

# ZALAEGERSZEG SMART CITY 2050



## Készítők:

- Baranyák Zoltán – energetikai szakmérnök
- Dr. Kontra Jenő – egyetemi tanár BME Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék
- Dr. Kovács Attila – Első Magyar Biogáz és Szolár Kft ügyvezető
- Havas Márton – geofizikus hallgató
- Jani Ildikó – okleveles környezetmérnök
- Mayer Zoltán – okleveles energetikai menedzser szakmérnök
- Pálfi Szabolcs – okleveles energetikai mérnök
- Prof. Dr. Garbai László – BME Épületgépészeti és Gépészeti Eljárastechnika Tanszék, Magyar Energetikai Társaság elnöke
- Prof. Dr. Kovács Kornél – Magyar Biogáz Egyesület elnöke

## Tartalomjegyzék

1. Vezetői összefoglaló .....	1
2. Ütemtervek.....	12
2.1 Rövidtávú ütemterv 2021-ig .....	12
2.2 Középtávú ütemterv 2030-ig .....	31
2.3 Hosszú távú ütemterv 2050-ig .....	34
3. A jelenlegi helyzet bemutatása .....	38
3.1 Napelemekkel való felszereltség.....	38
3.2 Vízenergia .....	39
3.3 Biogáz .....	39
3.4 Szélenergia .....	39
3.5 Lakásállomány.....	39
3.6 Villamos energia fogyasztás .....	41
3.7 Személygépkocsik száma.....	43
3.8 A település gázellátása .....	43
3.9 Externális költségekről .....	44
4. Kiegészítő javaslat a szennyvíztelep hőhasznosításához .....	46
5. Mintavárosok és működő térségek bemutatása.....	51
5.1 Freiburg – Németország.....	51
5.2 Güssing – Ausztria.....	56
5.3 Wildpoldsried – Németország.....	59
5.4 Salzburgi térség – Ausztria.....	61
5.5 Adaptálható kerékpáros megoldások .....	63
6. Napenergia .....	65
6.1 Napelemek .....	65
6.2 Zajvédő falak, napelemmel a vasút mellé .....	77



6.3	Földre telepített naperóművek.....	85
6.4	Napkövető tartószerkezetű naperóművek.....	88
6.5	Rögzítési módok.....	91
6.6	Naperómű infrastruktúra igény.....	94
6.7	Tetőre telepített naperóművek.....	94
6.8	Stadion tetőre telepített napelem.....	96
6.9	Áttetsző napelem.....	99
6.10	Hibrid vagy PV-T napelemes rendszerek.....	100
6.11	Napkollektorok.....	103
6.12	Napkövető napkollektoros rendszerek.....	116
7.	Szélenergieia.....	117
7.1	Jogszabályi környezet.....	117
7.2	Szélerómű telepítési forгатókönyvek.....	119
7.3	Telepítésre ajánlott széleróművek bemutatása.....	126
7.4	Széleróművekre vonatkozó modellszámítások.....	131
7.5	Repowering – a széleróművek második élete.....	134
7.6	Széleróművek az épített környezetben.....	135
7.7	Korszerű energetikai szélmérések.....	137
7.8	A széleróművek gazdasági vonatkozásai.....	140
7.9	A széleróművek és az élővilág kapcsolata.....	141
8.	Biogáz/biometán termelés prognózis.....	144
8.1	Zalavíz Zrt. biogáz/biometán üzeme.....	144
8.2	Új biogáz/biometán üzem alapanyagai.....	145
8.3	Biogáz termelés számítása.....	156
8.4	Biometán termelés biogázból.....	158
8.5	Biogáz/biometán üzemanyag- és energiamérlegei.....	158
8.6	Technológia kiválasztása.....	160
8.7	Üzemi blokkok.....	174
8.8	Várható beruházási költségek.....	175

8.9	Várható működési költségek.....	176
8.10	Biometán önköltségének előre jelzése.....	178
9.	Energiahatékonyság.....	179
9.1	LED köztérvilágítás .....	179
9.2	Napelemes köztérvilágítás.....	189
9.3	A hőszigetelés megválasztásának gazdaságossági szempontjai.....	195
9.4	Nyílászárók.....	203
9.5	Hővisszanyerő szellőzés .....	210
9.6	Hosszú üzemű beltéri világítás rendszerek .....	225
9.7	Passzív és aktív ház közintézmények bevált gyakorlatai .....	235
9.8	Hűtés.....	252
9.9	Közintézmények energetikai felújítása .....	258
9.10	Lakótelepi lakások felújításának menete .....	260
9.11	Jégcsarnok felújítási javaslata CO2 (R744) munkaközegű hűtőgéppel .....	262
10.	Hőszivattyúk.....	265
10.1	Levegő hőforrású hőszivattyúk .....	267
10.2	Sekély mélységű talaj hőforrású hőszivattyúk .....	269
10.3	Talajszondás rendszer .....	277
10.4	Egyéb hőforrású hőszivattyúk .....	281
11.	Geotermikus energia alapú villamosenergia termelés.....	285
11.1	ORC alapú geotermikus energiahasznosítás .....	285
12.	Geotermális alapú távhőellátás .....	290
12.1	A hazai geotermális energiával működő városi távhőrendszerek és azok továbbfejlesztése a Távhő Cselekvési Tervnek megfelelően.....	293
12.2	A geotermális energia, mint megújuló energiaforrás .....	298
12.3	Zalaegerszeg hévízföldtani helyzete .....	314
12.4	A belvárosi önkormányzati intézmények jelenlegi hőenergia felhasználásai.....	320
12.5	A javasolt új geotermális hőforrás várható kialakítása.....	325

12.6	A rendszer kialakítás környezetvédelmi előnyei, a vízvisszasajtolás javaslata .....	327
12.7	A geotermális hőellátás becsült beruházási költségei.....	332
12.8	Távfűtő hálózat tervezése geotermális energia bázisán .....	335
12.9	A geotermális hőellátó rendszer becsült üzemeltetési költségei.....	341
12.10	Biomassza alapú távfűtési rendszer kialakításának lehetősége .....	344
12.11	Alacsonyhőmérsékletű fűtés illesztése a hőellátáshoz .....	347
13.	Villamos energia .....	351
13.1	Közel állandó üzemű villamos forgógépek.....	351
13.2	Transzformátorok .....	359
14.	Közlekedés.....	365
14.1	Zalaegerszeg kerékpáros közlekedése .....	365
14.2	Elektromos járművek .....	375
14.3	Közösségi autómegosztó rendszer .....	398
14.4	Repce, mint bioüzemanyag .....	404
14.5	Bioetanol, mint üzemanyag.....	406
15.	Gazdaságfejlesztés energetikai vonatkozásai.....	408
15.1	A megújuló energiaforrások munkahelyteremtése.....	408
15.2	Ipari szimbiózis .....	413
15.3	Gázmotorok használata a mezőgazdaságban.....	418
15.4	Az Ipari park vonzóbbá tétele megújuló energia alapú szolgáltatásokkal.....	421
15.5	Energetikai kutatás-fejlesztés Zalaegerszegen.....	424
15.6	Élő Laboritórium, Living Lab.....	425
16.	Hidrogén-energetika szerepe és lehetőségei .....	426
16.1	Hidrogén és hidrogén-technológiák általános áttekintése .....	426
16.2	Tipikus alkalmazási helyek, bevált gyakorlatok, jelenlegi tendenciák .....	430
16.3	Hidrogénbiztonság kérdése, védőtávolságok, telepíthetőség .....	458
16.4	Gyártók, fejlesztők, forgalmazók és potenciális projektpartnerek.....	461

16.5	Költségadatok, fajlagos költségek.....	466
16.6	Releváns jogszabályi, stratégiai háttér és engedélyeztetés .....	469
16.7	Számítások és előrettekintés .....	477
16.8	Esetleges határon átnyúló kooperációs lehetőségek (Szlovénia, Ausztria) .....	483
16.9	Szakirodalmi és aktív internetes hivatkozások.....	485
16.10	Kulcsszavak és rövidítések .....	486
17.	Biomassza .....	488
17.1	Biomassza potenciál.....	488
17.2	Biomassza szerepe, ha a hőszivattyús fűtés nem megvalósítható .....	490
17.3	Porképződés szabályozása .....	494
17.4	Hamu hasznosítása.....	496
17.5	Biomassza alapú távfűtés bevált gyakorlatok.....	497
17.6	ORC vagy Szerves Rankine Ciklus.....	499
17.7	A kommunális hulladék égethető frakciójának energetikai hasznosítása .....	502
17.8	Energia potenciál és kiinduló adatok Zalaegerszeg térségében.....	504
17.9	Kapcsolódás egyéb technológiákhoz, hatása egyéb technológiákra .....	506
17.10	Működő példák itthon és külföldön.....	507
17.11	Potenciális beszállítók, gyártók.....	508
17.12	Fajlagos bekerülési költségek .....	508
17.13	Szabályozási környezet bemutatása.....	509
17.14	Infrastruktúra igény ismertetése.....	509
17.15	Kulcsszavak .....	509
17.16	Hulladékkezelés továbbfejlesztése .....	510
18.	Vízenergia hasznosítás .....	512
18.1	Szennyvíztisztító elfolyó vizére telepíthető vízerómű .....	513
18.2	A Zalára vagy a szennyvíztisztítóra egyaránt telepíthető turbina fajták.....	517
19.	Smart Grid rendszerek.....	524
19.1	Mikro-grid rendszer bemutatása .....	524

19.2	Városi Smart Grid rendszer részei.....	525
19.3	Technológia leírása városi szinten.....	529
20.	Energiatárolás .....	544
20.1	Szerepe egy 100% megújuló energiás rendszerben.....	544
20.2	Fogyasztók vezérlése – Demand Response .....	546
20.3	Szezonális energiatárolók .....	551
20.4	Szezonális hőtárolók.....	561
21.	Zöld közbeszerzés .....	570
21.1	Tanúsítványok és ökocímkék bemutatása.....	570
21.2	Energiahatékony irodai berendezések beszerzése .....	572
21.3	Energiahatékony szerverek és számítógépek beszerzése .....	573
21.4	Alacsony gördülési ellenállású gumibroncsok .....	573
21.5	Meglévő gépjárművekre guminyomás érzékelők felszerelése .....	574
21.6	Melegvízre köthető mosó- és mosogatógépek.....	575
21.7	Nyílászáró beszerzése zöld szempontok szerint .....	576
21.8	DALI világítási rendszer .....	576
21.9	Ellenőrzött, minősített tüzelőanyag fogyasztás csökkentő kenőanyagok használata a gépjárművekben.....	577
21.10	Légűtőgépek, klímagépek beszerzése.....	577
21.11	Szerver termék zöld közbeszerzéssel történő megvalósítása .....	578
21.12	Cradle to Cradle .....	579
21.13	Minősített beszerzések: szigetelőanyag, napelem, LED világítás .....	579
21.14	Zöldközbeszerzés komplex felújításhoz .....	580
21.15	Liftekek beszerzése .....	581
22.	A zalaegerszegi energetikai modell és forgatókönyveinek ismertetése .....	583
22.1	Az ideális eset forgatókönyve .....	585
22.2	A megújuló energiaforrások együttműködése .....	588
22.3	Szélérőművek elvetésének forgatókönyve .....	592
22.4	Geotermikus villamosenergia termelés forgatókönyve.....	592



23. Projektek finanszírozása, előkészítése .....	593
23.1 Pályázatok .....	593
23.2 Projektek előkészítése .....	613
23.3 Egyéb finanszírozási formák .....	619
23.4 Rövid távú célkitűzések (2017-ig) pályázati lehetőségei .....	621
24. Mellékletek .....	626
24.1 Ütemterv .....	626
24.3 Távhő .....	632
24.4 Hidrogén .....	643
25. Forrásjegyzék .....	646

# 1. Vezetői összefoglaló

## **A megújuló alapú energia ellátás célja**

A helyi energiaszolgáltató rendszer célja, hogy hosszútávon a helyi érdekeket leginkább szolgáló több forrású, folyamatos, a helyi lehetőségekre és infrastruktúrára támaszkodó alap erőforrást biztosítson a városlakók jólétéhez és az élővilággal való fenntartható együttéléshez.

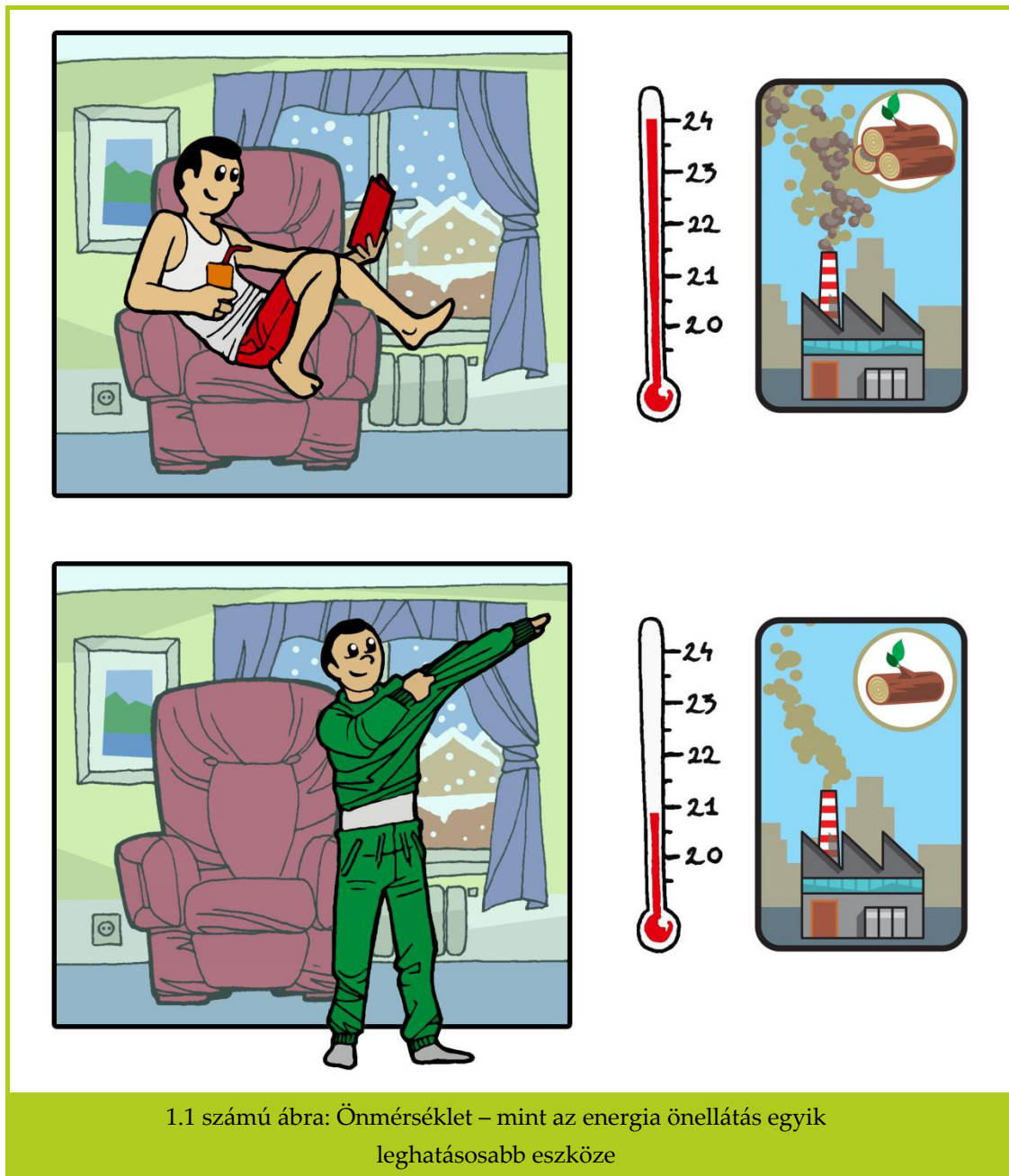
## **A jövő újragondolása**

A stratégia célkitűzéseinek eléréséhez a jelenlegi energia trendek és a hagyományos döntően fosszilis alapú energiafelhasználási szokások és forgatókönyvek újragondolása szükséges. Számos hasonló európai és tengerentúli megújuló energia forgatókönyv elérhető, mely nem az energiafelhasználás folyamatos monoton növekvő villamos energia igény növekedésével számol. Ezek az elképzelések a mai energiamennyiségek időbeni és felhasználási módjának változtatásával szinte stagnáló energiamennyiségeket feltételeznek. A jövőben az épületek energiafelhasználását - főleg a fűtési energia tekintetében - pedig mindenképp csökkenőnek kell gondolnunk.

## **Az energia igények csökkentése és az igények időbeni eltolása**

- **Energiatakarékosság, önmérséklet**

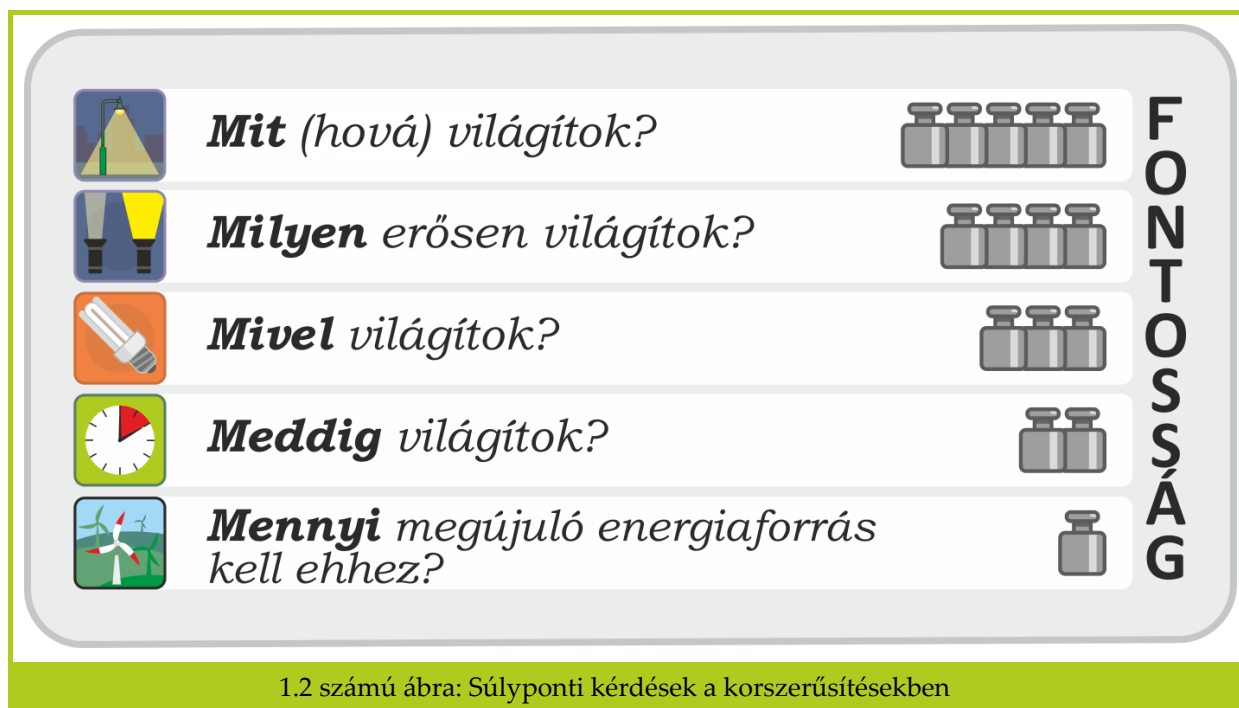
Ahogy a későbbiekben bemutatott freiburgi példa is rámutat, a városlakók hétköznapi magatartása nagymértékben és sokféleképpen hozzájárulhat az energiatartó függetlenség gyorsabb eléréséhez, valamint a beruházási költségek mérsékléséhez. Bár mindenki ismeri az energiatartó függetlenség egyes lehetőségeit, mégsem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy ez meg kell, hogy előzzön bármilyen technológiai megoldást.



1.1 számú ábra: Önmérséklet – mint az energia önellátás egyik leghatásosabb eszköze

o **Polgárok energetikai ismereteinek fejlesztése, bővítése**

Megannyi tanulmány kimutatja, hogy az energiával kapcsolatos ismeretek és lehetőségek megfelelő kommunikálása az egyik leghatékonyabb eszköz az energia igények és az energiaköltségek csökkentésében. Egy-egy ismeretterjesztésre költött egységnyi forrás többszörös hatásként jelentkezik az energia igények csökkentése terén, ezekre is mutatunk bevált gyakorlatokat a vonatkozó fejezetekben. A fejlesztéseket mindenképp meg kell előznie a következő ábrán látható elvi megfontolások számbavétele. Az ábra a világításra vonatkozó döntéshozatalt mutatja, de hasonlóan más beruházásoknál is ezeket a kérdéseket kell feltennünk.



- **Energhatékonyág**

Az a legjobb energia, amit fel sem használunk, azaz ugyanazt a feladatot hatékonyabb eszközökkel és kevesebb energiával látjuk el. Példaként közismert a hagyományos izzószálas izzó és a LED alapú fényforrásokat összevetve azonos világítási funkció mellett az utóbbiak tized annyi energiát igényelnek. Az épületeknél energiahatékonyság révén az épületek hőenergia igénye a negyedére, ötödére szorítható. A Zalaegerszegi faipar adottságait is kihasználva is javasolunk megoldásokat a hőszigetelés terén, annak érdekében, hogy az energetikai fejlesztési munkálatok mindinkább a helyi gazdaságot fejlesszék. Azaz a helyi gazdaságfejlesztés egyik elemévé válhatnak az energetikai beruházások.

- **Energhamenedzsmnt**

Az energiatermelési és felhasználási csúcsok időbeni eltolása szintén a gazdaságilag is megvalósítható megújuló alapú energetikai rendszerek irányába hatnak. A fejlett megújuló alapú energetikai rendszerek elképzelhetetlenek fejlett meteorológiai előrejelzéseket is figyelembe vevő energiamedzsmnt rendszer nélkül. Az energiatermelők, fogyasztók, tárolók egymást támogató funkciói szintén csak informatikai hálózatra támaszkodó energiamedzsmnt rendszer esetén használhatóak ki. Az energiamedzsmnt teremt meg a hatékony összhangot az energiatermelők, energiátárolók és energiafogyasztók pillanatnyi igényei között. Az energiamedzsmnt rendszer és **minden egyéb hathatós lépés bevezetésének előfeltétele a megfelelő jogkörökkel felruházott városi energetikus.** Ez elengedhetetlenül szükséges a fejlesztések véghezviteléhez.

**A fenti hagyományos energetikában is ismert és bevált gyakorlatok mind meg kell, hogy előzzék a megújuló energiák bevezetését, hiszen a megújuló energiák műszaki adottságai és költségei keretet szabnak a megvalósíthatóságnak.**

- **A megújuló energiaforrások sajátos tulajdonságai**

Zalaegerszegen ésszerűen elérhető és meghatározó nagyságrendben hozzáférhető megújuló energia alapvetően négy energiacsoportra osztható, a napenergiára, a biogáz felhasználásra, a szélenergiára és geotermikus energiára. A Zalaegerszegen most is jelentős biogáz univerzális felhasználhatósága (hő, villany, közlekedés, szezonális energiatárolás), és jelentősége tovább növekszik. Illetve az ipar igényei után a biomassza, vagyis faanyagból származó energia is betölthet támogató és értékes szerepet. Az épületek téli fűtési igényének csökkentésében fontos a napenergia passzív hasznosítása, valamint a különböző környezeti hőt hasznosító megoldások - ezek gyakorlati példáit a nyílászárókról, ablakokról szóló és a hőszivattyúkról szóló fejezet mutatja be. A napenergia további közvetlen hasznosítására a napelemek és kiegészítőként a napkollektorok kínálnak megoldást. Zalaegerszeg számára a felhasználás szerint kiválóított és felhasználható technológiákat részletesen bemutatjuk, hiszen a napelemek a legtöbb épület, az ipar és járművek szerves részeivé is válnak. Zalaegerszeg számára olyan javaslatcsomag állt össze, amelyben az energiahatékonyság és megújuló energiaforrások használata a turizmus-fejlesztés, és a gazdaságfejlesztés támogatója is lehet. Továbbá lehetőség szerint a vonatkozó kutatás-fejlesztésnek is jó alapot adhat.

A megújuló energiaforrások széles skálán mozognak egy adott területről begyűjthető energia mennyiség tekintetében. Míg a kukoricából előállított etanolhoz („biobenzinhez”) a legnagyobb terület szükséges az éves egységnyi energia mennyiséghez ( $\text{km}^2/\text{MWh a}$ ), addig a legkevesebb területet a mélyfúrásos geotermikus energia „foglalja” el. ( $\text{km}^2/\text{MWh a}$ ). Az energetikai célú terület-felhasználás és a járulékos költségek is lecsökkenthetők, ha egymást kiegészítő energiaforrásokat használunk. Például ha szélérőművek alatti területen naperőművet telepítünk – például az új ipari park területén– vagy a biomassza apríték tároló tetőzetére napkollektorokat telepítünk szárítási célból. A megújuló energiaforrások megválasztásánál a város népsűrűségét is figyelembe kell venni, hiszen ha olyan összetételű megújuló energiaforrás mixet választunk, ami a város lakosait nem képes ellátni elegendő energiával, nem tudjuk teljesíteni a célkitűzésünket. Egy átlagos európai ország  $\sim 100$  fő/ $\text{km}^2$  népsűrűségű, míg Zalaegerszeg népsűrűsége  $\sim 600$  fő/ $\text{km}^2$  körüli, ami sajnos néhány műszaki megoldást eleve elvet, vagy feleslegesen venne el helyet hatékonyabb megoldásoktól.

Sajátos tulajdonsága továbbá a megújuló energiaforrásoknak, hogy ugyanazon technológia gazdaságossági mutatója még egy városon belül is változhat -, gondoljunk csak a geotermikus energiára vagy a szélenergiára. Természetesen az egyes megújuló energia technológiák is más-más fajlagos áron érhetőek el. Néhány éve még a napelemek családi házakra való telepítése elérhetetlen vágyálom volt, ma már a polgári lét szintjén is ésszerű alternatíva. Ugyanez várható a hidrogén tárolás és a megújuló alapú elektromos autózás vonatkozásában is. Ez utóbbi elterjedésének segítése is területekre bontva megjelenik a cselekvési tervben. Léteznek ugyanakkor olyan technológiák is, ahol sem a technológiai

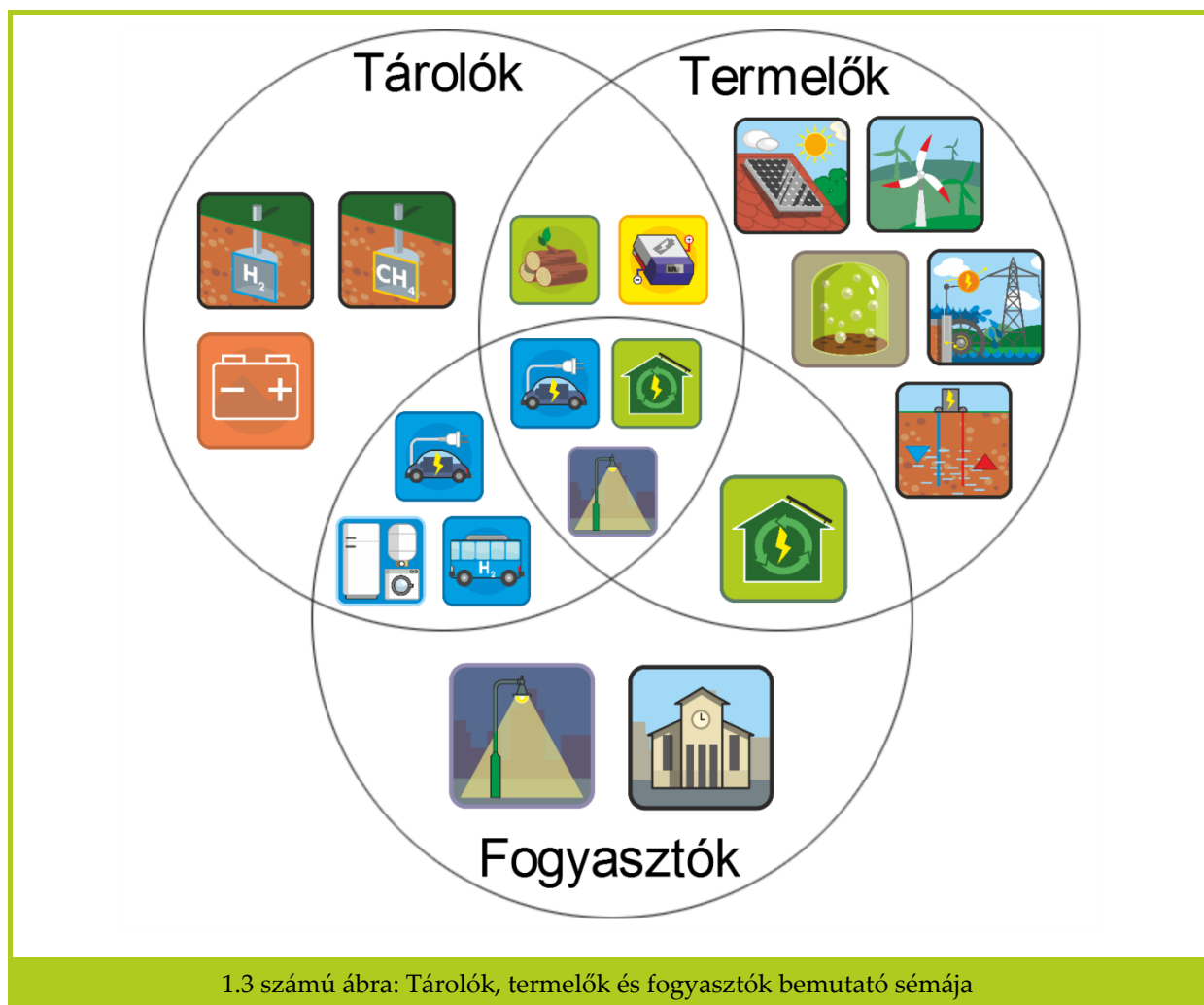


fejlődés, sem pedig a tömegtermelés felfutása nem vetíti előre a fajlagos árak jelentős csökkenését. Ilyen például a biomassza távfűtésben való felhasználása.

**Zalaegerszeg adottságait figyelembe véve kimondható, hogy a 100% megújuló alapú energia ellátás terve döntően a napenergiára, a szélenergiára és biogázra kell, hogy támaszkodjon, a ezeket pedig a geotermikus energia követi mint hőforrás.**

- **Az energia tárolás kihívásai**

A 100% megújuló terv elérése Zalaegerszeg városára az ismert technológiák és a költségek figyelembe vétele mellett csak napon belüli és éven belüli (szezónális) tárolók beépítésével valósítható meg. Ez elsősorban a téli hónapok egyes ködös fénytelen napjain jelentkező fűtési és villamos energia igények miatt lép fel. A villamos energia tárolása fajlagosan magasabb költségekkel jár, mint a megtermelése. Az energiatárolás költségei úgy szoríthatóak le, ha egy-egy berendezés több szerepet is betölt az energiaellátó rendszerben, így meg tudnak oszlani a költségek. A következő ábrán láthatók a Zalaegerszegi megújuló energia rendszer jelentősebb elemei, és a rendszerben betöltött szerepük. A jövőben napelemmel és elektromos autóval is rendelkező háztartások mindhárom szerepet is betölthetik, azaz energiatermelők, tárolók és fogyasztók is lehetnek egyben, ami a legkedvezőbb energetikai megoldást jelenti. A három fő halmaz metszetében lévő elemek a lehető legrövidebb úton és legkevesebb energia átalakítási folyamat mellett nyújtják a kívánt energiát.



- **Biogáz, Hidrogén, szintetikus metán és biomassza**

2050-re Magyarországon jelentős túlkínálat várható a metán (földgáz) tárolási kapacitások terén a háztartások fűtési energiahatékonyságának növekedése, és a népességszám stagnálása miatt. A megújuló energiák éven belüli tárolására megoldást jelenthet az elektronizálás útján előállított hidrogén 5-8%-os arányú földgázhálózatba való visszatáplálása, amire a mai földgáz hálózat jelentős változtatások nélkül is alkalmas. Továbbá Zalaegerszegen a biogáz kapacitás is jelentős. Mégis javasoljuk újabb biogáz üzem építését is a déli energiapark részeként Búslakpuszta területén, kihasználva ezáltal a szezonális energiatárolási megoldások közül a metán alapú tárolást. Nyugat Európában ma már több olyan projekt is megvalósult és épül, ahol a megújuló alapú hidrogént tovább alakítják szintetikus metánná, —Power to Gas– amit a meglévő földgáz hálózatba táplálnak vissza csakúgy, mint a 99%-os metánra tisztított biogázt. Ugyanakkor részben a zalaegerszegi fás szárú biomassza hozam is használható lenne szezonális energiatárolóként is, amennyiben legfőképp a téli félévben kerülne felhasználásra.

## A 100% megújuló energia rendszer kulcselemei

### ○ A polgárok

A rendszer legfontosabb elemei maguk a rendszert használó emberek, hiszen mindennapi döntéseikkel, szokásaikkal jelentősen csökkenthetik a rendszer kiépítési és működési költségeit. A rendszer maga is a polgárokért jön létre.

### ○ Energiahatékonyság

A második legfontosabb elemcsoport az energiahatékonyság, ezen belül is a villamos energia felhasználás és az épületek fűtési energiahatékonysága. Az **épületek hőszigetelésének szükségességét nem lehet eléggé hangsúlyozni**, hiszen egy-egy polgár ráeső éves energiafelhasználásának harmadát, negyedét az épületek hő komfortjának elérésére fordítja, ami a **legnagyobb hányad az egész éves energiaigényből**.

### ○ Energiamenedzsment és mérlegkör

Az energiamenedzsment a rendszerirányító szerepét tölti be. A fogyasztási, termelési és tárolási kapacitásokat úgy hangolja össze, hogy az energiaellátás folyamatossága a lehető legkisebb költség mellett legyen megvalósítható. A városi energiamenedzsment az országos hálózat felé megjelenő arca az a mérlegkör, ahogyan a villamos energia rendszert használja a város. Mérlegkör szerint elszámolva egyetlen virtuális erőműként és egyetlen virtuális fogyasztóként jelenne meg Zalaegerszeg a magyar villamos energia rendszer felől nézve. Sikeres energiamenedzsment esetén Zalaegerszeg éves és pillanatnyi szinten sem terhelné és nem is táplálná váratlanul az országos villamos energia hálózatot, nem okozna többletterhelést a rendszernek egyik irányban sem. Mérlegkör részeként újabb szélerőművek telepítése sem ütközhetne akadályokba.

### ○ Napenergiára épülő megújuló energiák

A fotovoltaiikus napelemek adhatják a megújuló rendszer fő forrását, mert ezek könnyen ráépíthetők a meglévő épített környezetre – azaz újabb szabad területet általában nem igényelnek -, illetve elegendő energiát képesek biztosítani a város népsűrűségéhez.

A másik megújuló energia technika a magas tornyos, erőmű léptékű szélerőművek (~4MW-os gépek), mert ezek energiatermelési költsége versenyképes, és jól kiegészítik a fotovoltaiikus napenergiát.

A már említett biogáz, mint másodlagos napenergia szintén a rendszer egyik alapeleme, mint az éven belüli gazdaságos energiatárolás része.

### ○ Elektromos autók és az oda-vissza irányú töltőhálózat

Az autók átlagosan csak a nap 5-10%-ában vannak úton, a nap többi részét valahol állva töltik, ezt lehet kihasználni a városi energiaellátó rendszerben. A közeljövőben tömegesen elterjedő elektromos autók, mint napon belüli költségghatékony energiatárolók kulcselemei a

rendszernek, hiszen mind a nagy termelési csúcsoakat, mind a fogyasztási csúcsoakat képesek „elsimítani”. A töltőhálózaton keresztül - ami mind a munkahelyeken, mind pedig az otthonokban elérhető lesz - az elektromos autók hatalmas akkumulátor kapacitásként segítik a város energiaellátását. (V2G)

#### ○ **Hőszivattyú és távfűtés alapú fűtési energiaellátás**

Az épületállomány fűtési energia igényének fedezése többféle módon megoldható ma is. A jövőben reálisan számba vehető egyéni fűtési módokat vizsgálva arra jutottunk, hogy a 100% megújuló rendszerbe legjobban illeszthető fűtési megoldások a hőszivattyús megoldások. A hőszivattyúk felelnek meg leginkább a szabályozási, komfort, gazdaságossági és energia ellátási igényeknek. Egységnyi villamosenergia felhasználása mellett 4-5 egység hőenergiát képesek az épületbe juttatni, azaz hatását tekintve olyanok, mintha a jelenleg elterjedt gázkazánok 4-500%-os határfokkal működnének. A hőszivattyús megoldások közül a külső levegő energiáját hasznosító levegő-víz hőszivattyúk látszanak a legköltséghatékonyabbaknak. Ezeket követi a felszínközeli talaj hőenergiáját elvonó ún. talajkörös hőszivattyú, majd a nagyobb intézményeknél a gazdaságos, az elfolyó termálvizet hasznosító rendszerek.

A távfűtéssel tovább hasznosíthatóvá válik a Zalaegerszeg alatti termálvíz kincs, mint geotermikus energia, valamint a műemlék épületek környékén és a sűrűn beépített belvárosi területeken is megvalósítható lesz a megújuló alapú fűtés.

**A fenti lépések összességéből látszik, hogy az egyes technológiák költsége, gazdaságossága csak az éves szinten az energiaellátási rendszerben betöltött szerepe alapján ítéltető meg. Önmagában az egyes elemek bekerülési árai torz képet adnak, téves következtetéseket eredményezhetnek. Azok az energiatermelő és gazdálkodó, tároló elemek, amelyek a téli napszegény időszakban és esti órákban is elérhetőek, felértékelődnek!**

#### **1.1.1 Lépések a 100% megújuló energia ellátás eléréséhez**

Miután a számba vehető energiafelhasználási és megújuló műszaki megoldásokat a megvalósíthatósági, gazdaságossági szempontból számba vettük, felállítottuk a 2050-re érvényes legvalószínűbb forgatókönyvet, így világossá vált milyen műszaki megoldásokat, technológiákat milyen mennyiségben és milyen változások árán kell majd bevezetnünk. A jól körülírt cél ismeretében kirajzolódik, mely lépések hatnak a 2050-es forgatókönyv elérésének irányába - és ellene. Ezzel a cselekvések időrendi kényszere is kiadódik, hiszen egyes megoldások sokkal hosszabb idő alatt vezethetőek be, illetve engedélyeztetésük, vagy akár társadalmi elfogadtatásuk eltarthat évekig is.

## 2016-2017

Első körben az azonnal megtérülő intézkedésekkel érdemes kezdeni. A beruházást nem jelentő intézkedéseket célszerű mielőbb bevezetni, ilyen lehet pl. az önkormányzati gépjárművek guminyomásának rendszeres ellenőrzése. Ez a módosítás az abroncsok élettartamát növeli, az üzemanyag fogyasztást pedig néhány százalékkal csökkentheti. Természetesen mindig az arányaiban jelentős energia fogyasztókkal érdemes kezdeni, hiszen a nagy fogyasztókon elért kis megtakarítás is nagyobb eredményt hozhat, mint egy kisebb fogyasztón elért nagy változtatás.

A munkát az alap információk minőségének emelésével célszerű folytatni. Ilyen alap információk például az épületállomány szerkezetének, korának, stb. adatai, hogy világossá váljon, hány épület felújítható, hány helyett érdemes inkább újat építeni, hiszen az épített környezet a lassan változó, változtatható része a tervnek. Lassan változtatható még a területrendezés, a városi villamoshálózat, azaz az alpinfrastruktúra -, ezekről is pontos információkra van szükség.

A gyors megtérülésű energiahatékonysági projekteket is a közeljövőben érdemes megvalósítani, hiszen ezek megtakarításai részben fedezhetik az újabb beruházásokat. Ezekre példa a nagy terhelésű, nagy üzemóraszámú régi transzformátorok és villanymotorok nagyhatásfokú típusokra történő cserélése a szennyvíztelepen. A szél erőmű telepítési helyek kiválasztását, valamint a szélméréseket is ekkor érdemes megkezdeni.

Az emberek egy-egy új műszaki megoldáshoz való viszonya vagy életvitelbeli változása is a lassan változó, változtatható adottságok közé tartozik. Gondoljunk csak a tömeges dohányzás leépítésének nehézségeire! A polgároknak az ismeretlenségtől való idegenkedés leginkább jól megtervezett és kivitelezett közösségi mintaépületekkel oszlatható-el. Ha egy jó komfortú épületben a kijáratnál tudatjuk az emberekkel, hogy az épületben mennyezetfűtés és/vagy padlófűtés működik, első kézből tapasztalhatják az esetleges előítéleteik megalapozatlanságát. A helyi jogszabályi háttér (rendeletek) fokozatos változtatása is a lassan mozgatható lehetőségek egyikének tűnik.

A **zöld közbeszerzés** esetében a gazdaságilag is életképes lépések bevezetésével érdemes kezdeni. Erre jó példa, ha alacsony gördülési ellenállású gumiabroncsokat választ és szerez be a város az éves szinten nagy futás teljesítményű járművekre, amivel jelentős, a közlekedésben felhasznált energia igény csökkenést érhetünk el.

A hosszú átfutási idejű európai uniós pályázatok, projektek műszaki előkészítését is ebben az időszakban kell elkezdeni. Illetve az új biogáz üzemnek is ekkorra üzemelnie kellene és ennek alapanyag ellátása is új munkahelyeket teremthetne a mezőgazdaságban.



## 2025

2025-re a 2050-es rendszer egyes részeinek működő kisléptékű változatát kellene megvalósítani, hiszen így 2050-re az üzemeltetési tapasztalatok kialakulnának, a gyerekbetegségeit kinőné a rendszer. 2025-30-ra egyes technológiák ára jelentősen csökkenni fog a különböző tanulmányok előrejelzései szerint.

Ebben az időszakban a jelenleg biogáz üzemanyagú helyi buszokat és hulladékszállító járműveket több lépésben elektromos rendszerűvé érdemes fejleszteni, illetve ilyen típusokat érdemes beszerezni. Ezeknek a járműveknek 15 év is lehet az üzemideje, ezért nem a pillanatnyilag legkedvezőbb beszerzési áru típusok közül érdemes majd választani.

Mivel a megújuló alapú hidrogén felhasználás kevesebb energia veszteséggel jár, mint a metán használat - ezáltal hosszú távon a költsége is kedvezőbb lehet -, célszerű a nagy gépjárművek hibrid hidrogén-elektromos bevezetését is elkezdni akár részleges átfedésben az elektromos vagy hibrid járművekkel együtt.

Ebben az időszakban kell pontos adatokat gyűjteni a már stratégia szerint megvalósult épületek, elektromos autók, buszok, egyebek gyakorlati energia felhasználásáról, felhasználási szokásairól, karbantartási igényéről. Időt igényel a városi szakemberek és helyi megújuló energiákra alapuló vállalkozások kialakulása is. Meglátásunk szerint a naperóművek bevezetését a családi házaknál, társasházaknál érdemes ösztönözni. Ez a polgároknak közvetlenül érezhető, helyben előállított energiát jelent, és a tetőik felhasználása sem von el újabb szabad területet. A 2050-re kitűzött terv költségeinek alacsonyan tartása érdekében a lakosságot hasonló technológiák, közel azonos műszaki tartalom bevezetésére érdemes ösztönözni mind a napelemek, mind az elektromos autók terén. Ebben az időszakban a 100% megújuló stratégia munkahelyteremtő hatása erősen érezhetővé válik, sorra alakulnak majd a napelem telepítésre szakosodott cégek.

## 2025-2050

Ekkorra a korai bevezetők napelemei és elektromos autói az erkölcsi élettartamuk vége felé érnek. Ha a város átveszi a lakosok már nem korszerű napelemeit és elektromos autóinak akkumulátorait (a hulladéknál magasabb, de az új berendezések árai alatt), a polgárok és a város is nyerhet. Ezáltal a városlakók kisebb költség mellett jutnak az újabb nagyobb hatásfokú napelemekhez, és nagyobb kapacitású elektromos autókhoz. A város pedig kisebb költség mellett jut újabb energiatermelő és energiátároló kapacitásokhoz. A még működő, de alacsonyabb hatásfokú napelemek a zajvédő falakon még megfelelően üzemelhetnek. A használt e-autó akkumulátorok az energiátárolás költségeit csökkentik majd. Ilyen rendszer Németországban már ma is működik.

Ekkorra már mindenki számára elérhető heti meteorológia előrejelzések alapján működik majd a városi energiamedenzment rendszer. Ennek szoftverét folyamatosan fejleszteni szükséges, hogy képes legyen a mérlegkör szereplőit változó energia árakkal ösztönözni, illetve az energiarendszer változó adottságaihoz igazítani.

2040-re a városi nagy járművek döntő tömegének legalább kiegészítő energiaforrásként hidrogén üzemanyagcella alapon érdemes üzemelnie, hiszen a hidrogénes technológia ekkorra már nem költségnövelő, hanem valószínűleg az energiaellátó rendszer költségcsökkentő elemévé válik.

2045-re a próbaüzem fázisába kell jutnia a városnak, hogy 2050-re működjön a teljes egészében megújuló alapú energiaellátás.

### **Energetikai modell, mint az energia ellátás határainak feltérképezése**

A tanulmány részletes egymásra hatásokat is vizsgáló energetikai modellre támaszkodik. A modellszámítás a Zalaegerszeg meteorológiai és geodéziai adottságain túl a meglévő, illetve az épülő energiaellátó elemeket is figyelembe veszi a fellelhető és átadott kiinduló adatok alapján. Mindezek alapján adódott ki, hogy 2050-re milyen, mennyi és mikor működő elemekre van még szükség. A modell célja a fő irányok/tendenciák azonosítása, valamint a rendszer erősségeinek és gyöngeségeinek feltárása.

**A modellszámításokból kiolvasható, hogy Zalaegerszeg 100%-ban való megújuló energia ellátása több forgatókönyv alapján is megvalósítható, ezek között alapvetően a gazdaságosság és a polgárok együttműködési készsége, hajlandósága tesz különbséget. Mégis kijelenthető, hogy a 100%-ban megújuló energiaellátás 2050-re reális, gazdaság és társadalomfejlesztő, ezért is értelmes, elérhető cél. Mindezek a fejlesztések segíthetik egy fenntartható társadalom és gazdaság alapjainak kialakulását.**

## 2. Ütemtervek

### 2.1 Rövidtávú ütemterv 2021-ig

Rövidtávon azokat a fejlesztéseket javasoljuk megvalósítani amelyek gazdasági mutatói már jelenleg is jónak számítanak az energetikai beruházások között, valamint azokat amelyek olyan lassan változó területeket érintenek, amelyeknél nincs idő a késlekedésre (pl. épített környezet). Ide tartoznak még a hosszú előkészítést igénylő projektek: szélenergia, biogáz, biomassza erőmű. Végül a város polgárai szemléletének, ismereteinek fejlődésére is időt kell hagyni, az ezekre ható projekteket is előtérbe kell helyezni, mivel a véleményformálás költségei is leszoríthatók egy-egy sikeres projekttel.

#### **2016 – Komplex közintézményi felújítási javaslatok TOP**

A 2.1 számú táblázatban (ami megegyezik a pályázatoknál bemutatott táblázattal) megadott költségek nem tartalmazzák az ún. szoft költségeket. Például: közbeszerzés, projektmenedzsment, műszaki ellenőrzés. Ezek a költségek körülbelül a teljes költség 10%-át teszik ki. Úgy csökkenthetők, ha az önkormányzat saját erőből elvégzett szolgáltatásaira alacsonyabb költséget számol el például a projektmenedzsmentre. A pályázhatóság szempontjából fontos indikátorok számításához 10% szoft költséget vettünk figyelembe.

A műszaki kivitelezés költségei is leszoríthatók, ha például az önkormányzati közmunkások végeznék a nem szakipari munkákat.

Intézmény	Cím	Rendeltetés	Becsült költségek (nettó árak)			Megjegyzés
			Felújítás • hőszigetelés • ablakcsere • fűtéskorszerűsítés	Megújuló energia • napelemes rendszer		
Zalaegerszegi Gondozási Központ Idősek Gondozóháza	Landorhegyi u. 13/A	szociális intézmény	30 183 000 Ft	29 kWp	12 470 000 Ft	
Hevesi Sándor Színház	Kosztolányi tér 3.	színház	100 200 000 Ft	50 kWp	21 500 000 Ft	
Zalaegerszegi Öveges József Általános Iskola	Iskola utca 1.	iskola	60 000 000 Ft	50 kWp	21 500 000 Ft	
Zalaegerszegi Ady Endre Általános Iskola, Gimnázium és Alapfokú Művészeti Iskola	Kisfaludy Sándor u. 2.	iskola	37 570 000 Ft	50 kWp	21 500 000 Ft	a régi épület (Ady Endre u. 27.) felújítása, ami helyi védett építmény és ez plusz költségeket okozhat
Zalaegerszegi Belvárosi I. számú Óvoda Kis utcai Óvoda	Kis utca 8.	óvoda	17 360 000 Ft	29 kWp	12 470 000 Ft	
Zalaegerszegi Belvárosi I. számú Óvoda Mikes Kelemen utcai Tagóvoda	Mikes Kelemen u. 2/A.	óvoda	19 251 000 Ft	7 kWp	3 100 000 Ft	
Zalaegerszegi Belvárosi II. számú Óvoda Petőfi utcai Tagóvodája	Petőfi Sándor u. 25-29.	óvoda	96 500 000 Ft	18 kWp	7 740 000 Ft	az épület külső megjelenésének megtartása esetén a gazdasági mutatók nem teljesülnek, csak vakolható burkolattal
Zalaegerszegi Belvárosi II. számú Óvoda Szent László utcai Tagóvodája	Szent László utca 53.	óvoda	26 900 000 Ft	8 kWp	3 440 000 Ft	az utólagos tetőráépítéskor használt szigetelés vastagságának függvénye

2.1 számú táblázat: A TOP-6.5.1 pályázat feltételeit teljesítő épületek

### 2017 – Kvázi energia független Szolár lakópark kialakítása

A szolár lakópark kialakításának aktualitását a megjelent új építésre érvényes támogatások (CSOK) adják. A szolár lakópark kialakításával mind az építető fiatalok, mind a város többszörös előnyhöz jutna, a fiatalok kisebb költség mellett építhetik meg az energia önellátó épületeiket. A város meg tudja tartani a fiatalokat, esetleg újabb családok beköltözését is ösztönözni tudja, illetve magasabb áron tudja értékesíteni az előnyösen kialakított telkeket.

### 2017 – Geotermikus erőmű Pózván

Zalaegerszegen a pózvai kórház területén lévő termál kút kifolyó termálvíz hőmérséklete 92°C, ami már alkalmas lehet villamosenergia-termelésre is. Ez az erőmű része lehetne az energiaösvénynek azaz látogatható formában javasoljuk kialakítani. A működő ORC erőmű jelentős oktatási lehetőséget is nyújtana.



Az aradi erőmű fajlagos ára: 4400 €/kWe. A termelt éves energia alapján viszont jobb gazdasági mutatói vannak, mint a mai naperőműveknek. Ez az 50 kW teljesítményű erőmű Zalaegerszegen a pózvai kórház geotermikus távvezetékére telepítve közel annyi energiát képes termelni egy év alatt, mint egy 330 kWp teljesítményű naperőmű (!), ugyanakkor helyigénye csak 1/26-a a naperőművének. Az erőmű egyszerű gazdasági megtérülése attól függ, hogy a kórház melegvíz és/vagy gőzkazán előfűtése megvalósítható-e, illetve hogy milyen áron kapja a szolgáltatott geotermikus energiát és milyen áron veszi vagy váltja ki a szolgáltatott villamos energiát. Amennyiben a melegvíz előmelegítés nem megoldható, a projektet nem érdemes megvalósítani. Amennyiben minden energia és karbantartási és kivitelezési ár a piaci átlagos árakhoz közelít, úgy a projekt egyszerű megtérülése 11-14 év körüli.



### 2017 – 30+ éves 20/0,4 középfeszültségű transzformátorok cseréje

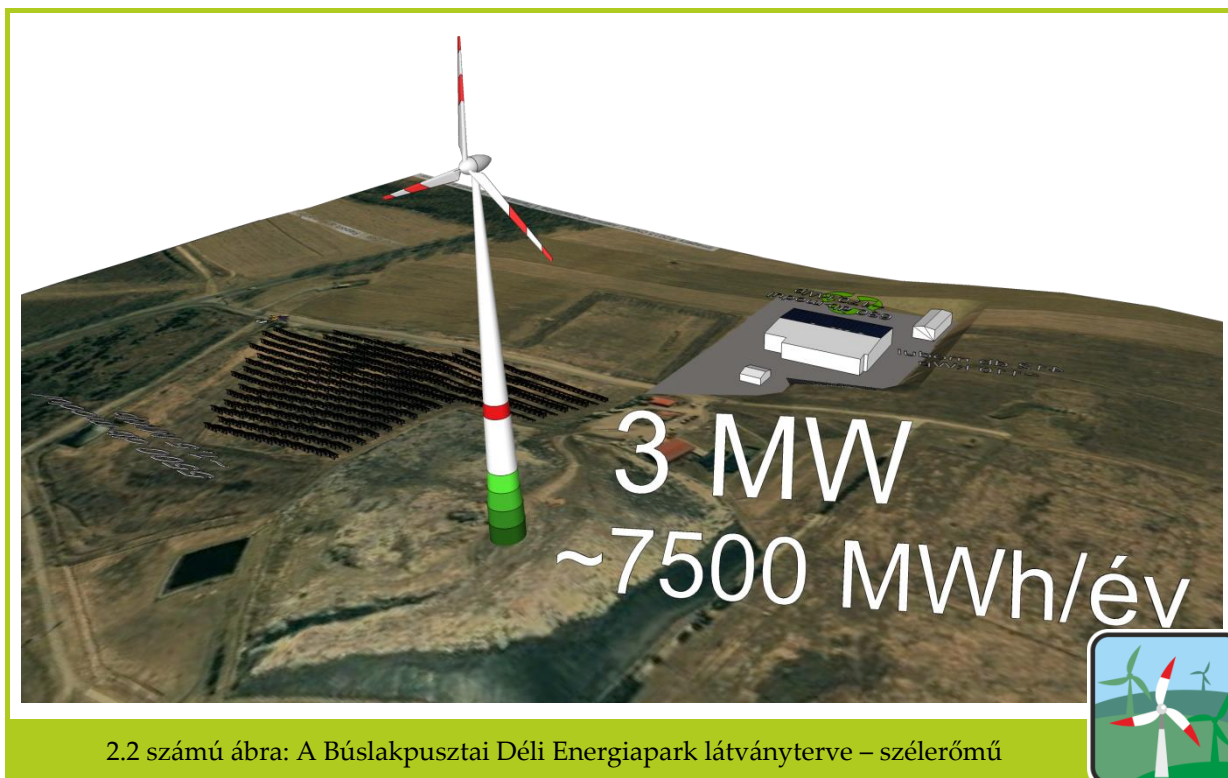
A régi transzformátorok tipikus ismertető jelei a külsején elhelyezett csöves vagy öntöttvas tagos radiátorszerű hűtőbordák. Javaslatunk szerint a transzformátorok életkorán túl meg kell vizsgálni, hogy mely transzformátorok milyen terhelésnek vannak kitéve és mennyire vannak elhasználódva. Gazdaságosság szempontjából az önkormányzati tulajdonú transzformátoroknál érdemes ezt vizsgálni, mint gyors gazdasági hasznú beavatkozás. Elvégzett számításaink szerint, ha az új transzformátor mindössze 0,7 %-al jobb hatásfokú az előzőnél, megtérülési ideje már akkor is 3 év körül mozog, és a beruházás általában 1-2 millió Ft-os költséget jelent.

### 2017 – Szennyvízhálózat és telepeinek, ivóvízhálózat és telephelyeinek nagy éves óraszámában működő villany motorjainak, szivattyúinak felülvizsgálata

A szennyvízhálózat és telep átemelő szivattyúi, motorjai és a vízművek szivattyúi között van olyan, amelyek cseréje energiahatékonyság szempontjából indokolt lehet. Természetesen ezek gépészeti kapcsolásait is vizsgálni kell a tényleges csere előtt. Tisztán villamos hatékonyság szempontjából néhány forgógép cseréjénél elérhető 8 év vagy ez alatti megtérülés, (lásd Villamos energia fejezet) amelyek a gépek élettartamának nagyjából felét jelentik, ezért javasoljuk ezeket a korszerűsítéseket megvalósítani.

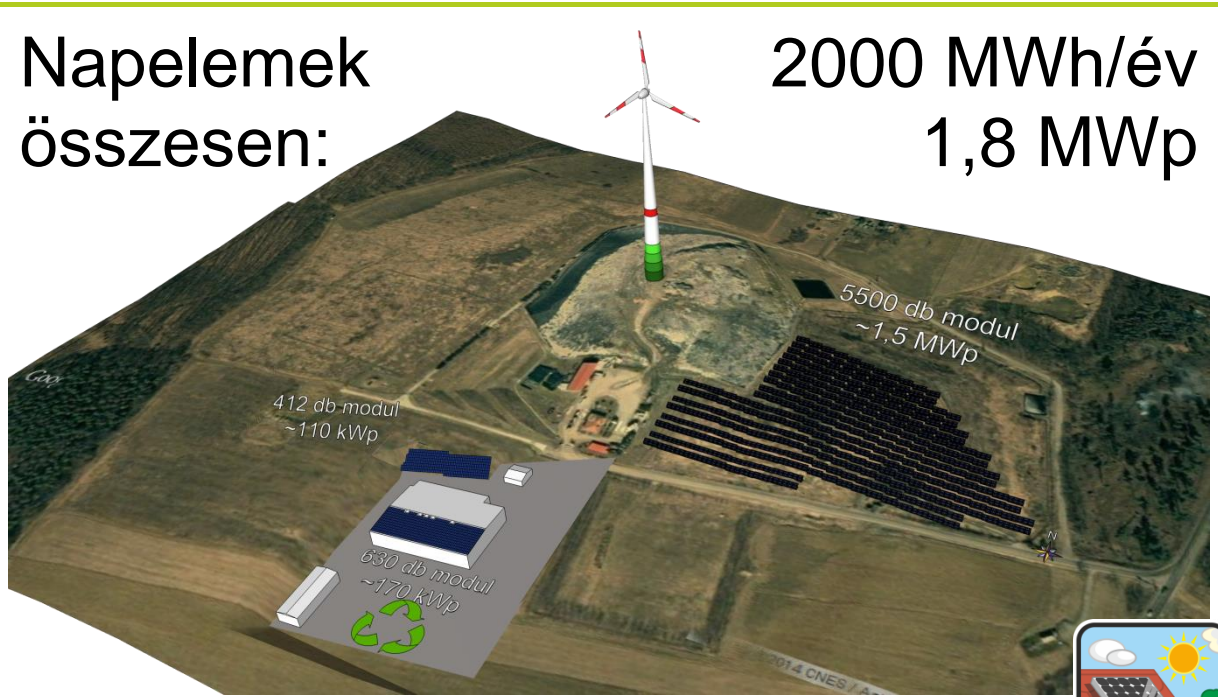
### 2017 – Búslakpusztai Déli Energiapark

A Zalaegerszeg Búslakpusztai hulladéklerakó területén jelenleg is működik biogáz termelés és hasznosítás. A hulladéklerakó telítődésével, majd későbbi rekultivációjával párhuzamosan további megújuló erőművek elhelyezését javasoljuk a területen (napelemeket és egy szélerőművet) ezzel létrehozva a Búslakpusztai Déli Energiaparkot.



Napelemek  
összesen:

2000 MWh/év  
1,8 MWp



2.3 számú ábra: A Búslakpusztai Déli Energiapark látványterve – távlati kép



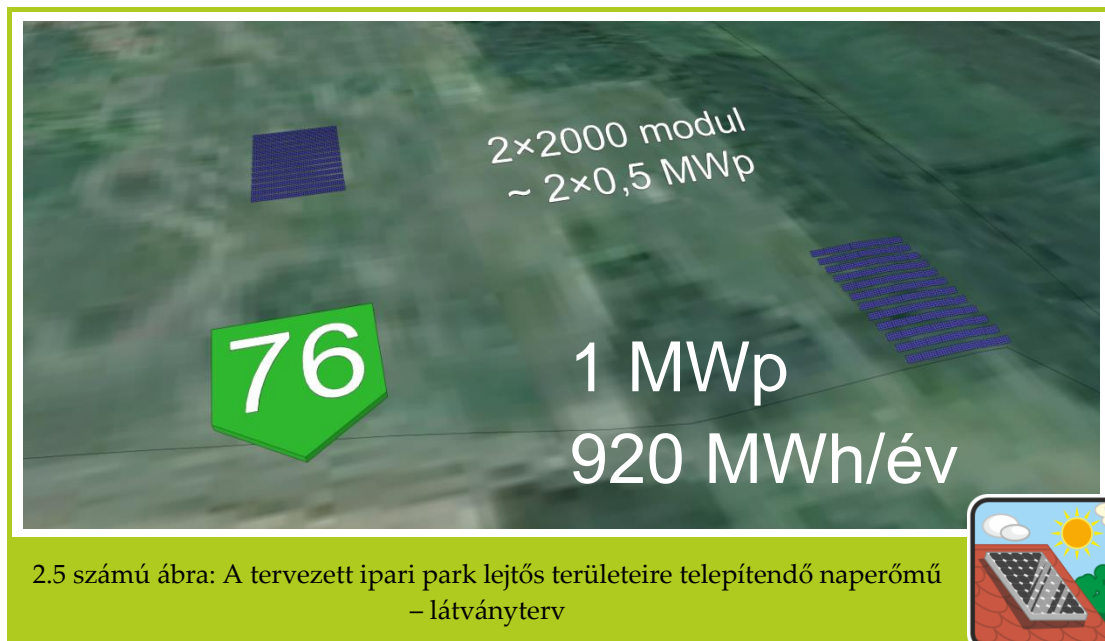
2.4 számú ábra: A Búslakpusztai Déli Energiapark látványterve – szelektív hulladékudvar napelemei



A tetőre telepített naperőművek egyszerű gazdasági megtérülését, a villany beszerzési árától függően ~11-12 évnek számítottuk, míg a földre telepített erőművek ennél 1-2 évvel hosszabb megtérülésűek a tartószerkezet költségei miatt. 40%-os támogatás esetén a megtérülési idők 6-8 évre csökkenek. Ezért 2016-17-ben a tetőre telepített erőművek megvalósítását javasoljuk. Ha nem vonható be támogatás, akkor 2-3 évvel később javasoljuk a kiépítést.

## 2017 – Tudományos és Technológiai park Zalaegerszeg Északi Ipari Zóna

A Búslakpusztai Déli Energiaparkhoz hasonlóan, a tervben lévő Zalaegerszegi Északi Ipari Zónába is számos lehetőség van megújuló energiát hasznosító erőművek elhelyezésére az ott eredetileg tervezett funkciók megzavarása nélkül. Az ipari park kialakításakor eredetileg is terveztek a 76-os úthoz közeli erősen lejtős (12-17%) területek széléin naperőművet, mivel ez a terület az ipar számára a lejtős adottsága miatt nem hasznosítható, naperőmű számára azonban kedvező.

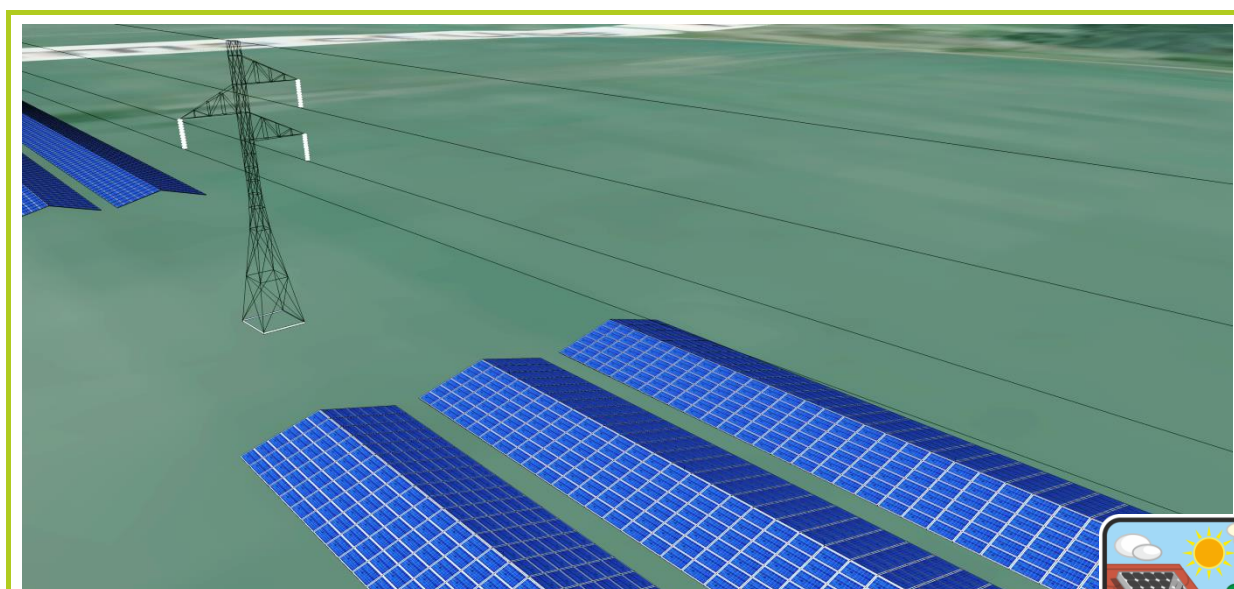


Vizsgálataink során további kedvező területként jelöltük meg a tervezett ipari parkon áthaladó távvezeték alatti területet, mivel a távvezeték sodronyai nem okoznak a napelemek számára észlelhető árnyékot. A terület legjobb hasznosítását K-Ny-i tájolású napelempark telepítésével érhetjük el, mellyel több, mint kétszer annyi energia termelhető ugyanakkora területen, a hagyományos telepítéshez képest. Ezeknek az erőműveknek a támogatás nélküli egyszerű megtérülése 10-12 év vagy ez alatti, ha a naperőmű alatti terület gépjármű parkolóként is hasznosítva van. Így a tartószerkezet költségei megoszlanak a fedett parkoló és a naperőmű költségvetése között. Ezeket a többszörös hasznú beruházásokat javasoljuk előtérbe helyezni.





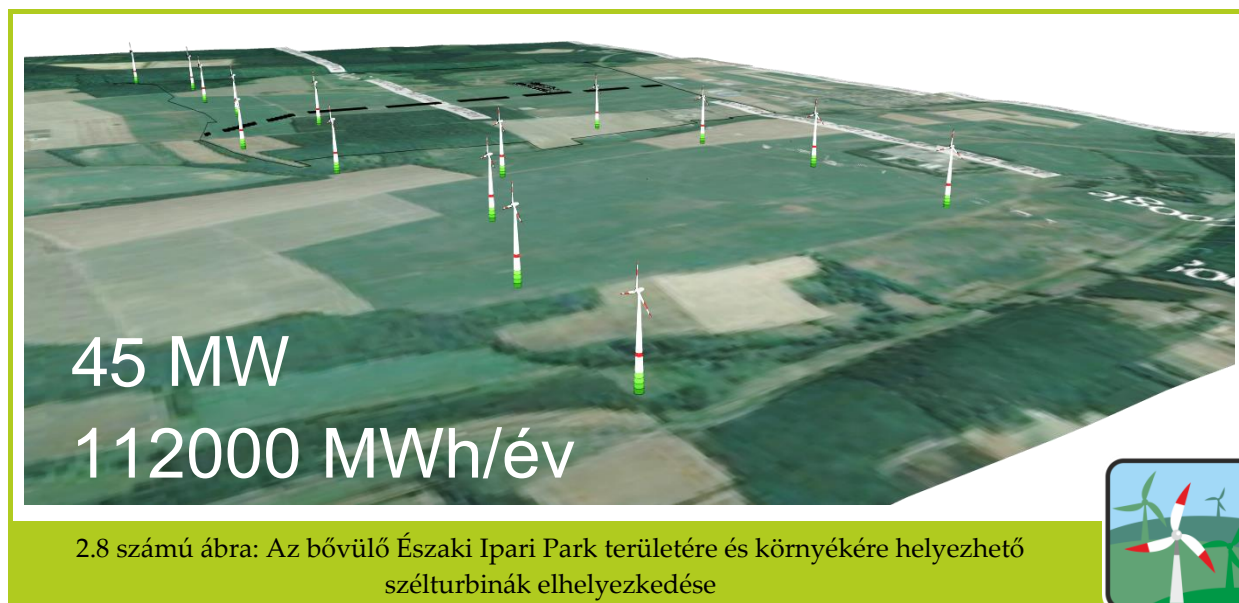
2.6 számú ábra: A javasolt K-Ny-i tájolású napelempark az Északi Ipari Park távvezetékei alatt



2.7 számú ábra: A javasolt K-Ny-i tájolású napelempark a távvezetékek alatt



A területet nagy toronymagasságú (~140-160 méter) szélérőművek telepítésének szempontjából is megvizsgáltuk és a helyszínt alkalmasnak találtuk a kedvező domborzati tulajdonságai, és lakott területektől való távolsága miatt is. Az általunk ide javasolt szélérőmű park összteljesítménye ~45 MW lenne, amelyhez ~112000 MWh/év villamosenergia-termelés járul. A szélérőművek az ipari parki funkciókat nem befolyásolják, de a telekkiosztást az oszlopok figyelembevételével kell elvégezni. Illetve a megalapozó méréseket, vizsgálatokat még az ipari park véglegesítése előtt/alatt el kell végezni, mivel a szélérőművek engedélyeztetése hosszú folyamat.



### **2017 – Kerékpáros közlekedés**

Kerékpár utak bővítése minimum 1 km/km<sup>2</sup> sűrűségig a folyamat öngerjesztővé válásának segítésére.

Az egy km<sup>2</sup>-re jutó kerékpárút hossza pedig mindössze ~0.14 km/km<sup>2</sup> volt Zalaegerszeg közigazgatási határán belül 2013-ban. Ebbe beletartoznak azok a kerékpárutak is, amelyeket vonalfestéssel hoztak létre. A valódi kerékpárútként működő utak sűrűsége ezért még a fenti mutatónál is kisebb lehet. A tervezés során ezt mindenképpen figyelembe kell venni, hiszen így több kerékpárútra lesz szükség, hogy az egy km<sup>2</sup>-re eső kerékpárút hossz meghaladja az 1 km/km<sup>2</sup>, amely után a folyamat öngerjesztővé válna.

A következő uniós fejlesztési ciklusban cél, hogy teljes egészében elkészüljön a Zala völgyi – kerékpár úthálózat az Őrség és a Kis-Balaton között. Mivel ez jórészt Zalaegerszeg területét érintené - az úthálózat kiépítése során célszerű lenne figyelembe venni a jól működő Zalaszentiváni példát legalább a kevésbé sűrűn beépített településrészekben. Zalaszentivánon sikerült megoldani, hogy a kellemes, kerékpározásra csábító útvonal világítás szempontjából teljesen önellátó legyen. Az úthálózat jól kihasznált, hiszen rengetegen használják munkába menet vagy hétvégi kirándulások során. Ennek legfőbb oka, hogy szép természeti tájakon halad keresztül, illetve teljesen biztonságos közlekedési szempontból is. A kerékpározók száma várhatóan tovább nőne a teljes szakasz kiépülésével, ez pedig jelentősen javítana a térség kerékpáros közlekedési viszonyait illetve fellendülne a kerékpáros turizmus is.

### **2017 – E-Közlekedés fejlesztése**

Jedlik Ányos terv szerinti villámtöltő(k) (DC 44 kW), illetve gyors töltők (AC 22 kW) kialakítása.

Előnyük, hogy nem kell hozzá villamosenergia-kereskedői engedély (ingyenes villamos energiavételezésnél). Gyakran a megfelelő villamos kapacitás (3×32 A) is rendelkezésre áll.

Kedvező költségek mellett gyors kivitelezhetőség (kb 3 nap). Már léteznek internet alapú kommunikációval képes töltőoszlopok – tehát akár egy okos telefonnal rá lehet kérdezni, hogy a városban hol van szabad töltő -, valamint vandál biztos váltakozó áramú nemesacél töltőoszlopok is. Utóbbiakat elsősorban a külvárosba javasoljuk (pl. Megyei Kórház előtti parkoló, Pózva kórház parkoló, uszoda parkoló, élményfürdő parkoló).



2.9 számú ábra: Vandálbiztos utcai töltő töltés közben zárható ajtóval

A köztér világítási oszlopokon kialakítható lassú töltők próbaüzeme (AC max 3,7 kW), a BMW gyártó közreműködésével vagy saját finanszírozásban.



2.10 számú ábra: töltők lámpaoszlopon: Berlin, Ubitricity





2.11 számú ábra: töltők lámpaoszlopon: Brassó, Románia

Közterületeken elhelyezett parkolóórák kiegészítése e-töltőponttal - Frankfurti modell, mint gazdaságos megoldás.



2.12 számú ábra: A szürke kiosk az eredeti parkolóóra, a kék oszlop a kiegészítő töltőpont

### 2018 – Energia-önellátó épületek

Megfelelő kialakítású és tájolású épületek esetén megvalósítható az épületszintű energia-önellátás, ami azt jelenti, hogy éves szinten a ház legalább annyi energiát termel, amennyit elfogyaszt. A Vizslaparki (és egyéb társasházakat is) lakótelep épületeit alkalmasnak találtuk erre az átalakításra, mely Magyarországon egyedülálló példa lenne, követve így az egyre növekvő számú külföldi példákat. Az épületen használt megoldások és tudás hasznosítható lenne az ország és a szomszéd országok iparosított technológiával készült társasházaink átalakítására is. Így ezen a területen Zalaegerszeg megoldás szállítóná válhatna.



Bécsi Műszaki Egyetem  
energia önellátó irodaépülete, 2015



Vizslaparki társasház  
energia önellátó koncepcióterve, 2018

2.13 számú ábra: Az energia-önellátó épület nem csak elmélet

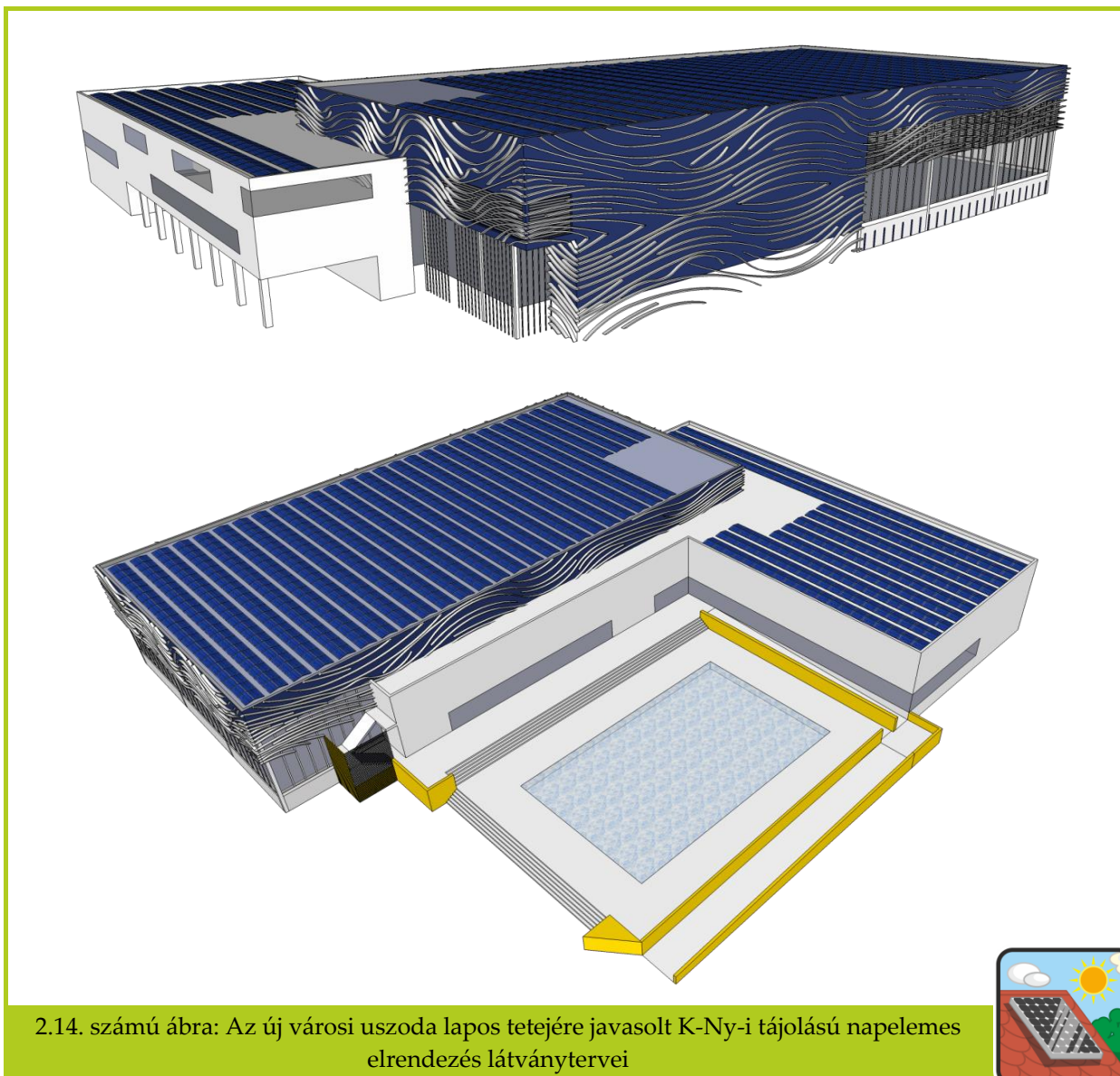




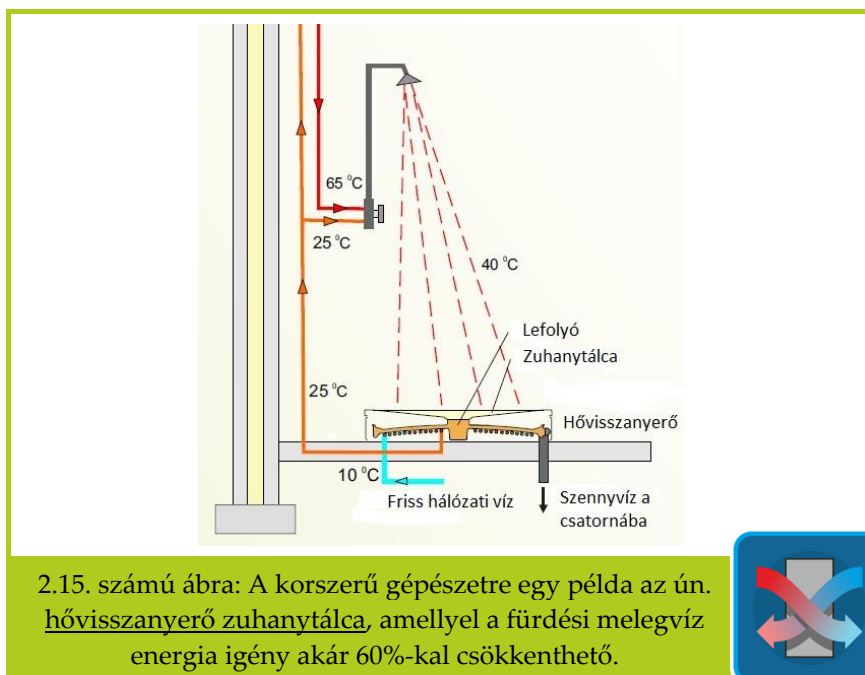
## 2018 – Új uszoda

A megújuló városi uszodaépület tetején elegendő hely van 408 kWp napelem elhelyezéséhez, mely 390 MWh/év villamosenergia-termelésre képes (1538 db napelemből álló naperőmű 265 Wp modulokkal számolva). Korszerű gépészet beépítése esetén a napelemekkel a fogyasztás kiváltható és az uszodába látogató vendégek elektromos autói számára is elegendő villamos energiát biztosít.

A termálhő hasznosítással és adott esetben hőszivattyú beépítésével, valamint kiemelkedően jó hőszigetelés kialakítása esetén akár energia-önellátóvá is válhat az uszoda.

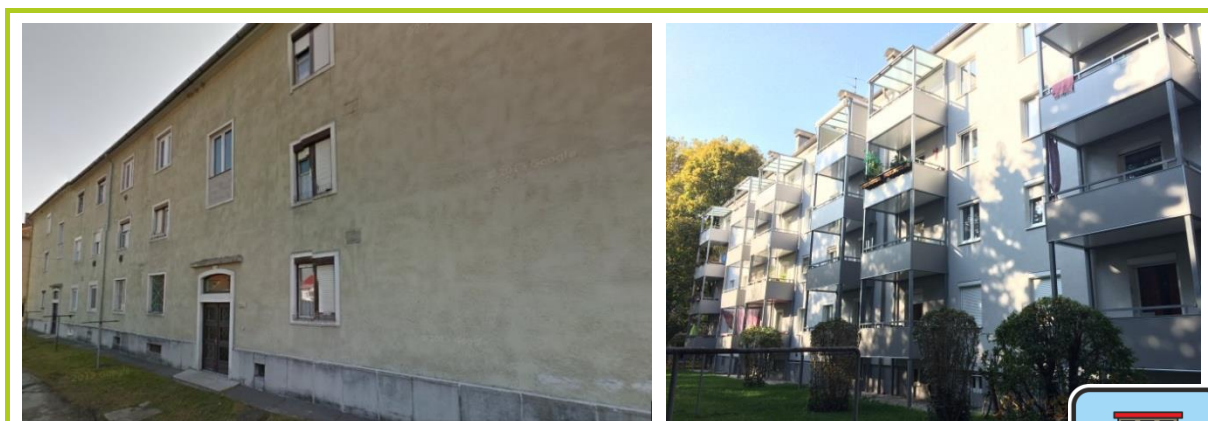


2.14. számú ábra: Az új városi uszoda lapos tetejére javasolt K-Ny-i tájolású napelemes elrendezés látványtervei



### 2018 – Társasházak energetikai korszerűsítése

A zalaegerszegi energia gazdaság átalakulási folyamatának a város polgárai számára is szemléletes példája lehetne egy társasházi felújítás mintaprojekt.



2.16 számú ábra: társasház felújítással a megjelenésen és energetikai javuláson kívül, a funkciók száma is nőhet

A bevált gyakorlatok egyik példája, hogy az ausztriai Salzburg városában néhány társasház összes lakóját úgy sikerült meggyőzni az épületek energetikai korszerűsítéséről, hogy a kivitelezéskor mindegyik lakáshoz egy erkély építését ajánlották fel. Az ilyen korszerűsítések során fontos a teljes lakóközösség beleegyezése, hiszen nem mindenki vélekedik azonos módon a beruházásról. A kételkedő lakók általában az elhúzódozó építkezésre, a felújítással járó zajhatásokra és a költségekre hivatkoznak. Az „ajándék” erkély ötletével viszont még ők is ígéretesnek, értéknövelőnek tekinthetik az átalakítást. Ez Zalaegerszeg esetében is életképes lehet.

### **2018 – Geotermikus távfűtés kiépítésének megkezdése**

Zalaegerszeg különleges adottsága a rendelkezésre álló geotermikus energia. Ennek hasznosítását rövid távon javasoljuk, amíg az európai uniós források még elérhetőek. A geotermikus távfűtés nagyságrendi költségei is számos tényezőtől függenek. Ezek közül néhány: a geológiai vizsgálatok költségei, geotermikus fúrások költségei, nyomvonalak burkolatainak költségei, hő központok költségei. Így a geotermikus távfűtés megtérülése is csak viszonylag tág határok közé szorítható. A kiviteli tervek megléte esetén csökkenthető jelentősen a bizonytalanságok száma.

Ugyanakkor a távfűtés gerincvezeték a város alap infrastruktúrájának is tekinthető, hasonlóan, mint a víz, gáz, vagy villany vezeték gerinc. Ezért a pénzbeli megtérülés alapján dönteni félrevezető lehet, hiszen a geotermikus távfűtés gerincvezeték a geotermikus energia hozzáférhetőségét biztosítja.

A geotermikus fűtésrendszer kialakítását a két új kúttal és a gerincvezetékkel 2 Mrd forintba becsüljük az éves működési költségeket is figyelembe véve. A 22db közintézményben folyó áron elérhető éves energia-megtakarítás pedig 142,7 Mft.

Így a távfűtés közelítő megtérülési ideje a fenti bizonytalanságok mellett: ~14-16 év, 15%-os önerő esetén 85%-os pályázati finanszírozásból az egyszerű megtérülés 2,4 évre csökken.

### **2018 – Felkészülés a várható szélerenergia kvóták lekötésére**

Magyarország megújuló energia célkitűzései és a szél erőművek technológiai fejlődése lehetővé teszi, hogy a nagy magasságban elérhető (120m +) szélerenergia a többi megújuló energiához képest gazdaságosan kihasználható legyen Zalaegerszegen.



2.17. számú ábra: LIDAR szélersebesség mérő berendezés

A szélerenergia felhasználás megalapozott döntés előkészítéséhez hosszú távú (minimum 1 év), több magasságra mért szél adatra van szükség. A hegyhátsági adótornyon 115 m-en mért szélersebességek alapján van olyan szél erőmű típus, amely alkalmas lehet Zalaegerszeg környezetében gazdaságos energiatermelésre. Ennek igazolására az ún. LIDAR-os vagy SODAR-os mérést javasolunk telepíteni a település északi megadott helyszínein. Várható az újabb szél erőmű kvóták felszabadítása Magyarországon a közeljövőben, amiből Zalaegerszegnek is érdemes lenne részesednie. Illetve a területen előforduló madárvilág és



egyéb állatok szokásait, egyed előfordulását is huzamos adatgyűjtéssel lehet csak igazolni, ami szintén az engedélyek megszerzésének előfeltétele.

### 2018 – Közösségi autó

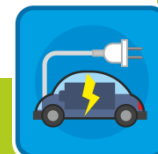
2db Bio-CNG közösségi autó (car sharing) az új multi modális csomóponthoz való telepítését javasoljuk (vagy OEM autógyártó vagy a Deutsche Bahn Flinkster, vagy saját finanszírozásban).



Flinkster car sharing,  
Garmisch-Partenkirchen Németország



Wolkswagen Qicar OEM car sharing



2.18 számú ábra: Közösségi autómegosztó rendszerek

Előrejelzések szerint a közösségi autómegosztó rendszerek elterjedésében világszinten évi 36%-os bővülésre számítanak 2020-ig. Jelenleg a BKK is vizsgálja ennek bevezetését Budapesten.

Kiknek javasolják, kik lehetnek a potenciális felhasználók?

- Elsősorban az alkalmi autó felhasználók számára javasolt
  - o átutazóban lévő emberek (munka, turisták, egyebek) részére a közösségi autó jó kiegészítője a szoros időgazdálkodásnak
  - o a helyieknek időszakos használatra (pl. költözés, betegszállítás, bútorszállítás stb.)
- Másodsorban azoknak, akiknek kevesebb, mint 8 000 – 10 000 km/év a jellemző gépkocsi használata.
- Ezen kívül fontos célcsoportnak számítanak még azok, akiknek nagy anyagi terhet jelent a saját gépjárművek fenntartása (pl. pályakezdő fiatalok vagy a kisnyugdíjasok)

Zalaegerszegre 5 év távlatában az RNG (Renewable Natural Gas) vagyis a Bio-CNG alapú autómegosztó rendszernek lehet jelentősége, amennyiben sikerül valamely autó gyártót megnyerni a projekt számára, mint befektetőt. Ez követendő példa lehetne számos magyarországi városnak, maga a projekt pedig különféle szakmai érdeklődésű embert vonzana Zalaegerszegre terepbejárás céljából. Nyertes-nyertes pozíciót eredményezne, hiszen a polgárok örömmel használnának egy olcsóbb üzemanyagú járművet még úgy is, ha megkötés lenne, hogy csak a kijelölt városi RNG töltő állomást használhatják; a város pedig

bevételhez jutna a földgáz alapú CNG árhoz közeli áron értékesített olcsóbb komprimált biometánnal. A projekt gazdasági megtérülése elsősorban a potenciális felhasználók számának függvénye, azaz társadalomtudományi kérdés, (kérdőíves) társadalmi felmérésekre alapozva válaszolható meg. Városenergia önellátási szempontból és többszörös hasznú beruházásként indokolt és javasolt ilyen rendszer bevezetése.

### **2018 – Közösségi kerékpármegosztó projekt indítása**

Előrejelzések szerint a félmilliónál kisebb lélekszámú városokban a kerékpáros és gyalogos közlekedés 2040-re elérheti az 50% ot. Ezt az esztergomi mintához hasonlóan lehetne bevezetni. Magyarországon itt vezették be az első közösségi kerékpáros rendszer elemeként. Lényege, hogy minél több felhasználó használja a kerékpárokat mindennapjaihoz, csökkentve ezáltal a város levegőjének szennyezettségét, a városi dugókat, zajokat és mindemellett fő célja, hogy népszerűsítse ezen környezetbarát közlekedési alternatívát.

Zalaegerszegre a közösségi kerékpármegosztó rendszert Pedelec modellekkel javasoljuk kiegészíteni vagy kiépíteni, mivel a városon belül jelentősek a szintkülönbségek, a társadalom korszerkezete pedig azt mutatja, hogy növekszik az idősek aránya a városban. A vasútállomástól induló vagy azt elérő kerékpár kölcsönző rendszer ugyanolyan népszerű lehetne, mint Európa számos városában. Első körben javasoljuk teremgarázsba állítani a kerékpárokat.

A pedelec elnevezés olyan kerékpárra használatos, ahol a hajtást automatikusan kiegészíti szükség esetén egy legfeljebb 250W teljesítményű elektromos motor.



A kerékpárok tartója egyben a töltője és kölcsönzési záró rendszer is. Szimplán visszatolva a kerékpárt a helyére leáll a kölcsönzés és megindul az újra töltés. A bérlet kezdete ún. e-gomb

hozzáérintésével kezdeményezhető. Itt a Pedelec kerékpárok egy passzív ház társasház teremgarázsában kaptak helyet.

#### Közlekedési előny:

Nyilvánvalóan üvegházhatású gáz kibocsátás csökkenést jelent a nagyobb arányú kerékpár használat. Valamint csökken az utak terheltsége, hiszen a kerékpárok kevesebb helyet foglalnak, mint a személyautók. Nagyobb arányú tömegközlekedés használatra ösztönöz az autó helyett, hiszen kiegészítője lehet a tömegközlekedéssel nem vagy nehezen elérhető helyek esetében.

#### Gazdasági hatás, munkahelyteremtő hatás:

A közösségi kerékpár kölcsönző rendszerekkel relatív kis beruházással fejleszthető a közösségi közlekedés. Helyi munkaerő teremtési lehetőséget is jelent mind az alacsony, mind pedig a magasabb képzettségűek körében, illetve részmunkaidős munkahelyek is kialakíthatóak. A nemzetközi tapasztalatok szerint minden 1000 db kerékpárhoz 9-20 új munkahely társul, melyek az utak karbantartásához, a különböző szolgáltatásokhoz (kerékpárszerviz, vendéglátás) és a turizmushoz kapcsolódnak.

#### **2018 – vezetékmentes lassú (AC max 3,7 kW) e-autó töltőhelyek kialakítása próbaüzemben**

Együttműködésben a BMW autógyártó céggel vagy saját finanszírozásban. Korai bevezetéssel ez minta projekt lehetne a jelen kormányzat e-közlekedési régiós vezetői szerep cél megvalósításához.



A vezetékmentes töltők működési elve a mostanában elterjedőben lévő vezetékmentes mobil telefontöltők elvén működik, az energiaátvitelt az elektromágneses indukció biztosítja. Természetesen az EV vezetékmentes töltők teljesítménye sokszorosán meghaladja a telefontöltők teljesítményét.

A legelterjedtebb tisztán elektromos személyautóhoz kapható (Nissan LEAF) vezetékmentes vagy más néven indukciós töltő, megoldás lehet olyan járműveknél, amelyeknek váratlanul és gyorsan kell elindulniuk. Például rendőrség vagy polgárőrség autója, vagy ahol az egyszerű használat fontos szempont pl közösségi elektromos autó.

### **2018 – Napelemes városnéző busz, turista vonat (lassú), mint Öko város turisztikai attrakció**

Ennek a javaslatnak is a többi energiaösvény, Ökováros ökoturizmus jellegű és fenntarthatósági fejlesztéssel együtt lenne értelme, mivel azok illeszkedő kiegészítője és a különböző öko helyszínek, látványok közti közlekedés eszköze lehetne.



### **2018 – Energiaösvény kialakítása**

Javasoljuk a turisztikai célú energiaösvény kialakítását a pózvai 50 kW-os geotermikus erőművel, az andráshidai vízerőművel, látogatható CNG töltőállomással, látogatható széndioxidos hőszivattyúval, stb. Ehhez a látogatók igénybe vehetik a Városi Smart City alkalmazás egyes funkcióit, kiterjesztett valóság tartalmakkal kiegészítve.



## 2018 – Dísz tér

A Zalaegerszegi Smart City kezdeményezés emblematikus eleme lehetne a Díszter egyik épületének felújítása, amely az egyeztetések során szóba is került. A látványos hőszigetelés kialakítása magában rejti a korszerű, a felújítás során az épület működésébe kevés beavatkozással járó hővisszanyerős szellőzés kiépítését (hővisszanyerős szellőzés a szigetelésben), valamint a napelemek homlokzatba való integrálását (BIPV). Ezen kívül az épületen helyet kaphatna egy korszerű óriáskijelző, továbbá impozáns díszkivilágítás is. Így az épület bekerülhetne a turisztikai látványosságok közé. A díszteren álló épület homlokzat felújításának elsősorban közjóléti, mintsem gazdasági szempontjai lehetnek.



2.22 számú ábra: A Dísz tér meghatározó épületének egy felújítási látványterve



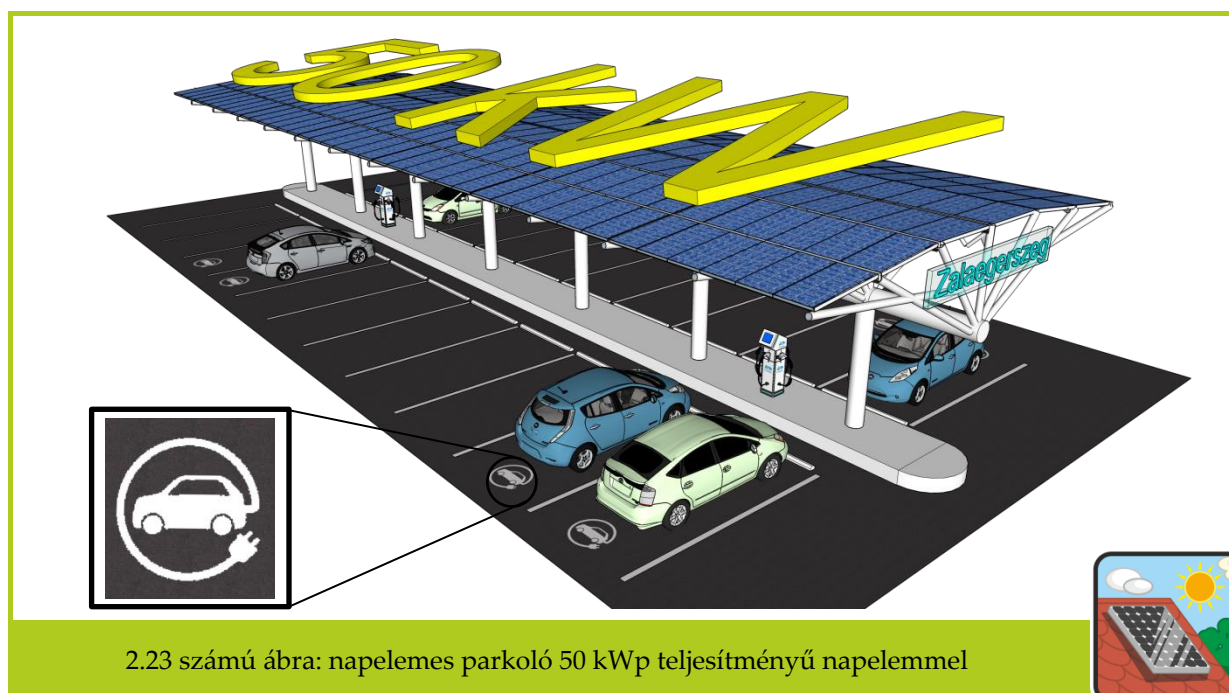
## 2.2 Középtávú ütemterv 2030-ig

### 2022 – MODULO busz

Tisztán elektromos MODULO buszok beszerzése, a magyar ipart és a munkahelyteremtést is segíti. A használtan vásárolt CNG továbbértékesítése kisebb települések számára, hiszen számukra ekkorra már gazdaságos választás lesz a dízel buszaik lecserélése CNG-re.

### 2022 – Fedett Park&Charge kialakítása

Napelemes parkolók gyorsítottával történő kialakítása 4×22 kW AC pl: az új intermodális csomópontnál. Ekkora ez a megoldás napelemes alapon is piacképesé válik, hiszen kialakul egy fizetőképes kereslet az őrzött parkolókra, amelyek töltési szolgáltatást is nyújtanak majd.



### 2022 – Megkezdődhet az elektromos autók akkumulátorainak visszagyűjtése

Az elektromos autók akkumulátorát az elsődleges használat után másodlagos felhasználásra javasoljuk. Ennek előzményeként az elhasználódott akkumulátorokat az önkormányzat 2022-ben elkezdheti visszagyűjteni, így juthat a legkisebb önköltségi árú napi energiátárolóhoz (LCOS), ezzel eltárolva a nappali energiát. Megkezdődhet egy közintézmény szintű mintaprojekt.

### 2022 – Mikro CHP rendszer pilot projektje

A gázkazánra, hőszivattyúra vagy távfűtésre alkalmatlan épületek esetében javasoljuk a metán üzemű mikro CHP (Stirling) mintaprojektjének kialakítását, kapcsolt energiatermelésben hő- és villamosenergia-termelésre. Így önálló helyi energiatermelésre nyílik lehetőség. A mintaprojektet mindenképpen lineáris generátorral szerelt Stirling-motorral javasoljuk megvalósítani a kiemelkedő megbízhatósága és alacsony karbantartás igénye miatt. Ekkora ez gazdaságilag indokolható megoldássá érik.

### **2022 – Látogatható vízerőmű kivitelezése**

A Zalaegerszegen található szennyvíztelep kifolyó ágára vízerőművet javasolunk telepíteni. Ez lehet az energiaösvény egyik további állomása, frissítése.

### **2023 – Vasúti pálya napelemes befedése**

Amennyiben szükséges, javasoljuk a vasúti pálya egy részének napelemes rendszerrel történő befedését, ami az energiatermelés mellett zajvédő funkciókat is betölt majd. Ezzel egybekötve a kerékpáros és gyalogos közlekedést segítő átkelőhelyek kialakítását is lehetővé teszi a Zala és a nemzetközi vasúti vonal fölött.



2.24 számú ábra: Vasút fölé épített napelemes rendszer, Belgium, Antwerpen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Forrás: <http://www.thewindturbine.com/nieuws/2014/07/solar-highway-in-nederland>  
(helyszín: <https://goo.gl/maps/6u22JMGs7Uk>)

### **2024 – Mikro CHP (Stirling)**

A gázkazánra, hőszivattyúra vagy távfűtésre alkalmatlan épületek esetében javasoljuk a metán üzemű mikro CHP (Stirling) nagyszámú telepítését, a mintaprojekt tapasztalatai alapján.

### **2025 – Utcánként legalább egy kétirányú elektromosautó-töltő kialakítása**

Az elektromos közlekedés nagyarányú elterjedése miatt javasoljuk a töltőhálózat bővítését. Legalább egy nyilvános, kétirányú lassútöltőnek minden utcában rendelkezésre kell állnia a lakosok számára. A kétirányú töltők megismertetik a gépjárműhasználókkal, hogy a járműüket a hagyományos használaton kívül energia szolgáltatásara is kiejánlhatják, ami újabb gazdasági lehetőséget nyújt mindkét fél számára.

Ezen kívül javasoljuk, hogy az önkormányzat segítse elő a közösségi autómegosztáshoz hasonlóan a közösségi elektromosautó-töltő megosztást is. Így a lakosok saját töltőjüket tudják felkínálni mások által való használatra, pl: a Városi Smart City telefonos alkalmazás funkcióinak kiterjesztésével.

### **2026 – Elektromos autók akkumulátorainak második élete**

Ekkorra az energiátárolás ára olyan mértékben csökken, hogy érdekesebb lesz a napenergiát eltárolni, mint éjszakai áramot vételezni. Ez az elektromos autók akkumulátorának újbóli felhasználásának is köszönhető. **Zalaegerszegen utcaszintű mintaprojekt megkezdését javasoljuk 2026-ban, mint a legolcsóbb napi villamosenergia-tárolási megoldás.**

### **2027 – Szélerőművek építésének második üteme**

Javasoljuk a szélerőművek több ütemben történő kivitelezését, 2027-ben ~20 MW teljesítmény beépítését javasoljuk. A több ütemre elosztott szélerőmű telepítés lehetőséget nyújt a megújuló energia iránti kereslet lekövetésére, és a legkorszerűbb technológiák és költségelőnyök kihasználására.

Ezt a stratégiát akkor érdemes feladni, ha a város teljes szélerőmű parkját minimum 30%-os támogatással egy időben van lehetőség megvalósítani.

### **2029 – Külvárosok bekapcsolása a Pedelec rendszerbe**

Ekkorra már vélhetően teljes körűen elfogadottá és népszerűvé válik ez a közösségi közlekedési mód is, valamint a térség gazdasági teljesítménye is lehetőséget teremt majd az ilyen jóléti beruházásokra.

## 2.3 Hosszú távú ütemterv 2050-ig

### 2030-tól napelemek repowering-je (zajvédő falakra, vagy szociális alapon)

A 15 évnél idősebb napelemes rendszerek felülvizsgálatát javasoljuk az ideális telepítési helyszínek jobb kihasználása érdekében. A fogyasztókhöz közel eső termelés elősegítése érdekében a 2030-ban már korszerűtlenül alacsony teljesítményű napelemeket ekkor nagyobb teljesítményűekre lehet cserélni. A használt napelemeket az önkormányzat áttelepítheti vagy szociális alapon családoknak adományozhatja.

Ezen kívül sor kerülhet a napelemes zajvédőfalak kialakítására a forgalmas közutak és a vasútvonal mentén.



<sup>2</sup> Forrás: <http://www.neumarkt.de/> 2015. szeptember 2.



### **2030 – CEMS szoftver és hardver környezetének frissítése**

A CEMS szoftver frissítésébe bele értendő a rendszer pontosságának növelése a meteorológiai előrejelzés funkciókban. Az előrejelzések órás pontosságúak lesznek 48 órás intervallumra, amelyek az energiatárolási kapacitások pontos bejósolását teszik lehetővé, továbbá csökkenthetik az ilyen irányú beruházások költségeit.

### **2034 – Smart Grid rendszer próbaüzeme**

A Smart Grid rendszer kiterjesztése egy kisebb városrészre, bevonva néhány ipari szereplőt (például nagyobb hűtőházak). Az önálló mérlegkör kialakítása is gazdaságossá és indokolttá válhat ekkora. Az így szerzett üzemeltetési tapasztalatok alapján lehet a rendszert kibővíteni a változékony termelők bevonásával (például szélerőmű). Ezek megvalósítása részben a városban addig elért megtakarításokból lehetséges, valamint ekkora már vélhetően EU-s követelménnyé is válik, és mint ilyen követelmény, várhatóan részben forrásokat is elérhetővé tesznek hozzá.

### **2035 – A 2014-ben telepített lámpatestek frissítése újabb, korszerűbb fényforrásokkal**

A város által telepített energia hatékony fényforrások lecserélése 20 év után. Erre azért van szükség, mert az újabb korszerűsítéssel költségmegtakarítást lehet majd elérni. Ekkorra valamennyi köztér világítási lámpát be lehet majd vonni a SmartCity energiaellátó rendszer szenzorjai közé, valamint teljes körűvé lehet tenni az adaptív megvilágítási rendszereket.

### **2037 – Biomassza fűtések elektrosztatikus szűrős típusokra cserélése vagy bővítése a háztartások szintjén is**

Az Európai Unió EU UltraLowDust kutatásban azt is vizsgálták milyen értékek érhetőek el, ha a kéményekbe aktív, elektrosztatikus elven működő szűrőt (elektrosztatikus porleválsztót – electrostatic precipitator – ESP) építenek be. A szűrővel elért legjobb értékek: 10 mg/MJ (TSP) Németországban valós körülmények között mérhető határértéket szabtak meg 2015-től és Zalaegerszegrre is ilyen érték bevezetését javasoljuk. Ez a határérték 0,02 g/Nm<sup>3</sup> a porra.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Forrás: [https://veranstaltungen.fnr.de/fileadmin/veranstaltungen/2015/Biomasseheizkessel/Vortr%C3%A4ge/Emissionsrechtliche\\_Anforderungen\\_an\\_Biomasseanlagen\\_Stanev.pdf](https://veranstaltungen.fnr.de/fileadmin/veranstaltungen/2015/Biomasseheizkessel/Vortr%C3%A4ge/Emissionsrechtliche_Anforderungen_an_Biomasseanlagen_Stanev.pdf)

## 2040 –Szélerőművek 1. ütemének teljesítmény növelése (repoweringje) és a nagy magasságú szélenergia hasznosítása

A szélerőművek az élettartamuk végéhez közeledve a technológia fejlődése miatt lecserélésre, teljesítménynövelésre „repoweringre” érdemesek. Erre azért van szükség, mert a szélerőműveket korábban is a legalkalmasabb helyszínekre telepítették.

A Szélenergia című fejezet Repowering című alfejezetében tárgyalt szerteágazó előnyök miatt a zalaegerszegi szélerőműveket élettartamuk végéhez közeledve (~20 év) „repowering”-re javasoljuk.



Ezen kívül javasoljuk még a “high altitude” vagyis nagy magasságú szélenergia hasznosításának vizsgálatát is.

#### **2040 – P2G Power to Gas Metán alapú energiatárolás mindenféle vonatkozásban**

Javasoljuk a metán alapú szezonális energiatárolás vagyis a P2G erőművek építésének megkezdését. 2040-re már több megvalósult P2G projekt is lesz a környező országokban, így fontos tapasztalatok birtokában kerülhet sor a beruházásra. Az első ausztriai P2G erőművet 2015-ben építették. Ez a technológia továbbá a csúcstermeléskori plusz megújuló energiák hasznosításának egyik leggazdaságosabb módja lesz. Ennek segítségével akkor tároljuk el a villanyt, amikor a legolcsóbb (májusi szeles, koradélutánok) és akkor értékesítjük, amikor magas az ára (decemberi ködös esték).

#### **2041 – Városi buszok energiaellátó rendszerbe integrálása, mint éjszakai áramforrások**

Az AC töltő, azaz fedélzeti váltakozó áramú töltő a gyártó állítása szerint kétirányú, azaz az energiatárolási és vészenergia ellátási feladatokra is alkalmas lehet. Vagyis jelenleg ez a típus illeszthető leginkább az energia-önellátó város rendszerébe.

#### **2042 – Hulladékszállító és egyéb nagy haszongépjárművek energiaellátó rendszerbe integrálása, mint tartalék áramforrások**

Az üzemszerűen kevés üzemórát használt soros hibrid hajtásláncú járművek 2042-re alkalmasak lesznek tartalék és csúcs áramforrásnak, mint a jelenben a hibrid kosaras áramszolgáltatói járművek. Ilyen járművek lehetnek és a hulladékszállító járművek, a mezőgazdasági nagygépek és az építőipar gépei. Alkalomszerűen pedig a honvédelem járművei is.

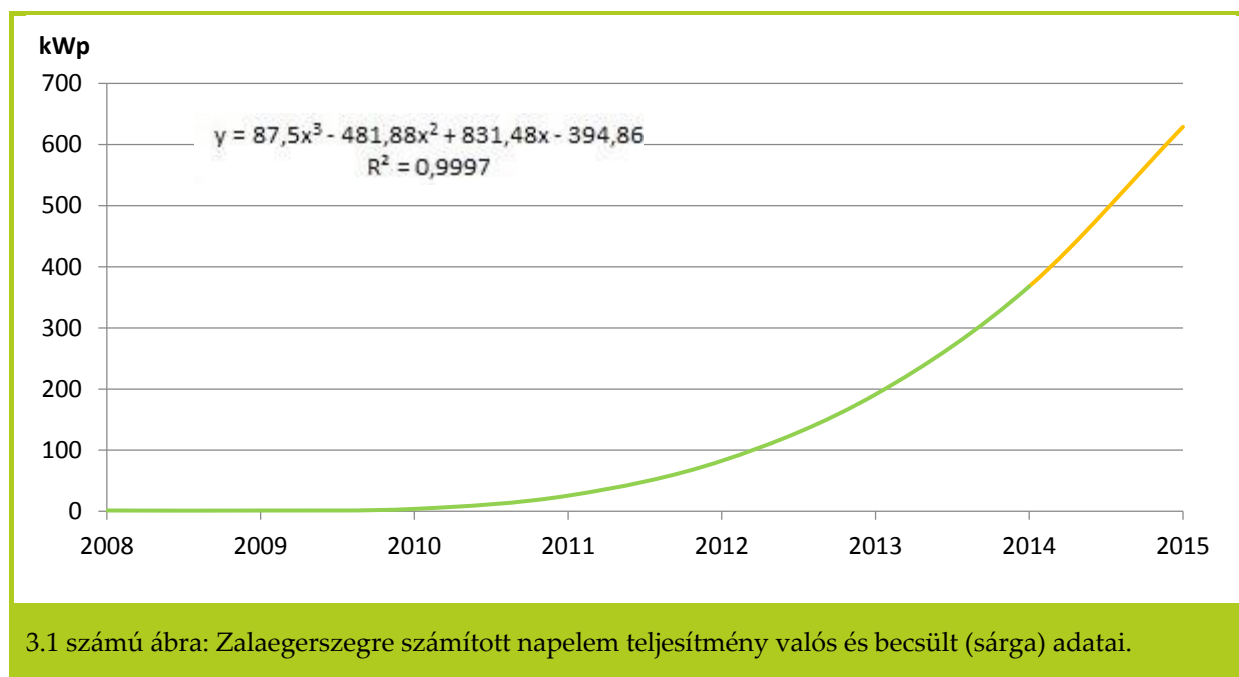
### 3. A jelenlegi helyzet bemutatása

#### 3.1 Napelemekkel való felszereltség

Magyarországon, azon belül az Észak-dunántúli területet vizsgálva megállapítható, hogy a napelemek elterjedése folyamatos, a fotovoltaikus rendszerek száma növekszik, ám mennyiségük még töredéke a tervezettnek.

Év	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
E.ON Észak-Dunántúl (kWp) <sup>4</sup>	21	71	170	762	2575	6275	11780	20217
Zalaegerszegi becslés (kWp)	1	1	4	26	83	191	368	629

3.1 számú táblázat: Észak Dunántúl és Zalaegerszeg valós és becslült napelem teljesítménye



A 2015-re becslült ~630 kW kapacitás a 2050-re javasolt kapacitás ~0,7%-a.

A kapott értékeket reálisnak látjuk a <http://www.terkepter.nfu.hu/-n> található megvalósult projektek alapján, amik között nincsenek felsorolva a lakosság által felszerelt rendszerek. Ezeknek értéke 70-80 kW-ra tehető. Az így kapott teljesítmény (384 kW + 80 kW=464 kW) nem áll távol a becslült értékektől.

<sup>4</sup> Forrás: MEKH



Projekt	Teljesítmény (kWp)
Napelemes energetikai beruházás a Horváth Csapágy Kft. zalaegerszegi telephelyén	11
Napelemes rendszer telepítése a "KVA" Kft. telephelyén	5
Fotovoltaikus rendszer telepítése az Autó-Fatér Kft-nél	29,6
Megújuló termálfürdő	49,91
Zalaegerszeg Megyei Jogú Város Polgármesteri Hivatalában fotovoltaikus rendszer kialakítása	43
Napelemes rendszer telepítése a Zala Volán zalaegerszegi telephelyén	49
A zalaegerszegi Zöld Kampusz napelemes fejlesztése	50
Megyeháza	49,95
Kormányhivatal	49,95
Terra-Net Kft.	42,84
Családi ház (Gazdaság utca 35.)	3,75
<b>Összesen</b>	<b>384</b>

3.2 számú táblázat: A zalaegerszegi napelemes projektek

Az Energia Klub által meghirdetett Napkorona bajnokság 204 m<sup>2</sup> napkollektort tartott nyilván Zalaegerszeg területén.

### 3.2 Vízügy

Zalaegerszegen a vízügy hasznosítás nem valósul meg, habár a város múltjában több vízmalom is volt.

### 3.3 Biogáz

A biogáz kapacitás mennyiségeket a Biogáz fejezet tárgyalja.

### 3.4 Szélenergia

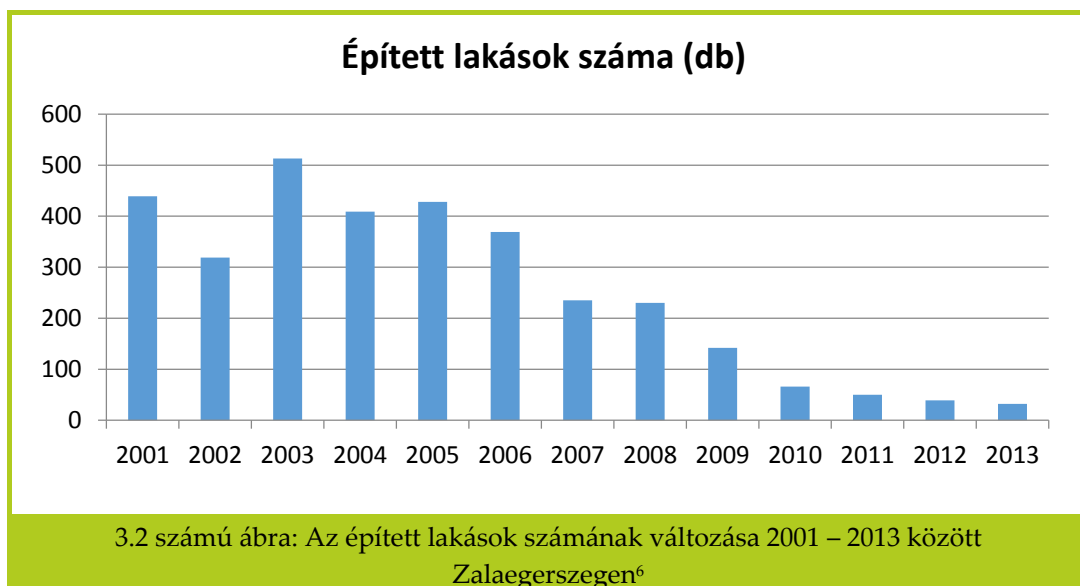
Zalaegerszegen jelenleg nincs számottevő mértékben szélenergia hasznosítás.

### 3.5 Lakásállomány

A zalaegerszegi lakásállomány a 2001-2013 közötti időszakban évente átlagosan 250 darab lakással bővült. A 2001-2006 közötti időszakban a felépült lakások száma megközelítette évente a 400 darabot. 2008-2013 közötti időszakban elsősorban a gazdasági válságnak köszönhetően az építőipar teljesítménye visszaesett, az elmúlt években az épített lakások száma még az 50 darabot sem érte el.

Év	Lakásállomány (db)
2001	23 277
2002	23 551
2003	24 023
2004	24 383
2005	24 764
2006	25 103
2007	25 309
2008	25 497
2009	25 620
2010	25 675
2011	25 901
2012	25 928
2013	25 51

3.3 számú táblázat: A lakásállomány alakulása 2001-2013 között Zalaegerszegen<sup>5</sup>



Városrész	Összes lakás (db)	Összes lakás (%)
Belváros	4 012	18%
Hagyományos beépítésű belső lakóterület	3 908	18%
Lakótelep	9 135	41%
Kertvárosias lakóövezet	3 848	17%
Falusias lakóövezet	552	2%
Üdülőövezet	0	0%
Ipari, üzemi terület	216	1%
Egyéb övezet	543	2%
Összesen	22 214	100%

3.4 számú táblázat: A zalaegerszegi lakásállomány megoszlása a városrészek között<sup>7</sup>

<sup>5</sup> Forrás: <http://statinfo.ksh.hu/Statinfo/themeSelector.jsp?page=1&theme=ZR>

<sup>6</sup> Forrás: <http://statinfo.ksh.hu/Statinfo/themeSelector.jsp?page=1&theme=ZR>

Mivel a város lakásállományából a legnagyobb 41%-os részt tesz ki a lakótelepi lakások aránya, ezért az energiafüggetlen felújításra javasolt társasházaknál bemutatott épületek a város lakásállományában jelentős hányadot érnének el. Vagyis ezek megvalósítása jelentős mértékben változtatná meg a társadalom energia függetlenséghez, fenntarthatósághoz való viszonyát.

Zalaegerszegen több mint 22200 lakás van melyből több mint 8300 családi ház. Ezek a belső lakóterületen, a kertvárosias lakóövezetben, a falusias lakóövezetben találhatóak. A többi közel 16000 lakás főleg panelház.

A lakások átlagos nagysága országos szinten 72 m<sup>2</sup>. Zalaegerszegen az átlagos lakásnagyság 70 m<sup>2</sup>, tehát valamivel elmarad az országos átlagtól. A legkisebb lakás a városban 19 m<sup>2</sup>, a legnagyobb 300 m<sup>2</sup>-es, ami a lakásnagyságokban is jelentős különbségek meglétét mutatja.

A laksűrűség Zalaegerszegen átlagban 25 m<sup>2</sup>/fő. Természetesen nagy a szóródás, hiszen vannak olyan személyek, akiknek 4, és vannak, akiknek 150 m<sup>2</sup> lakás alapterület jut. A társasházi lakások 51 %-ában 10-19 m<sup>2</sup> jut egy személyre, 30 %-ában 20-29 m<sup>2</sup>. A családi házakban viszont csak 17 %-ban 10-19, 33, 5 %-ban 20-29 m<sup>2</sup>, 49,5 %-ban pedig ennél több az egy főre jutó lakrész.<sup>8</sup>

### 3.6 Villamos energia fogyasztás

A zalaegerszegi lakosság villamos energia fogyasztás 2003 – 2009 között minden évben növekedett, átlagosan 2000 MWh-val. A 2010 utáni időszakban viszont évről évre, egyre nagyobb ütemben csökkent a lakosság villamos energia fogyasztása átlagosan 2000 - 2500 MWh-val.

Időszak	Lakosság részére szolgáltatott villamos energia (1000 kWh)
2003	48 982
2004	50 249
2005	51 130
2006	52 553
2007	51 683
2008	54 862
2009	55 464
2010	50 951
2011	48 500
2012	48 437
2013	50 095
2014	46 718

3.5 számú táblázat: A zalaegerszegi lakosság számára szolgáltatott villamos energia alakulása 2003 – 2014 között<sup>9</sup>

<sup>7</sup> Forrás: Zalaegerszeg Megyei jogú város lakáskonceptiója (2008-2012)

<sup>8</sup> Forrás: Zalaegerszeg Megyei jogú város lakáskonceptiója (2008-2012)

<sup>9</sup> <http://statinfo.ksh.hu/Stainfo/themeSelector.jsp?page=2&szst=ZRK>

A lakosságihoz hasonlóan alakult az ipar számára szolgáltatott villamos energia is. 2003-2008 közötti időszakban az ipar villamos energia felhasználása évről évre növekedett, átlagosan 20000 MWh-val. A 2008-as gazdasági válság miatt az ipari termelés jelentősen visszaesett a 2009 – 2014 közötti időszakban évente átlagosan 20000 MWh-val csökkent az ipari fogyasztók villamos energia felhasználása.

<b>Összes szolgáltatott villamos energia az ipar számára (1000 kWh)</b>	
<b>Időszak</b>	
2003	153 624
2004	109 173
2005	170 760
2006	161 097
2007	169 455
2008	163 468
2009	143 398
2010	151 603
2011	155 078
2012	147 871
2013	137 091
2014	139 381

3.6 számú táblázat: A zalaegerszegi ipar számára szolgáltatott villamos energia alakulása 2003 – 2014 között<sup>10</sup>

A fenti tendenciákat az összes villamos energia szolgáltatásának, felhasználásának alakulása is követte. A 2003- 2008 közötti időszakban az összes szolgáltatott villamos energia évről évre nőtt, míg 2009 -2014 közötti időszakban az összes villamos energia fogyasztása évről évre csökkent. A csökkenő tendencia a jövőben várhatóan tovább fog folytatódni.

<b>Időszak</b>	<b>Összes szolgáltatott villamos energia (1000 kWh)</b>
2003	202 606
2004	159 422
2005	221 890
2006	213 650
2007	221 138
2008	218 330
2009	198 862
2010	202 554
2011	203 578
2012	196 308
2013	187 186
2014	186 099

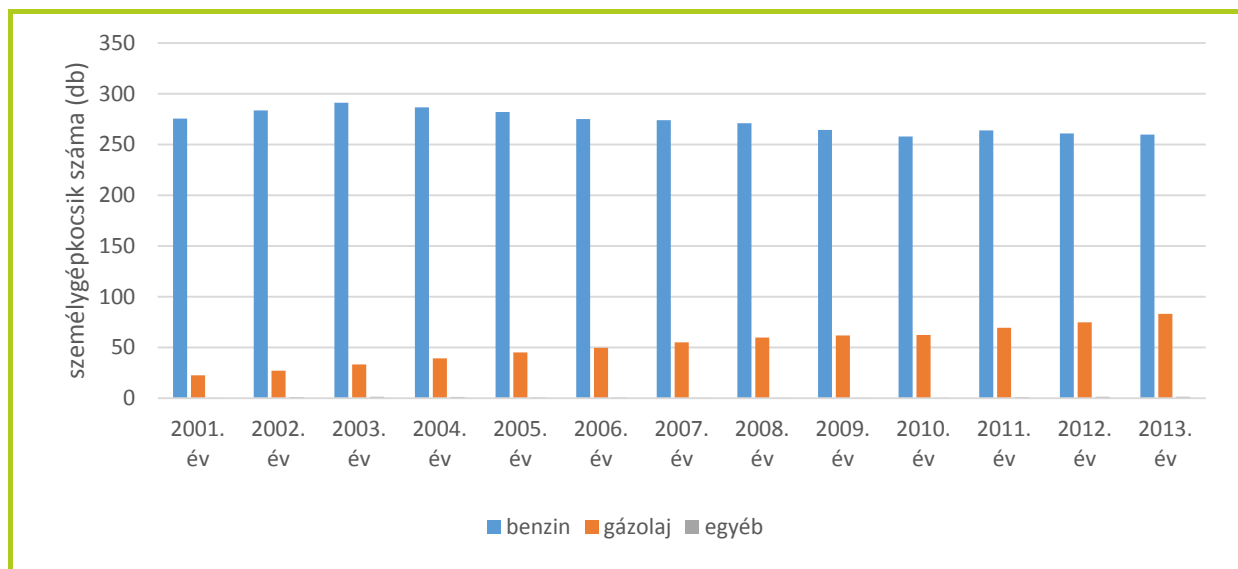
3.7 számú táblázat: A zalaegerszegi összes szolgáltatott villamos energia alakulása 2003 – 2014 között <sup>11</sup>

<sup>10</sup> <http://statinfo.ksh.hu/Statinfo/themeSelector.jsp?page=1&theme=ZR>

<sup>11</sup> <http://statinfo.ksh.hu/Statinfo/themeSelector.jsp?page=2&szst=ZRK>

### 3.7 Személygépkocsik száma

Zalaegerszezen a 2001 – 2013 közötti időszakban 1000 főre átlagosan 275 darab benzines személygépkocsi jutott, ezek számbeli alakulása minimális eltérést mutatott. A dieseles autók száma 2001 – 2013 között folyamatosan emelkedett az elmúlt években 1000 főre már 75 darab gázolajjal működő autó jutott.



3.3 számú ábra: Az ezer főre jutó személygépkocsik számának változása 2001 - 2013<sup>12</sup>

2014-ben Magyarországon a vidéki lakosság átlagosan 14 300 kilométert utazott autóval. 2013-ban ez a táv még 15 100 kilométer volt. <sup>13</sup>

A visszaesés oka mögött feltehetően a növekvő üzemanyag árak vannak.

A diesel autók átlagos fogyasztása 4-5 liter/100 km, míg a benzines autók átlagos fogyasztása 7 liter/100 km.<sup>1415</sup>

### 3.8 A település gázellátása

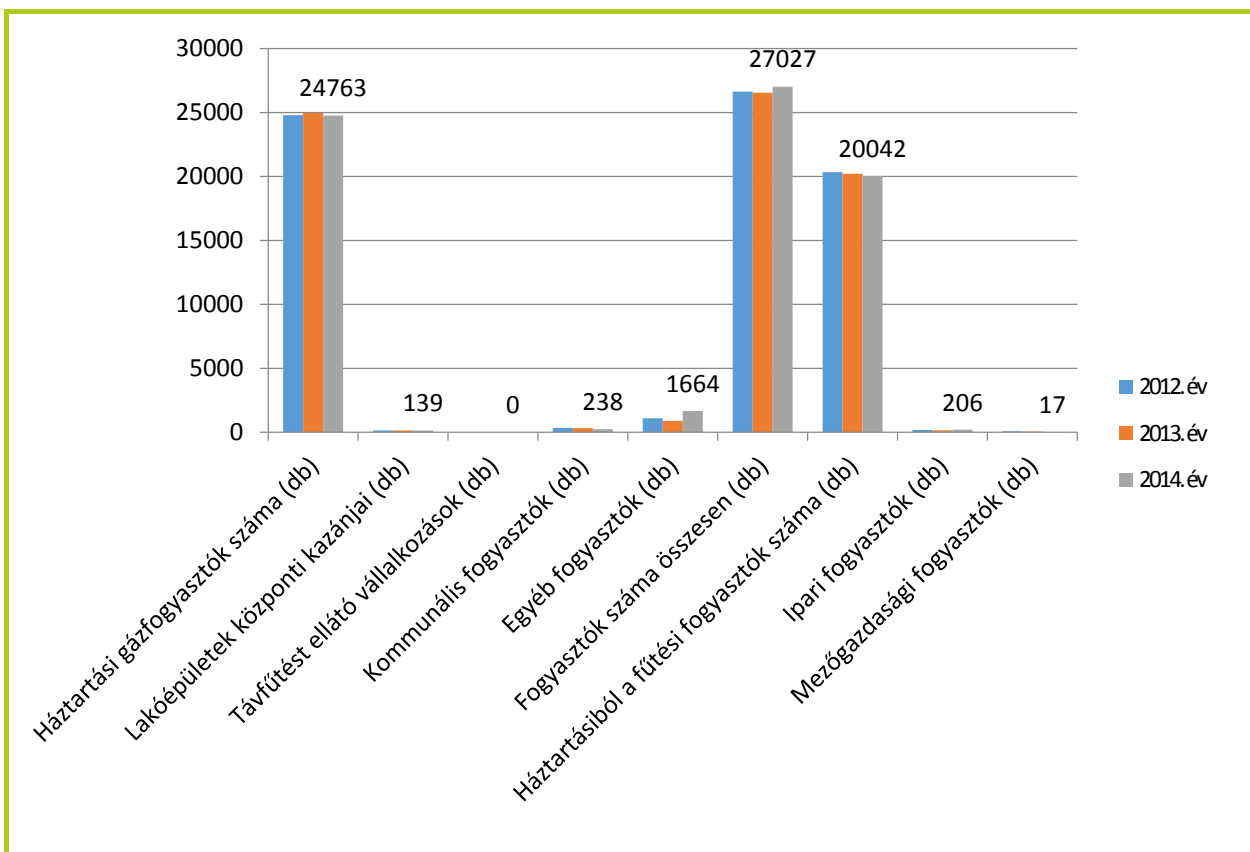
2012 és 2014 között a gázfogyasztók száma a kommunális fogyasztók esetében kis mértékben csökkent (344-ről 238-ra), az egyéb fogyasztók száma 1093-ról 1664-re nőtt, a mezőgazdasági fogyasztók száma pedig 75-ről 17-re csökkent. A fogyasztók száma összességében így sem változott nagyságrendileg (26633-ról 27027-re nőtt). A csőhálózatot is csak 0,5 km-rel bővítették.

<sup>12</sup> <http://statinfo.ksh.hu/Statinfo/themeSelector.jsp?page=2&szst=ODE>

<sup>13</sup> <http://www.origo.hu/auto/20140811-bosch-atlag-16-ezer-kilometert-autozunk-egy-ev-alatt.html>

<sup>14</sup> [http://hvg.hu/cegauto/20141027\\_Ezek\\_az\\_autok\\_igazabol\\_is\\_keveset\\_fogyasz](http://hvg.hu/cegauto/20141027_Ezek_az_autok_igazabol_is_keveset_fogyasz)

<sup>15</sup> [http://www.vezess.hu/hasznalt-auto/hasznalt\\_auto\\_kis\\_fogyasztas/43819/](http://www.vezess.hu/hasznalt-auto/hasznalt_auto_kis_fogyasztas/43819/)



3.4 számú ábra: A gáz fogyasztók számának megoszlása Zalaegerszegen

Az értékesített gáz mennyisége összesen 3 millió m<sup>3</sup>-rel nőtt (44 millió m<sup>3</sup>-ről 47 millió m<sup>3</sup>-re), ezt a növekedést az egyéb fogyasztóknál tapasztalható növekedés okozta. A háztartási és kommunális fogyasztások kissé csökkentek, a mezőgazdaságban felhasznált gáz pedig jelentős csökkenést mutatott (4319 m<sup>3</sup>-ről 336 m<sup>3</sup>-re).

Időszak	Háztartásoknak értékesített gáz mennyisége (1000 m <sup>3</sup> )	Lakóépületek központi kazánjainak értékesített gáz mennyisége (1000 m <sup>3</sup> )	Ipari fogyasztóknak értékesített gáz mennyisége (1000 m <sup>3</sup> )	Mezőgazdasági fogyasztóknak értékesített gáz mennyisége (1000 m <sup>3</sup> )
2012. év	22150,4	185,7	10294,2	4319,2
2013. év	24336,6	206,3	9813,7	3683
2014. év	20280,2	599	14936,6	336,1

3.8 számú táblázat: Zalaegerszeg gázellátásának megoszlása<sup>16</sup>

### 3.9 Externális költségekről

A fenntartható fejlődés szempontjai – amely mellett az Európai Unió tagállamai is elkötelezték magukat – azonban megkövetelik, hogy a hagyományos energiahordozók megítélésénél

<sup>16</sup>Forrás: KSH

figyelembe vegyük azokat a költségelemeket is, amelyeket egy harmadik fél vagy a társadalom fizet, és amelyek egyelőre nem jelennek meg az árakban (ún. **negatív externális vagy ~társadalmi költségek**)<sup>17</sup> Például légszennyezés egészségügyi költségei.

Az externális költségeket nem lehet pontosan mérni, de meg kell őket becsülni. A német Környezetvédelmi Hivatal által 2012-ben számított költségek az alábbiak: lignit 10,75 c€/kWh, feketekőszén 8,94 c€/kWh, földgáz 4,91 c€/kWh, fotovoltaiikus 1,18 c€/kWh, szélenergia 0,26 c€/kWh vízenergia 0,18 c€/kWh.<sup>18</sup> (2012)

Energiaforrás	Költség
lignit (brikett)	6,17 c€/kWh
földgáz	2,28 c€/kWh
geotermikus energia	2,13c€/kWh
napenergia	1,10 c€/kWh
biomassza	1,88 c€/kWh

3.9 számú táblázat: A háztartási hőtermelés környezeti költségei.

A földgáz említett fajlagos externális költségéből kiindulva **Zalaegerszeg évi 47 millió m<sup>3</sup>-es fogyasztása 10 115 904 €-ra tehető.**

<sup>17</sup>Forrás: [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021\\_Megujulo\\_energia/ch01.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Megujulo_energia/ch01.html)

<sup>18</sup>Forrás: <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4485.pdf>

## 4. Kiegészítő javaslat a szennyvíztelep hőhasznosításához

### Javaslataink a jelenlegi szennyvíztelepi fejlesztésekhez kapcsolódóan

A zalaegerszegi Smart City tanulmányhoz illeszkedve megvizsgáltuk a szennyvíztelep energia-megtakarítási és fejlesztési lehetőségeit, középpontba állítva a szennyvíztelepre a Kazo-Plan Bt. által pár évvel ezelőtt készített tanulmányterv javaslatait és indoklásait. Meglátásunk szerint a szennyvíztelepre készült tanulmányterv átfogóan vizsgálta a szennyvíztelepben rejlő lehetőségeket és akkor jó következtetésekre is jutott, azóta viszont változott pár fontos tényező, ami miatt javaslatain változtatni szükséges, ez pedig befolyásolhatja az önkormányzat által a fejlesztésekre már elkülönített források felhasználásának módját.

Röviden összegezve: az akkori állapotok alapján a tanulmányterv a szennyvíztelepen átfolyó víz hőhasznosítására egy a szennyvíztelepről kiinduló távhőellátási rendszert javasolt, és a megvalósítás hozzávetőleges költségeiről is tájékoztatást adott.

Az általunk feltárt jelentős különbségek a tanulmány befejezése és a mostani állapot között:

- a biogázzal tankolt gázüzemű buszok számának növekedése az akkori 4 db-ról 10 db-ra
- a napelemek árának jelentős csökkenése

Ezek azért jelentős változások, mert a Kazo-Plan Bt. tanulmányának megállapítása szerint a telep a gázfelhasználásának nagy részét a biogázból fedezi, földgázvételezésre csak a kismértékben van szüksége, de ez csak az akkori 4 db gázüzemű busszal számolva volt érvényes megállapítás. A jelenlegi 10 db-os gázüzemű autóbusszflotta tankolása (újra) jelentős külső forrásból beszerzésre kerülő földgázigényt eredményez, amely csökkentésére a korábbi tanulmány javaslatai nem adnak kielégítő megoldást, holott a szennyvíztelep múltbeli intézkedései pont a külső beszerzések csökkentését célozták.

A mi javaslatunk, ami az önkormányzat jelenlegi 400 MFt-os költségvetési terveivel hozzávetőleg összhangban marad, ezért a következő:

- 1) Mi is támogatjuk a szennyvíztelepen átfolyó víz hőhasznosítását, de nem a Kazo-Plan Bt. által tervezett hagyományos hőszivattyúkkal, hanem magas hőmérsékletű (CO<sub>2</sub> munkaközeges) és állítható hőmérsékletű (frekvenciaváltós) hőszivattyúkkal. Ilyen paraméterek mellett az előző tanulmány szavaival élve „ ... egész évben lenne mód a hőszivattyú alkalmazására, amivel tekintélyes mennyiségű biogáz lenne felszabadítható, illetve tovább csökkenthető lenne a földgáz felhasználás mennyisége.”

**Javasolt hőszivattyú hőteljesítmény 800 kW. Beruházási költség a teljes rendszerre bruttó 130 MFt.**



2) **Nem ajánljuk távhőrendszer kiépítését**, mert azt eredetileg a szennyvíz hőhasznosításából kinyerhető nagymennyiségű energia miatt javasolták, de az előző pontban említett magas hőmérsékletű hőszivattyúkkal, több energia válik a szennyvíztelepen helyben hasznosíthatóvá és nincs szükség költséges távvezeték építésére a szennyvíztelep és a város között.

3) **Az így fennmaradó összeg egy részéből mi napelemes beruházásokat javasolnánk**, melyek a napelemek árának csökkenése miatt már jobb megtérülési mutatókkal rendelkeznek, mint azok a korábbi tanulmányban szereplő javaslatok. A javasolt beruházások:

a) 50 kWp teljesítményű napelemes rendszer a szennyvíztelep épületeinek tetejére.

b) 50 kWp teljesítményű napelemes rendszer a Búslakpusztai Hulladékhasznosító Mű csarnokának tetejére, ami megtermelné energiafogyasztásukat és a kiváló tájolású és lemezfedésű tető miatt az egyik leggyorsabban megtérülő beruházást eredményezhet (6-7 év)

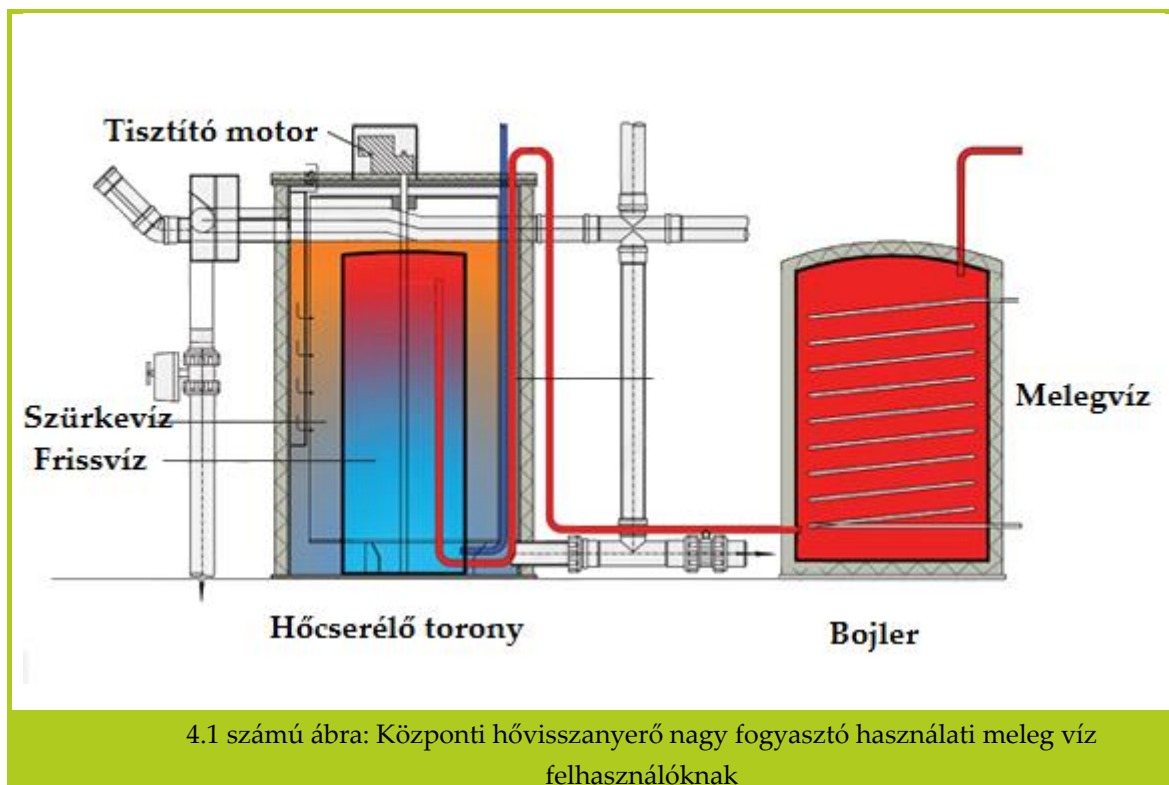
A Smart City tanulmányban a Hulladékhasznosító Mű területére összesen közel 300 kWp teljesítményű napelemes teljesítmény telepítését javasoljuk, amihez az 50 kWp jó kiindulási pont lehet.

c) 50 kWp teljesítményű napelemes rendszer a Jégcsarnok tetejére, ami a szintén kiváló tájolású és lemezfedésű tető miatt ugyan csak gyorsan megtérülő beruházás.

d) 50 kWp teljesítményű napelemes rendszer a sportcsarnok tetejére.

Az 50 kWp jelen javaslatokban nem felső korlát, hanem a jelenlegi magyarországi szabályozáshoz legkönnyebben alkalmazkodó erőmű teljesítmény (Háztartási Méretű Kiserőmű – HMKE). Egy 50 kWp teljesítményű napelemes rendszer beruházás költsége bruttó ~20 MFt.

4) **Az összeg másik részéből központi hővisszanyerő rendszer telepítését javasoljuk**, használati meleg nagyfogyasztók számára.



**Működése:** A friss vizet a már használt meleg vízzel melegítjük elő, így takarítunk meg vagy más néven nyerünk vissza energiát, magas hatásfokkal: 67%

**Előnye:** Mindössze két m<sup>2</sup> területen telepíthető, nagy mennyiségű melegvíz fogyasztás (uszodában, ahol 5-7 zuhanyzót vagy ennek megfelelő melegvizet használnak folyamatosan) esetén 6-8 év alatt megtérül. Jobb gazdasági mutatói vannak, mint a napkollektornak. Időjárástól függetlenül működik.

**Hátránya:** Jelenleg még Magyarországon nem tudunk üzemelő típusról.

**Beruházási költség** (csak a hővisszanyerő): ~ 38 MFt bruttó

**Felhasználási példák:** Linz-i uszoda, Zwettl-i uszoda (Ausztria)

**Gyártó:** Rain-O-Tec (<http://goo.gl/iKsPmV>)

#### 5) A fennmaradó összeget a következő beruházások között javasoljuk szétosztani:

a) gépészeti rendszer felújítása a következő intézményekben:

- Hevesi Sándor Színház (jelenlegi olaj fűtés)
- Art Mozi (jelenleg gőzfűtés)

A kettő közti sorrendet a gépészeti rendszerek éves üzemóraszámja alapján kell meghatározni és a nagyobb üzemóraszámút előnyben részesíteni.

b) a normál, 1000-1200 óra éves üzemidejű világítási rendszerek korszerűsítését javasoljuk közintézményeknél (például óvodák, bölcsődék), mert várhatóan ezek komplex pályázatokban elvárt mutatói nem teszik majd lehetővé a támogatások bevonását.

c) amennyiben nem áll rendelkezésre pályázati forrás, akkor a még nem felújított köztérvilágítási lámpatestek LED világításra cserélése.

A sorrendet aszerint határoztuk meg, hogy melyek azok a beruházások amelyek rövidebb idő alatt megtérülnek, illetve a közeljövőben nem várható rájuk pályázati forrás. Mindezek mellett a lakosok többségét érintő beruházásokat részesítettük előnyben.

## 6) Megtérülés számítás

	Hőteljesítmény [kW]	Üzem óra/év	Energia [kWh <sub>th</sub> /év]
Hoval Cosmo 175 kW	175	1923	336,525
Hoval Cosmo 410 kW	410	915	375,150
Hoval Cosmo 450 kW	450	570	256,500
<b>Összesen</b>			<b>968,175</b>

4.1 számú táblázat: Éves hőigény fermentorokra és a pasztörizálóra a gázmotorok hőszolgáltatása nélkül

A fenti táblázat alapján kiszámolt 968 175 kWh<sub>th</sub>/év hő előállításához társuló hőszivattyú villamos energia költség, 23 Ft/kWh villany árral számolva: 7 183 300 Ft/év

A 968 175 kWh<sub>th</sub>/év hő, amit hőszivattyúval biztosítunk biogázt tüzelést helyettesít/vált ki. A biogáz üzemű CNB (Compressed Bio-Methane)-os járművek pedig benzin üzemanyagot helyettesítenek. Így ha a kiváltott biogázt járműhajtásra használjuk fel, végül a 968 175 kWh<sub>th</sub> hőenergia benzin üzemanyag helyettesítését biztosítja. Igaz, a sűrített biometánhoz szükséges tisztítás és a CNB komprimálásához szükséges energia ráfordítását veszteségként figyelembe kell venni.

Energia ráfordítás a komprimálásra: 0,0719 MJ/MJ<sub>CNB</sub>. Összes energia ráfordításra: 0,0819 MJ/MJ<sub>CNB</sub>-t veszünk figyelembe.

CNB üzemanyagként figyelembe vehető megmaradt éves energia mennyiség: 888,881 kWh/év

2023	kWh/liter	Ft/liter	Ft/kWh	
Diesel	10,11	320	31,65	középtávon becsült átlagár
Benzin	8,84	400	45,24	középtávon becsült átlagár

4.2 számú táblázat: Benzin és Diesel várható ára 2023-ban

2016	kWh/liter	Ft/liter	Ft/kWh	
Diesel	10,11	320	31,65	2016. január, folyó ár
Benzin	8,84	320	36,19	2016. január, folyó ár

4.3 számú táblázat: Benzin és Diesel árak 2016 januárjában

Így az üzemanyagként kiváltott energia értéke: 36,19 Ft × 888,881 kWh = 32,169,426 Ft/év

A hőszivattyú és kapcsolódó berendezéseinek karbantartásának, üzemeltetésének, és a felügyeletének éves költségét: ~460 000 Ft/év-nek feltételezzük.

Éves szintű megtakarítás a magas hőmérsékletű hőszivattyús rendszerrel: 24,524,828 Ft/év

A hőszivattyú és a belső hálózat és kiépítés becsült költsége: 92 273 000 Ft

**A projekt egyszerű megtérülése:** 92 273 000 Ft / 24 524 828 Ft/év = **3,8 év**

**Előnyei:**

- a) Jobb gazdasági mutató, lényegesen rövidebb egyszerű megtérülés, mint a távfűtéses megoldásnál.
- b) Több önkormányzati vagy önkormányzati cég jármű tankolhat biogázt Pl: Zala Depo arra közlekedő járművei.
- c) Rövidebb – telephelyen belüli távvezeték – miatt kisebb hálózati veszteség és költség.
- d) Lényegesen rövidebb megvalósítási idő, mivel a másik alternatívánál a vasút keresztezése és a szolgalmi jogok megszerzése nagyon hosszú (~1-3 év) engedélyezési folyamatot eredményez. Amíg az engedélyezés késleltetné a távfűtéses projekt folyamatát addig a javasolt magas hőmérsékletű hőszivattyús megoldás már energiát takaríthat meg.
- e) A biogáz hajtotta járművek társadalmi költsége (societal cost, megbetegedések, gyógyítások költsége) hozzávetőlegesen a fele a Diesel járművek társadalmi költségének. További javulás várható az üvegházhatású gázadók (CO<sub>2</sub> adó) adók bevezetésekor.

## 5. Mintavárosok és működő térségek bemutatása

### 5.1 Freiburg – Németország

A katonai létesítményeket tekintve Németország volt az egyik leginkább érintett ország a hidegháború ideje alatt. A Freiburg városában található Vauban nevű katonai objektumot az 1990-es évek elején, a francia jelenlét megszűnésével helyezték üzemem kívül. Lakossági kezdeményezésre egy fenntartható városrész került kialakításra. A területre egy 2000 apartmanból álló lakóparkot terveztek.



5.1 számú ábra: Károsanyag-kibocsajtás nélkül működő napelemgyár Freiburgban  
(Solar Fabrik)

A napelem gyárat 1996-ban alapították, ezzel 250 munkahelyet teremtettek a térségben. A gyár napelemeket, invertereket, rögzítőket és komplett rendszereket is kínál.

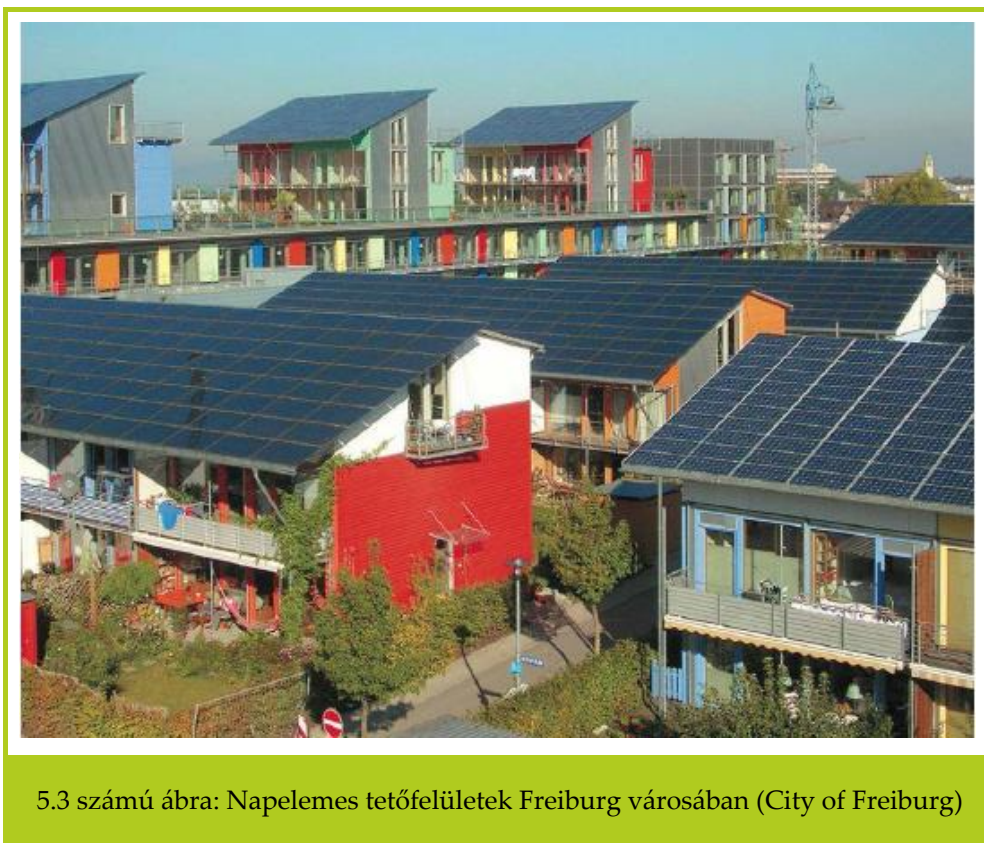




5.2 számú ábra: A városrész központjának tető- és homlokzat felújítása (Freiburg)

Az új házak építésére vonatkozó építési szabályzatot módosították. Csak  $65 \text{ kWh/m}^2/\text{év}$  energiaigényű vagy ennél jobb értékű házak építését engedélyezték.

A tetőn található ún. „kutyaólak” összevonásával az épület felület-térfogat aránya javítható, ami közvetlen kapcsolatban van az energiafogyasztással, valamint növeli az energiatermelő felületeket (napelemek elhelyezhetősége) is. **A zalaegerszegi megyei könyvtár tetősíkból kiálló ablakainál felújításkor érdemes ennek megvalósíthatóságát vizsgálni.**



5.3 számú ábra: Napelemes tetőfelületek Freiburg városában (City of Freiburg)

Az autók parkolására csak a lakóövezeten kívül, közösségi parkolóknak van lehetőség, ezzel is a tömegközlekedésre, a kerékpározásra és a gyaloglásra ösztönözve a lakosokat. Az ösztönzés része, hogy ehhez a város minden lehetőséget igyekszik megadni. A boltok és a szolgáltató egységek minden lakóháztól gyalogos távolságban találhatóak. A városrészt Freiburg belvárosával két buszjárat, egy villamos vonal és a vasút is összeköti.

A zöldterületeket és a parkokat gondosan megtervezték, az itt hulló csapadékot is összegyűjtik, és ebből oldják meg a locsolást, illetve a lakóházakba is juttatnak belőle. Zöldtetőket és burkolatlan villamos vonalakat is létrehozta.

A zöldterületek esztétikai és rekreációs szempontok mellett segítenek megoldani a városi hősziget problémáját is. A közelségük hozzájárul a lakosok által megtett utazások számának csökkentéséhez, ezzel is energiát takarítva meg.

Az 1000 főre jutó autók száma Németországban 566, míg a Freiburg városában található Vauban lakónegyedben az érték mindössze 160. Ezt úgy tudták megtenni, hogy egy időben igyekeztek kényelmesebbé tenni a gyalogos és kerékpáros közlekedést az autóhasználat kényelmetlenné tételével. Utóbbit sebességkorlátozásokkal és a lakóövezet mellékutcáiba való behajtás megtiltásával érték el. Aki ennek ellenére is autót kíván használni, azt parkolóhely megvásárlására kötelezik, melynek ára 16 000 euró. Emellett havi szolgáltatási díjat is fizetniük kell. Az egy lakásra jutó parkolóhelyek száma kevesebb, mint 0,5. Ezt a módszert Magyarország vagy Zalaegerszeg esetében szükséges lenne felpuhítani.



A kerékpározás támogatására mindenki számára elérhetővé tettek fedett tárolót. 2011-ben az összes megtett út 64%-a történt kerékpárral, 19%-a tömegközlekedéssel és mindössze 16%-a autóval.

Az autómentes háztartások 81%-a használt autót a lakóövezetbe való beköltözés előtt, ez a szám a beköltözés után drasztikusan csökkent.



5.4 számú ábra: Fedett kerékpártárolók (bal oldal), közösségi parkolóház (jobb alul) és a zöldterületek Freiburg városában  
(Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ GmbH)





5.5 számú ábra: Homlokzat napelem és a burkolat nélküli villamos pálya Freiburg városában  
(Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ GmbH)



5.6 számú ábra: Gyalogosbarát belváros

A gyalogosbarát belvárosi területek kialakításában **Jan Gehl - Élhető városok** című könyve az irányadó.

## 5.2 Güssing – Ausztria

Güssing városa a bizonyíték arra, hogy a megújuló beruházások mellett, amellyel élhetőbbé teszik a várost, még jelentős jövedelmekre tesznek szert. A város energiából származó jövedelme 1991-ben 650 ezer eurót tett ki. 2005-re ez a szám a beruházásoknak köszönhetően 13 millió euróval emelkedett.<sup>19</sup>

Ez főként az 1996-ben üzembe helyezett távfűtési rendszer kialakításának köszönhető, amihez 2000-ben egy biomassza erőművet kapcsoltak. Ebben az erőműben a fát nem elégetik, hanem elgázosítják, a keletkező fagáz pedig többféleképpen hasznosítható. Ipari méretben áramot és hőt fejlesztenek, kísérleti jelleggel üzemanyagot és biogázt állítanak elő. Az üzemben csak erdei hulladékfát hasznosítanak, ami főleg fatörzsekből és erdőkarbantartási-hulladékból áll. A karbantartás során kivágott fákat legalább 1, de legfeljebb 2 évig pihentetik az erdőben, ezalatt a fában található póruszvíz távozik és soha nem tér vissza. Ezzel a módszerrel a fa tárolásához nem szükséges fedett hely, hiszen a rá kerülő csapadékvíz az elgázosítás során hamar elpárolog. Az összegyűjtött fát a Technológiai Központ közelében található telepen aprítják, innét szállítják az üzemhez és ott hatalmas halmokban tárolják. Ennek oka, hogy esőzés hatására ennek csak felső, 10 cm vastag rétege lesz nedves, ez pedig hamar megszárad.

Innét homlokrakodóval egy bunkerba rakodják az aprítékot, és ettől kezdve az erőmű teljesen automatikusan működik. A munkaerőt a helyi lakosság adja, a jelentkezőket a vállalkozás külön képezte ki, mert a szakemberek nem ismerték minden szempontból az elgázosító technológiát. Az üzemben hő- és villamos energia előállítás mellett bioüzemanyag előállítás is folyik.



Ha a fagázban a metántartalom eléri a 98%-ot, akkor az betáplálható a földgázhálózatba. Erre irányul a svájciak figyelme, ahol egyezményesen a földgáztartalom 10%-ának megfelelő

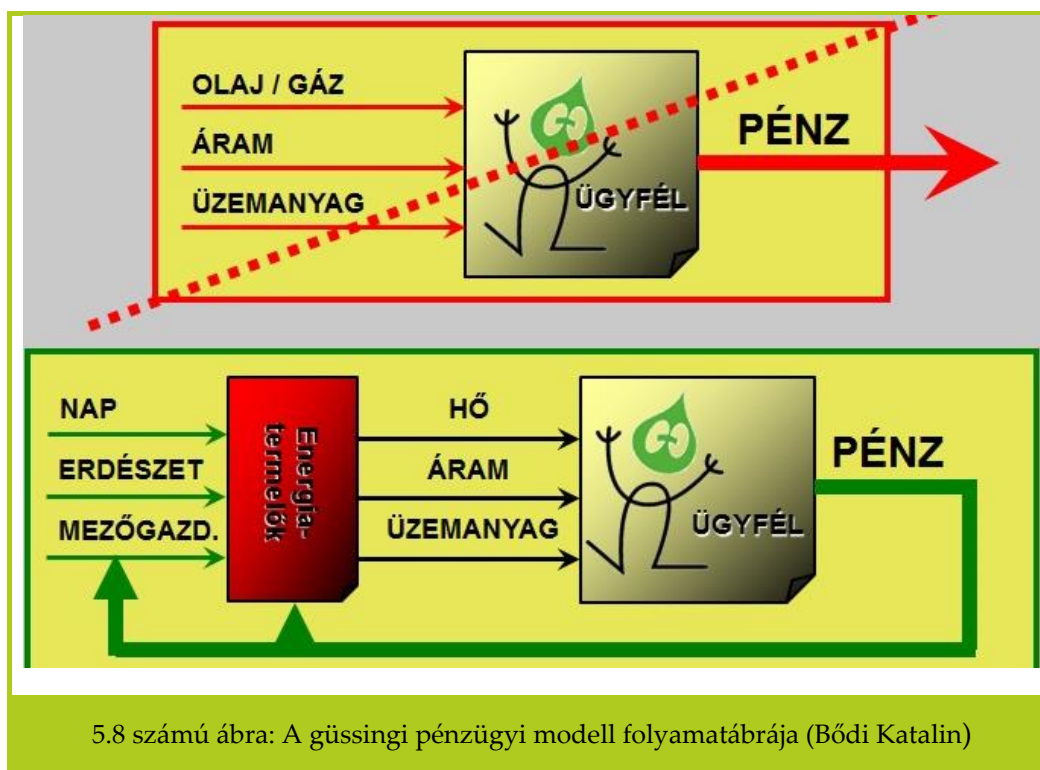
<sup>19</sup> Christian Keglovits



biogázt kevernek a hálózatba. A svájci fél mellett kísérleti jelleggel több autógyártó (például Volkswagen konszern) is nagy figyelmet fordít a güssingi biogáz előállításra.

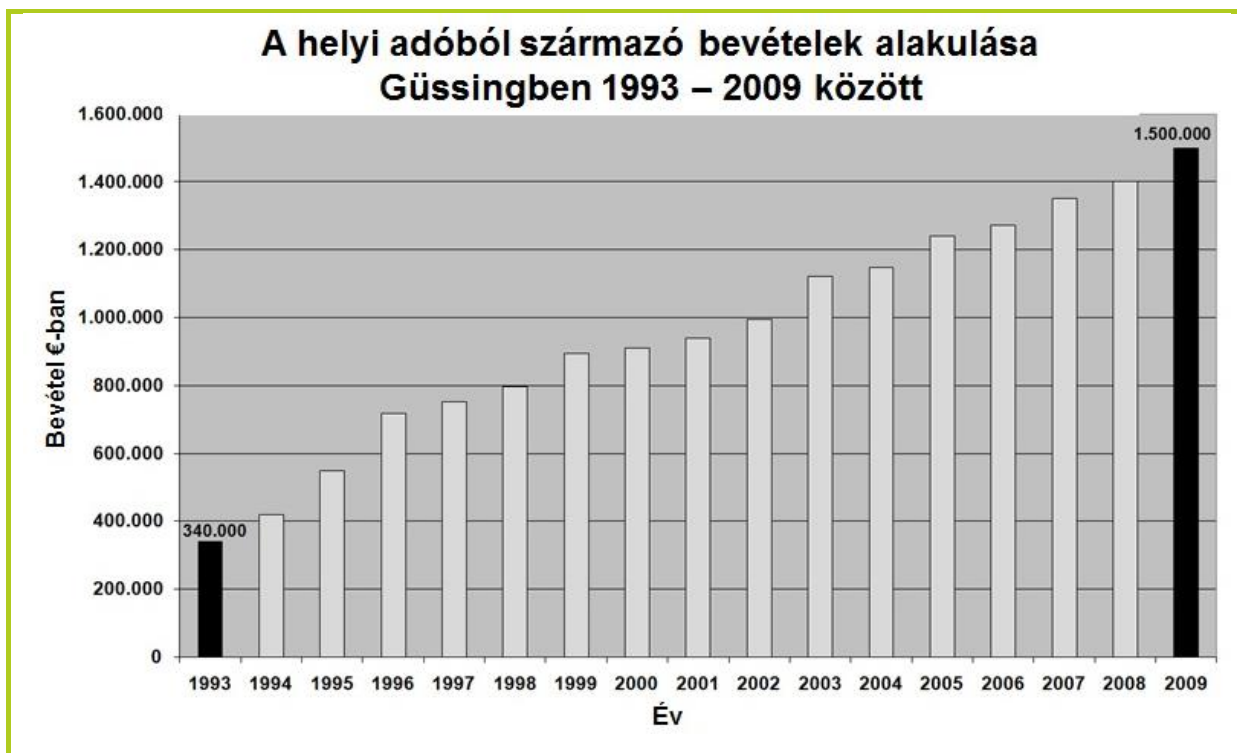
2002-ben a város megalapította a Megújuló Energiák Európai Központját, ami azóta is Európa egyik meghatározó intézményeként működik a megújuló energiaforrások tekintetében. Itt a saját munkatársak mellett egyéb megújuló energiaforrásokkal foglalkozó szakemberek képzése és továbbképzése is történik. A Központ tevékenységi körébe tartozik ezen kívül az energia-tanácsadás, megvalósíthatósági tanulmányok készítése, projektmenedzsment és EU-s projektek lebonyolítása. Hetente átlagosan 400 látogatót fogadnak a világ minden pontjáról, azonban ebből nem csak a Központ profitál, hiszen a turizmuson keresztül nőtt a vendégéjszakák száma, az éttermek és üzletek forgalma is (FVM, 2009).<sup>20</sup>

A városban a beruházások óta több mint 50 cég telepedett meg 1100 munkahelyet teremtve. A cégek és a város számára is kedvezők, hogy az energiafelhasználás költségei a helyi megújuló energiaforrások révén a térségben maradnak, így elősegítik a gazdaság és a város további fejlődését.



Az ábrából is kiderül, hogy a helyi energiatermelés esetén a pénz közvetlen vagy közvetett módon visszajut a lakossághoz, ezzel további beruházásokra/fejlesztésekre adva lehetőséget.

<sup>20</sup> Forrás: FVM, 2009: A güssingi energia-önellátó modell – FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest. 2009. 10 p.



5.9 számú ábra: A güssingi bevételek alakulása (Güssing városa)

### 5.3 Wildpoldsried – Németország

Wildpoldsried települése a megújuló energiatermeléséről és a Smart Grid rendszeréről híres, köszönhetően annak, hogy az elmúlt években 500%-al több energiát termelt a saját fogyasztásánál.<sup>21</sup> A Bavaria régióban található 2600 lélekszámú település a felesleges energiát az országos hálózaton értékesíti.

Ekkora túltermelés a helyi fogyasztás ellenében komoly kihívást jelent a rendszerirányítók számára. A probléma kezelésére a regionális szolgáltatók közül az AÜW és a Siemens kezdett a településen smart grid rendszerek tesztelésébe, amelyek automatikusan szabályozzák és elosztják a megújulókat által termelt energiát a hálózaton.

Mára a Wildpoldsried smart grid rendszer szintjén képes állandóan fenntartani a villamosenergia-rendszer stabilitását, és időben összehangolni a termelést a fogyasztással. A település tagja az IRENE<sup>22</sup> projektnek, amely segíti a német kezdeményezést, hogy az ország 2050-ig az energiafogyasztásának 80%-át megújulókból állítsa elő. Rövid időtartamokra (néhány perc) már ma is előfordul, hogy Németország villamosenergia-fogyasztásának megközelítőleg 80%-át megújulókat állítják elő, általában vasárnapokon, amikor jellemzően alacsony a fogyasztás.<sup>23</sup>

Wildpoldsried tökéletes mintaterületnek bizonyult a smart grid rendszerek tesztelésére, mert a település már 2010-ben is kétszer annyi energiát állított elő megújulókból, mint amennyit fogyasztott. **A település tapasztalatai ezért Zalaegerszeg Smart City koncepciója számára is számos tanulsággal szolgálhatnak.**

---

<sup>21</sup> Forrás: <http://www.renewableenergyworld.com/articles/2014/11/a-small-town-in-germany-becomes-a-testing-ground-for-a-smart-grid.html>

<sup>22</sup> Forrás: Integration Regenerativer Energien und Elektromobilität (<http://goo.gl/GR5aj5>)

<sup>23</sup> Forrás: [http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/renewables-come-closer-to-covering-100-of-german-demand\\_100020738/#axzz3oMrPFWTi](http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/renewables-come-closer-to-covering-100-of-german-demand_100020738/#axzz3oMrPFWTi)



5.10 számú ábra: Napelemek és szélérőművek Wildpoldsried városában



5.11 számú ábra: Napelemek a wildpoldsriedi épületek tetejének déli oldalán

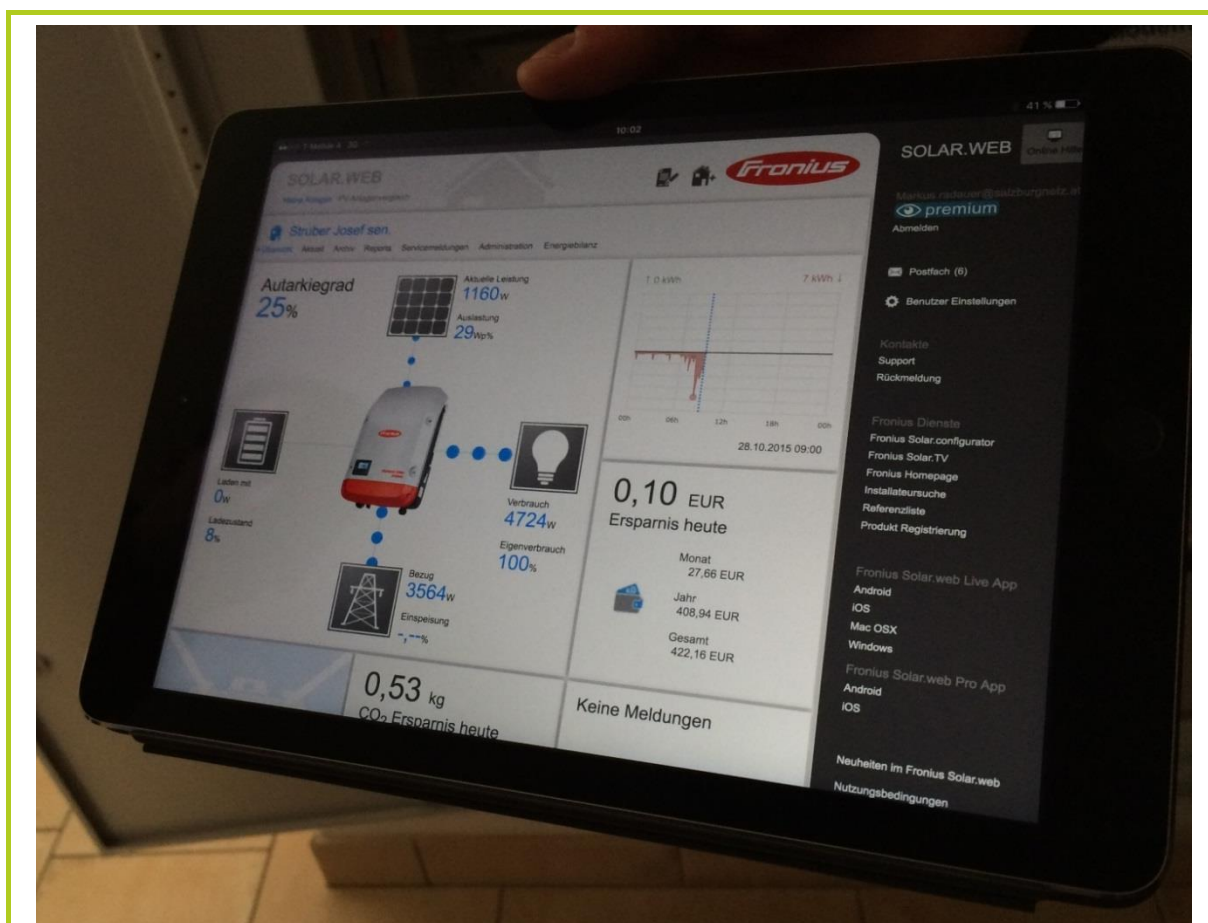


## 5.4 Salzburgi térség – Ausztria

Köstendorf városa a Salzburgi modellrégió tagja és komoly lépéseket tesz egy smart grid rendszer kialakításához. Itt a lakosok már több mint 40 elektromos autóval, 225 kWp háztartási napelemmel, számos háztartási méretű akkumulátorral és további megoldásokkal rendelkeznek. A hálózatirányítók a városban egy Smart Grid rendszert tesztelnek. **Azt igyekeznek bebizonyítani, hogy annak ellenére, hogy a városban a villamosenergia-termelés ~50%-a időjárásfüggő napelemekből származik és, több mint 40 elektromos autó található a városban, az ellátásbiztonság nem csökkent.**<sup>24</sup>

A településen egy oktató és turisztikai célú tanösvény működik, amelyet energiaösvény névvel láttak el. Ezen végighaladva az érdeklődők több állomáson nyerhetnek betekintést egy Smart Grid alapvető elemeibe.

A Smart Grid rendszernek része néhány háztartási akkumulátor és egy online monitoring rendszer is, amelyen valós időben láthatóak a villamosenergia- fogyasztással, termeléssel és a tárolással kapcsolatos információk, illetve szám adatok.



5.12 számú ábra: A köstendorfi smart grid rendszer monitoringja telefonról és táblagépről is intézhető (Havas M. felvétele)

<sup>24</sup> Forrás: Walter Shaffer, Salzburg Netz GmbH

Az ausztriai Salzburg városában bizonyos társasházak összes lakóját úgy sikerült meggyőzni az épületek energetikai korszerűsítéséről, hogy a kivitelezéskor mindegyik lakáshoz egy erkély építését ajánlották fel. Az ilyen korszerűsítések során fontos a teljes lakóközösség beleegyezése, hiszen nem mindenki vélekedik azonos módon a beruházásról. A kételkedő lakók általában az elhúzódó építkezésre, a feújítással járó zajhatásokra és a költségekre hivatkoznak. Az „ajándék” erkély ötletével viszont még ők is ígéretesnek tekinthetik az átalakítást.



5.13 számú ábra: Épületkorszerűsítés, melynek keretében a lakók erkélyt kaptak (Salzburg, Ausztria) a lenti képen pedig egy potenciálisan felújítandó társasház Zalaegerszegen (Havas M. felvételei)



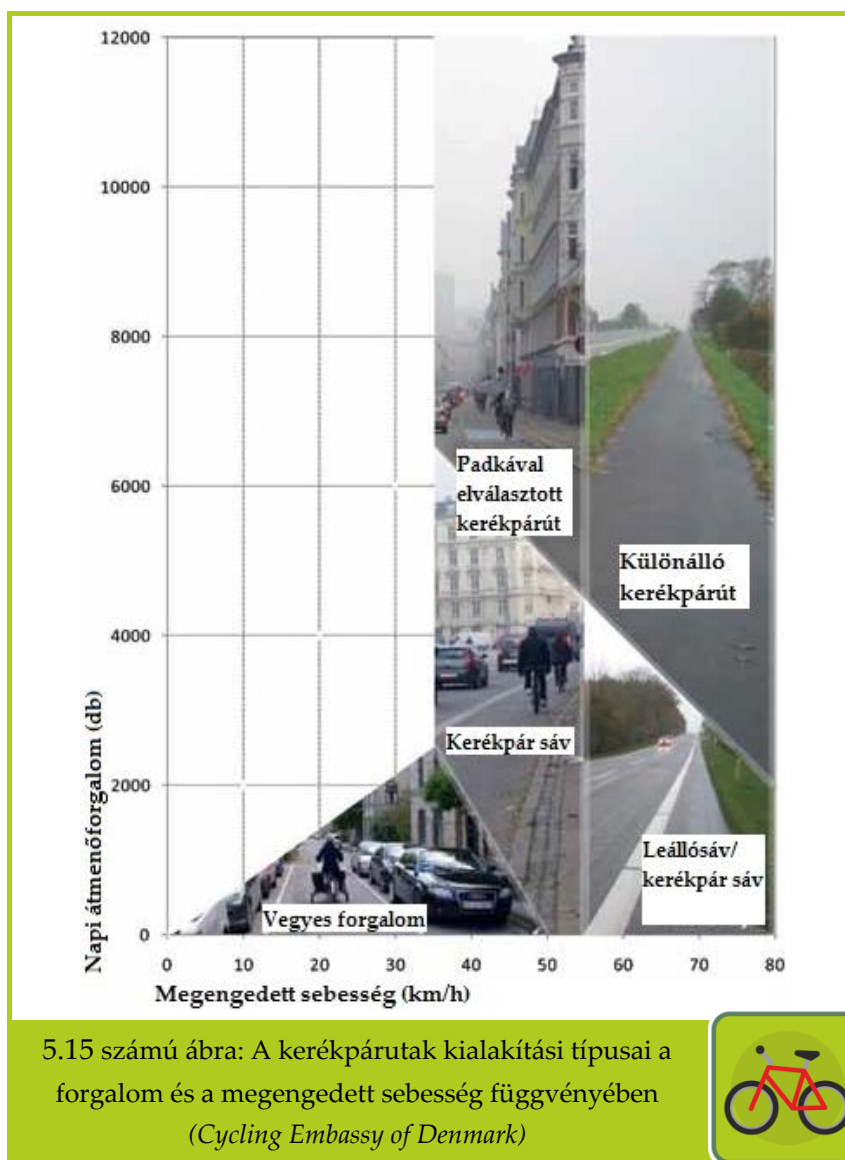
## 5.5 Adaptálható kerékpáros megoldások



5.14 számú ábra: A dán bicycle snake (kerékpár kígyó) Koppenhága városában  
(City of Copenhagen)



Az elsősorban kerékpáros közlekedést támogató ötletek közül kiemelkedő az északi országok szerepvállalása. A dán fővárosban épített látványos kerékpáros híd Vesterbro-t és Islandbrygge városrészt köti össze egymással 6-7 méteres magasságban a part és az öböl felett meanderezve. A 4 méter széles átkelő nagy könnyebbséget jelent a kerékpáros forgalomnak, a helyiek előszeretettel használják.



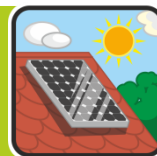
5.15 számú ábra: A kerékpárutak kialakítási típusai a forgalom és a megengedett sebesség függvényében  
(Cycling Embassy of Denmark)

A kerékpárutak javasolt kialakítását nagyban befolyásolja az útvonalon átmenő napi forgalom és az adott útszakaszon megengedett legnagyobb sebesség. Így a fenti diagramról leolvasható, hogy az alacsony forgalmú és kis sebességű utakon a kerékpárosok a gépjárművekkel közlekedhetnek. Ezzel szemben a forgalmas, nagy sebességű útvonalakon a gépjármű és a kerékpáros forgalom csak egymástól elszeparáltan (különálló kerékpárúton) lehet életképes.

Kialakítandó kerékpárút típusa	Napi átmenő forgalom	Megengedett legnagyobb sebesség
Vegyes forgalmú út	0-2000 db	50 km/h
Kerékpársáv	2000-5000 db	50-60 km/h
Padkával elválasztott kerékpársáv	>5000 db	50-60 km/h
Leállósáv/Kerékpársáv	0-3000 db	>80 km/h
Különálló kerékpárút	>3000 db	>80 km/h

5.1 számú táblázat: Kerékpárút típusok kialakítása a napi átmenő forgalom és a megengedett legnagyobb sebesség függvényében

## 6. Napenergia

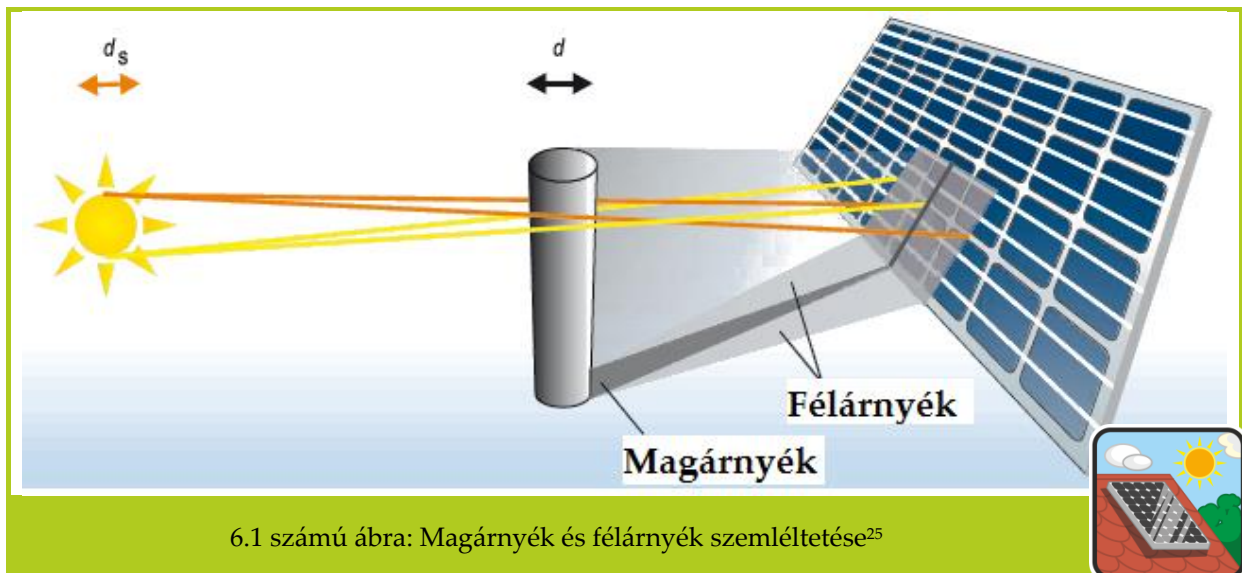


### 6.1 Napelemek

A napelemeket - vagy más néven fényelektromos elemeket –, melyek a napenergiát villamos energiává képesek alakítani -, fontos megkülönböztetni a napkollektoroktól, amelyek hőenergiává alakítják a napenergiát. Sajnos a médiában a mai napig összekeverik a két technológiát. A napelemek a leginkább integrálható megújuló energiaforrások a városi környezetbe. Ez lehetőséget teremt az energiafelhasználás helyszínén megtermelni a szükséges energia egy részét vagy egészét, vagyis az önellátást segíti elő.

A napelemek számunkra hasznos energia-átalakító képessége nem éri el a napkollektorok 75-90% hatásfokát, technológiától függően 10-22% között változik -, az újtechnológiában a 42% hatásfok is előfordul. Részünkről most azok a technológiák fontosak, amelyek a zalaegerszegi meteorológiai viszonyokat jól ki tudják használni, és költségeit tekintve is megfelelőek az energia-önellátási célokhoz.

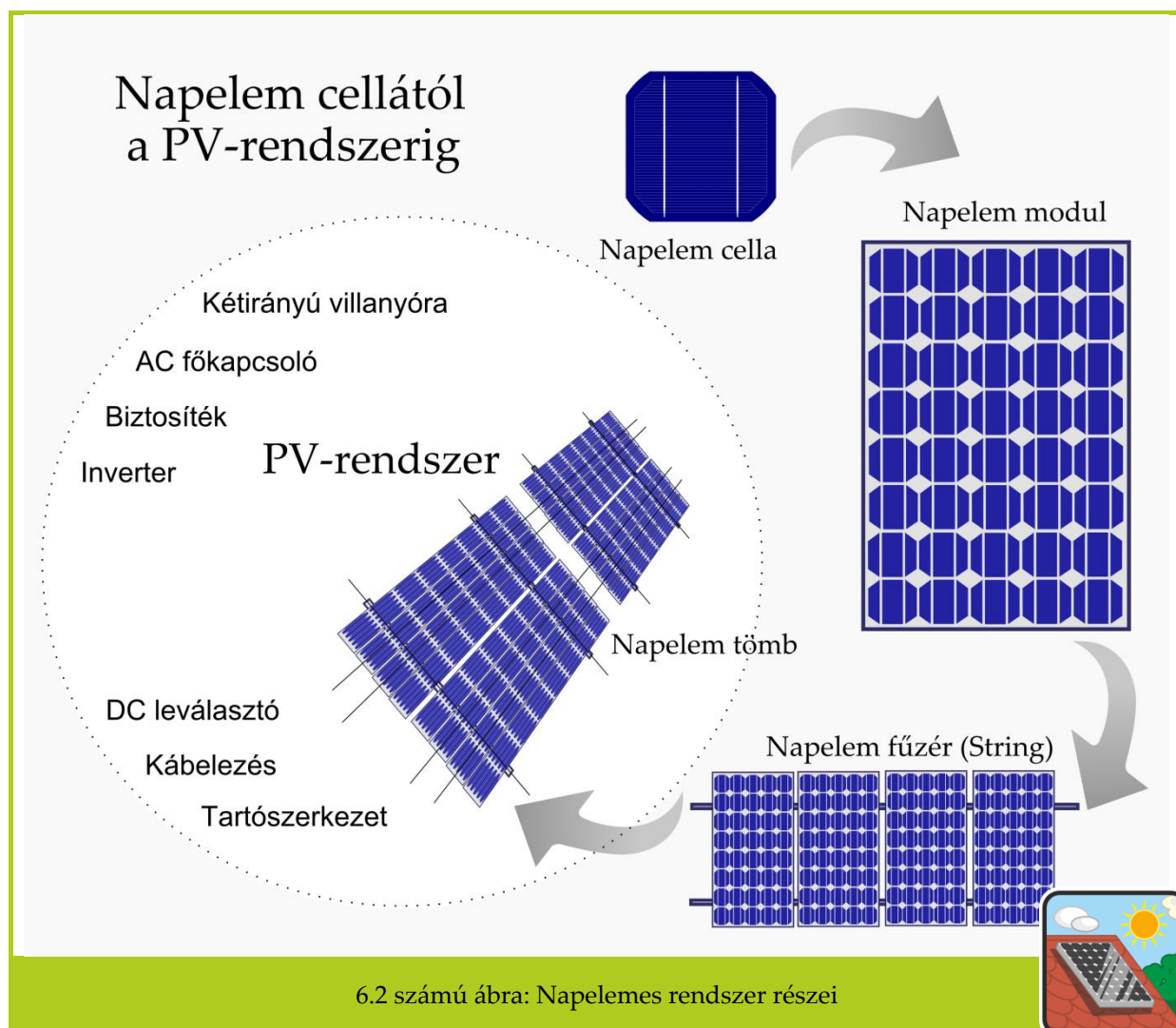
Zalaegerszegen azt lehet mondani, hogy a nappali órák számának szinte egésze alkalmas napelemen keresztül villamos energiatermelésre. Azonban a napelemek pillanatnyi teljesítménye – érthető módon – erősen függ az aktuális napsütés erősségétől, amit globális sugárzásnak (GHI) hívunk, és értékét vízszintes felületen mérve  $W/m^2$  mértékegységben szokás megadni. A globális sugárzás értéke 0 és  $1000 W/m^2$  között változik. A globális sugárzás az ún. direct sugárzásból és a szórt vagy diffúz sugárzásból tevődik össze, megoszlásuk éves és napi szinten is folyamatosan változik. Míg nyáron a direkt sugárzás a jellemző, addig ősszel és télen a szórt sugárzás a gyakoribb, vagyis az iránytalan fény jelenléte. Egyszerűen úgy lehet fogalmazni, hogy túlnyomóan szórt sugárzás esetén nem látszik élesen kirajzolódó árnyék (télen), míg döntően direkt sugárzásban éles sötét árnyékokból könnyen felismerhető a napsugárzás iránya. A jelenlegi (2015) kiemelkedően magas hatásfokú napelemes rendszerek (25% hatásfok felett) szinte kivétel nélkül ún. koncentrátoros rendszerek, amelyek a nagyarányú direkt sugárzást képesek fókuszálni valamilyen segéd berendezés segítségével. Utóbbiak hatásfoka elérheti a 35-42%-ot is, azonban ezek nem illeszkednek Zalaegerszegre a viszonylag kevés direkt sugárzás és a sokszoros fajlagos költségtöbblet miatt.



A napelemes rendszerek elemi része a cella, ami általában négyzet alakú (durván tenyérynyi) legtöbbször szilícium lapocska. A cellákat sorba kötve magasabb feszültségű modulokká szervezik (60-92 cella), ez az ún. modul vagy napelem tábla - néha panel néven is említik -, ezeket láthatjuk a tetőkön leginkább ma még alumínium kerettel. A modulokból sorba kötve kialakított egység a fűzér vagy string. A fűzér egy technológiai egység, a legtöbb esetben ez ránézésre nem elkülönülő része az egésznek. A fűzerek egy elkülönült csoportját tömbnek (array) szokás hívni - kb. 20-40 modult foglal magába. Míg egy helyszínen telepített napelemek összességét napelem mezőnek vagy csak mezőnek hívjuk, egy mező állhat néhány tíz, de akár egymillió modulból is.

<sup>25</sup> Forrás: 2015. november 19. [http://www.dgs-thuringen.de/download/Infosheet\\_solar\\_specialist\\_course\\_PV.pdf](http://www.dgs-thuringen.de/download/Infosheet_solar_specialist_course_PV.pdf)





Egy napelemes rendszer által szolgáltatott pillanatnyi teljesítmény elsősorban a napsugárzás intenzitásától függ. Egy 10 kWp (10000 Wp) csúcsteljesítményű rendszer pillanatnyi teljesítménye is lehet csak 10-20 W, ha ködös/borús az idő, vagy napkelet, ill. napnyugta idején. **Az energia önellátó rendszerekben betöltött szerepe miatt fontosabb, hogy a napelemek szórt sugárzás (pl felhős idő) esetén hogyan teljesítenek, mintsem hogy mekkora a csúcsteljesítmény.** Ha a napelemek a nappali órák túlnyomó többségében képesek energiát szolgáltatni kisebb és alacsonyabb költségű tárolóra lesz szükség, ami költség megtakarítást jelent. A sajtóban sokat emlegetett napsütéses órák száma félrevezető adat a napelemes energiatermelés szempontjából. A napsütéses óra egy meteorológiai fogalom, csak annyit jelent, hogy a napsütés intenzitása nagyobb, mint  $120 \text{ W/m}^2$  - aktuális értéke  $120 \text{ W/m}^2$ -től  $-1000 \text{ W/m}^2$ -ig változhat -, vagyis a napelemek teljesítménye és hozama akár  $\sim 4-8$  szoros különbséget is mutathatna, ha a napsütéses órákból indulnánk ki. Energetikában ezért a napsütéses órák számát modellszámításhoz nem használjuk.

Többféle félvezető elemből lehet kialakítani napelemet, ezek tulajdonságai részben eltérnek. A legfontosabbakat említjük a szerint, hogy milyen részfeladatra mely típusok a legalkalmasabbak.

## 6.1.1 Napelem típusok

### Szilícium alapú napelemek

A köztudatban a legismertebb napelem típusok, Zalaegerszezen is az esetek ~95%-ban ilyenekkel lehet találkozni. Ezek fekete - régebben kékes - négyzet alakú cellákból összeállított modulok. Három típusuk terjedt el:

- monokristályos
- polikristályos
- amorf szilícium.

- Polikristályos napelemek

Jelenleg gyártástechnológiájuk miatt a legjobb ár-érték mutatójú napelemek olyan helyszínekre, ahol van elegendő hely és ritkán vagy rövid időre árnyékos a telepítési hely. Másik ismert nevük: multi kristályos napelem.

Legelterjedtebb (2015 negyedik negyedévében) 60 cellás polikristályos:  
teljesítmény: 260 Wp  
modul hatásfok: ~15,8%  
felület igény nettó ~6,32 m<sup>2</sup>/kWp

A világrekorder polikristályos 243 cm<sup>2</sup> méretű cella hatásfoka 21,15%<sup>26</sup>. Ez azt is jelenti, hogy a 60 cellás polikristályos modulok ~310 Wp körüli teljesítményig még biztosan fejlődnek, van még tartalék ebben a technológiában.

A polikristályos cellákat hagyományosan (és ma még legelterjedtebben) több száz kilogrammos egyben kiöntött szilícium tömbökben gyártják, amit azután sok hulladék keletkezése mellett cella szeletekre (ún. wafer vagy ostya) vágnak és políroznak. A legújabb technológiával - ún. Direct Wafer - már az egyes cellákat is le tudják önteni, amitől a gyártási költségek 40%-os költségcsökkenését várják. Ez további költségcsökkenést fog eredményezni a polikristályos napelemek fajlagos árában.

Legnagyobb hatásfokú típusaik az ún. kvázi (Quasi) mono cellák, ezek szilícium minősége közel azonos a mono kristályos szilícium minőségével, ugyanakkor olcsóbb gyártási technológiával állíthatók elő. Hátrányuk: kevés gyártó kínál ilyen modulokat.

- Monokristályos napelemek

Elsősorban magasabb hatásfokuk miatt fontos szilícium alapanyagú napelem fajta, tekintve hogy a szűkös energiatermelő helyekről (Pl: korlátra szerelt napelem) is értékelhető mennyiségű energia gyűjthető be. Ezeket a napelemeket szokás napkövető rendszerekre is

---

<sup>26</sup> Forrás: <http://www.sunwindenergy.com/photovoltaics/trina-solar-new-efficiency-record-2125-multicrystalline-cell> 2015.11.13

telepíteni. Zalaegerszegre a napkövetőket nagyobb fajlagos terület igényük miatt nem javasoljuk.

Legelterjedtebb (2015 negyedik negyedév) 60 cellás mono modul: teljesítmény: 265 Wp modul hatásfok: 15,81% felület igény nettó ~6,32 m <sup>2</sup> /kWp	Kapható legjobb (2015 negyedik negyedév) 60 cellás mono modul: teljesítmény: 320 Wp modul hatásfok: 19,5% felület igény nettó ~5,12 m <sup>2</sup> /kWp
--	---

- Amorf szilícium - a-Si - napelemek

Ma már sokat vesztek jelentőségükből, mivel hatásfokok ~10% körül maradt, ezáltal viszonylag nagy helyigénnyel jár a telepítésük. Élettartamuk is általában elmarad a többi napelemétől. Zalaegerszegre a legtöbb helyszínre nem javasoljuk, esetleg esztétikai szempontból kerülhet szóba homogén fekete modulképe miatt.

### Legnagyobb hatásfokú Si modulok a piacon

- SolarCity 22,04% modulhatásfok csak saját felhasználásra gyártja, felület igény nettó ~4,53 m<sup>2</sup>/kWp
- Panasonic 72 cellás prototípus 270 Wp modulhatásfok 22,5% felület igény nettó ~4,44 m<sup>2</sup>/kWp
- Panasonic HIT N330 96 cellás 330 Wp modulhatásfok 19,7% felület igény nettó ~5,07 m<sup>2</sup>/kWp
- SunPower X21-345 96 cellás 345 Wp modulhatásfok 21,5% felület igény nettó ~4,65 m<sup>2</sup>/kWp

### Többrétegű szilícium alapú napelemek

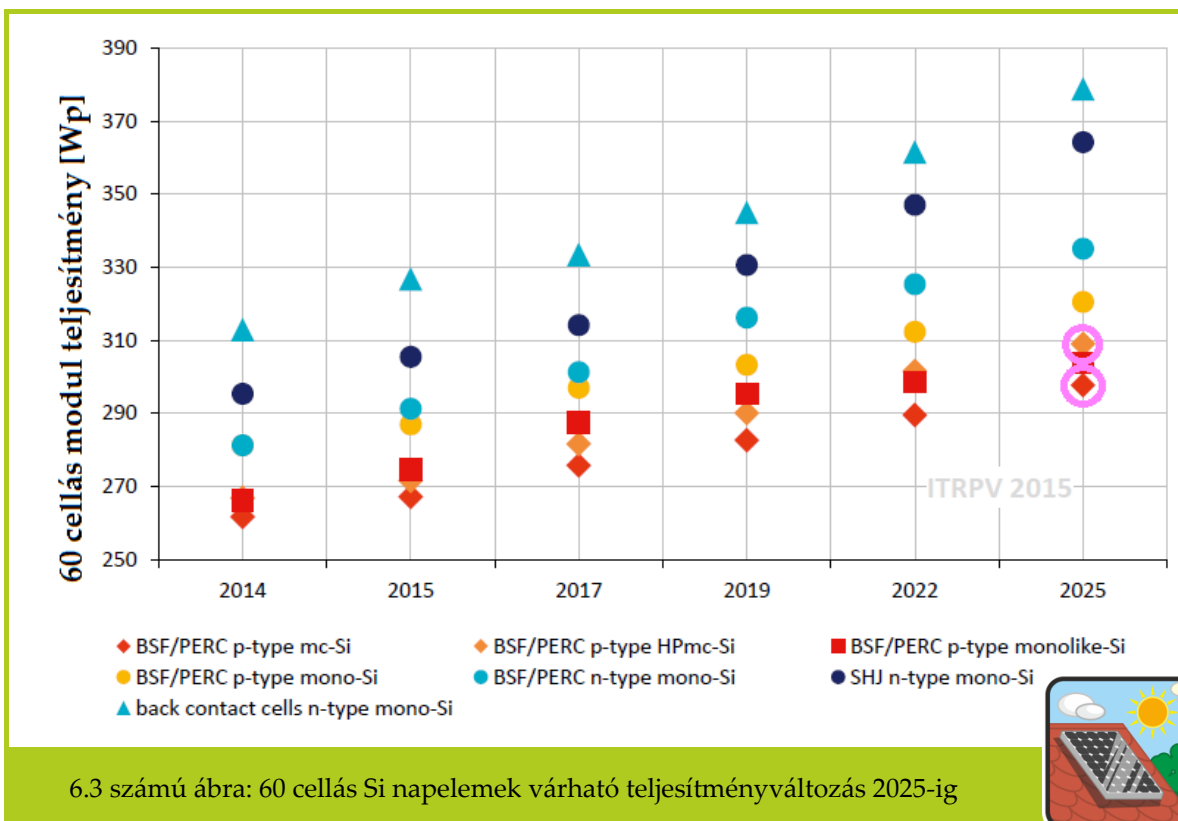
~2025-től az ún. többrétegű napelemektől lehet várni a legmagasabb teljesítményt, mivel a Si alapú napelemek fizikai korlátai más anyagok bevonását igénylik a hatásfok gazdaságos növelése érdekében.

A többrétegű napelemek közül a perovszkit alapú napelemeket tartják a legígéretesebbnek. Ezek az ún. perovszkit-szilícium tandem napelemek. Elméleti hatásfokuk meghaladja a tisztán Si napelemekét. Így 2050-re elérhetik a tömegtermelésben és gazdaságos áron beszerezhető napelemek a 30-32% hatásfokot is, ami összehasonlításul egy 60 cellás modul esetén 500-510 Wp teljesítményű modult jelentene.

Jelenleg a laborszintű egyrétegű perovszkit napelem cellák hatásfoka: 21%<sup>27</sup>

<sup>27</sup> Forrás: [http://www.dyesol.com/media/wysiwyg/Documents/2015-asx-announcements/2015-12-08-World\\_Record\\_Efficiency\\_GER.pdf?utm\\_source=newsletter&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=PHOTON+Newsletter+-+International+edition+from+December+9%2C+2015+&newsletter=PHOTON+Newsletter+-+International+edition+from+December+9%2C+2015+](http://www.dyesol.com/media/wysiwyg/Documents/2015-asx-announcements/2015-12-08-World_Record_Efficiency_GER.pdf?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=PHOTON+Newsletter+-+International+edition+from+December+9%2C+2015+&newsletter=PHOTON+Newsletter+-+International+edition+from+December+9%2C+2015+)





6.3 számú ábra: 60 cellás Si napelemek várható teljesítményváltozás 2025-ig

A fenti ábra jobb oldalán rózsaszín körökkel van jelölve a ma elterjedt napelemek várható teljesítménye. 2025-ben 295-305 Wp modulok lehetnek majd széleskörűen elterjedtek.<sup>28</sup>

**Gazdasági szempontból** nem érdemes a napelemek hatásfok javulási várakozása miatt elodázní a beruházásokat, mivel **a napelemek hatásfok javulása nem haladja meg az időközben megtermelt energia értékét**. Vagyis ha ma telepítenek egy naperóművet, de jövőre jobbat lehet majd venni ugyanekkora tökéből, akkor is megéri még ma megépíteni, nem kell a hatásfokjavulásra várni. Ezt a folyamatot csak erősíti, hogy **a banki hozamok nem érik el a napelemek energia költségcsökkentésével elért megtakarítás értékét**. Tehát a legtöbb esetben a napelemes beruházás megvalósítása jobb befektetés, mint a hagyományos bankbetét.

### Vékonyfilm napelemek

A vékonyfilm napelemek általában üveg felületre gőzölt félvezető elemekből kialakított modulok. Csoportosító nevüket a félvezető réteg vékonysága miatt kapták.

### CIGS réz-indium-gallium-szelén és CIS napelemek

A CIGS alapanyagú napelem előnye, hogy a modulok általában kisebb teljesítmény veszteséget szenvednek el részben árnyékos helyeken. Ami a cellák alakjának (hosszú csíkszerű cellák) és a kapcsolásuknak a következménye. Másik előnyük, hogy a magas

<sup>28</sup> Forrás: <http://www.itrpv.net/Reports/Downloads/2015/> 2015. november 19.

hőmérsékletre kevésbé érzékenyek, mint a Si alapú napelemek. Olyan telepítési helyekre javasoljuk, ahol a CIGS napelemek homogén egybefüggő felülete esztétikai előnyt jelent (pl belvárosi homlokzatra szerelt napelem), illetve ahol az árnyékoltság és a napelem melegezés is gyakran jelentkezik. Pl. részben árnyékolt lemezfedésű épületek.

Hátrányuk, hogy jelenleg még kisebb hatásfokúak, mint a Si alapú napelemek és egységjeljesítményre vetített áruk is magasabb, mint a leggyakoribb poly Si napelemeké. Ami még negatív, hogy az egyik alapanyag, az indium hosszú távú elérhetőségével kapcsolatban is vannak aggályok, mivel igen ritka fém. Bár fontos kiemelni, hogy egy Wp-re jutó félvezető anyag akár 1/100-a is elegendő lehet a vékonyfilm napelemek előállításához a Si napelemekhez viszonyítva. Kapható CIGS napelemek modulszintű hatásfoka 13-14%!

Labor szintű cella rekord 22,3%<sup>29</sup>

Gyártók:

- Solar Frontier
- Manz Ag
- Tmsc Solar

### 6.1.2 Napelem választás szempontjai beszerzéskor

#### Méret

Javasolt elsősorban az ún. 60 cellás típusok közül választani, melyek mérete: ~1650 mm × ~1000 mm, mert ezek a piacon még sokáig elérhetőek maradnak és így csere vagy kiegészítés esetén könnyebben beszerezhetőek. Közép és hosszú-távú, valamint repowering (lásd később) költséghatékonyság szempontból is ezt a méretet javasoljuk. Második leggyakoribb méretet az ún. 72 cellás elsősorban földre telepített naperóművekben alkalmazzák, méretük ~1950 mm × ~1000 mm.

#### Időjárás és korrózió állóság

Ma már elvárás az 5400 Pa (~550 kg/m<sup>2</sup>) (piaci legjobb 6000 Pa) hó terhelés és a 2400 Pa (245 kg/m<sup>2</sup>) (piaci legjobb 5400 Pa) szélterhelés elleni ellenállóság. A jégeső védettség szempontjából ma már megjelentek olyan típusok is, amelyet ún. kiegészített jégeső védelemmel gyártanak (jobb minőségű üveg), így kibírja az 55 mm átmérőjű 80 grammos 122 km/h (!) neki csapódó jégesőt is.<sup>30</sup>

A 25 mm átmérőjű jégeső állóságot ma már minden IEC 61215 teszten átesett modul képes elviselni. Mezőgazdasági területen telepített napelemeknél célszerű ammóniaálló napelemet választani, és tesztet igazoló dokumentumot is bekérni.

---

<sup>29</sup> Forrás: <http://www.pv-tech.org/news/solar-frontiers-record-efficiency-22.3-cis-cell-faces-global-market-challen>  
2015.12.09.

<sup>30</sup> Forrás: <http://www.superiorsolar.com.au/wp-content/uploads/2011/05/PM-PowerPlus-Hail-test-ENG.pdf>  
2015.óktóber 7.

## **Teljesítménnyel és hozammal összefüggő tulajdonságok:**

### **Teljesítmény túréshatár**

A ma kapható tipikus napelemet nullás vagy pozitív teljesítmény túréshatárral szállítják, ami azt jelenti, hogy minimum a névleges, de néhány gyártónál plusz 1-3% többlet teljesítmény is előfordulhat. Ez számunkra előnyös, hiszen egy 250 Wp csúcsteljesítményű napelem valós szállításkori teljesítménye akár 257 Wp is lehet, bár nem gyakori.

### **Degradáció**

A degradáció a napelemek „öregedési” mutatója, azt mutatja meg, hogy az évek múltával hogyan veszít a teljesítményéből a napelem. A legjobb napelemek ~0,5 %/év teljesítmény csökkenést szenvednek el 25 év átlagában, ami összesen 12,5%. Az átlagos napelemek 25 évre vonatkoztatott teljesítményvesztése 20%. Ez utóbbit ma már minimum követelménynek tekinthetjük.

### **Hőmérsékleti együttható a teljesítményre (P)**

Ez a szám azt mutatja meg, hogy Szabványos Teszt Körülményekhez képest (STC), azaz a 25°C-hoz képest a napelem cella felmelegedése vagy lehűlése hány %-ban változtatja meg a napelem kimenő teljesítményét. Szilícium cellás napelemeknél ma elfogadható értéke legfeljebb -0,45 %/K (°C).

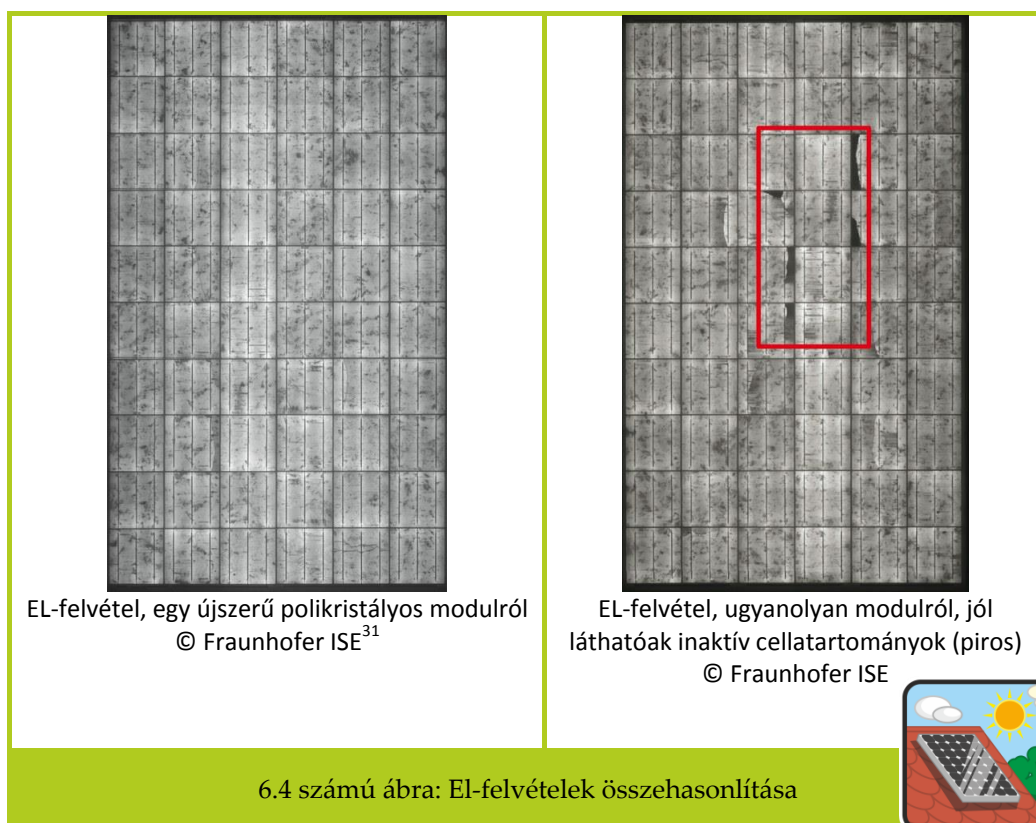
A napelemek hazánkban ~ 70 °C körüli hőmérsékletre is melegedhetnek tartós nagy melegben, így egy névleges teljesítményen 250 Wp modul teljesítménye ~230 Wp-re is lecsökkenhet kánikulában, - emiatt fontos a minél kisebb értékű hőmérsékleti együttható (ebben a mutatóban általában a CIGS alapanyagú modulok a legjobbak).

### **Alacsony sugárzási intenzitásnál mért teljesítmény:**

100-200 W/m<sup>2</sup> napelemet elérő sugárzási intenzitásnál (low light) a napelemek néhány százalékkal a várható teljesítmény alatt teljesítenek. Az energia-önellátás szempontjából fontos, hogy ezekben az alacsony sugárzási intenzitásnál mért teljesítmények (elsősorban télen) ne csökkenjenek jelentősen, hiszen így a napelemek használati értéke csökken. A jó minőségű napelemek adatlapján leolvasható a 100-200 W/m<sup>2</sup> intenzitáson várható teljesítmény, így az energiaellátó rendszer jobban tervezhető. Városi léptékű erőmű esetén ezt a mutatót mindenképp érdemes vizsgálni, összehasonlítani az ajánlatadók között.

### **Utólagos tesztek**

A legjobb minőségű napelemek több teszten is átesnek mielőtt eladásra kerülnek. Ezek közül legfontosabb az ún. elektrolumineszcencia teszt, ami a napelemek gyártáskor keletkező mikro repedéseit képes láthatóvá tenni, megjeleníteni. Ezért a „100% EL-Test passed” feliratot szerepeltetők közül érdemes választani.



A jobb oldali ábrán látható napelemnél 3,9%-os teljesítmény veszteséget mértek!

A jobb napelem modulokra elvégeztetik az ún. sópára (salt mist) korrózió állósági tesztet is, (IEC 61701) ami szintén jó indikátora lehet a jó minőségű gyártói anyag megválasztásnak, gondoljunk csak a csatlakozók korróziójára.

### Garancia

2015-ben az elvárható (szinte átlagos) gyártói garancia 10 év.

### Független külső tesztek, tanúsítványok

A független külső tesztek jelentik a legjobb összehasonlítást a közel azonos tulajdonságú napelemek megítélésékor. Ezek közül a legelfogadottabbak a PHOTON magazin szabadban végzett tesztjei, illetve a TÜV PV+test eredményei.

A TÜV PV+test tesztje megadja az alacsony intenzitásnál ( $200 \text{ W/m}^2$ ) mért - tehát valós - hatásfokváltozást, és a mért - tehát valós - hőmérsékleti együttható értékét is 3 tizedes jegy pontossággal.

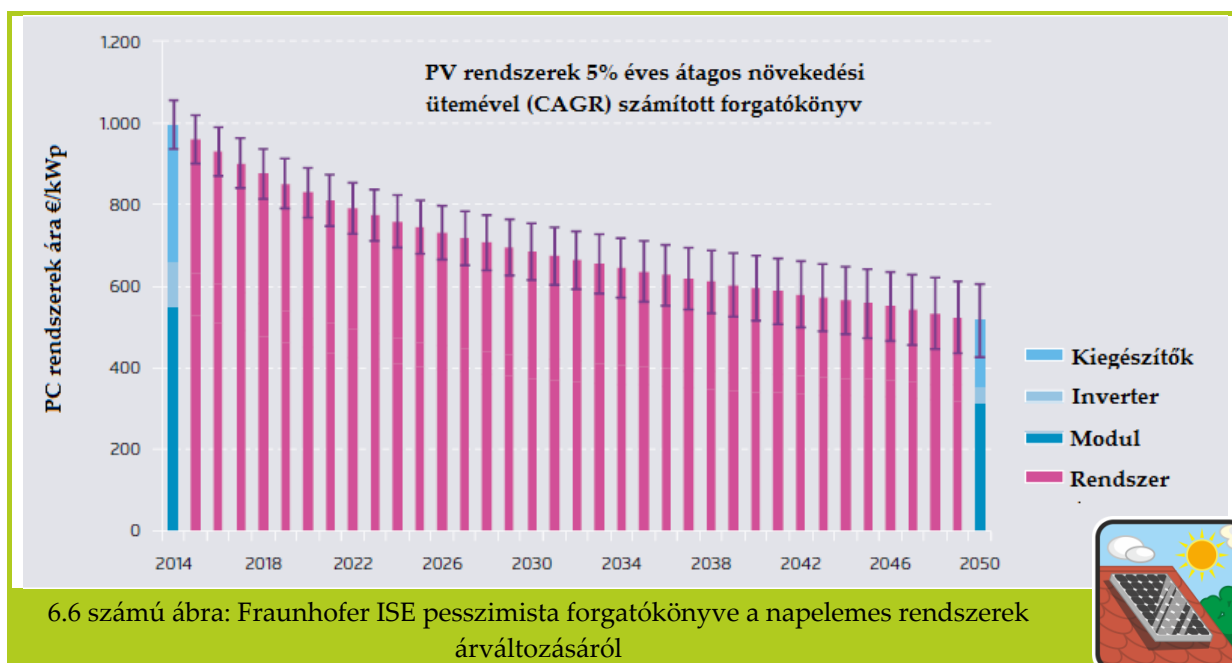
A teszt hátránya, hogy viszonylag kevés típushoz elérhető. Elsősorban a prémium kategória napelemeihez találni eredményeket.<sup>32</sup>

<sup>31</sup> Forrás: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/photovoltaische-module-und-kraftwerke/themen/photovoltaische-kraftwerke/fue-leistungen/charakterisierung-von-pv-modulen/charakterisierung-von-pv-modulen-elektrolumineszenz-tests-an-pv-modulen> 2015. október 6.



A PHOTON teszthei kvázi ranglistát adnak a napelemek között. Előnye, hogy több száz napelem gyártó termékéről érhető el hiteles adat.

### Napelem rendszerek várható árváltozása

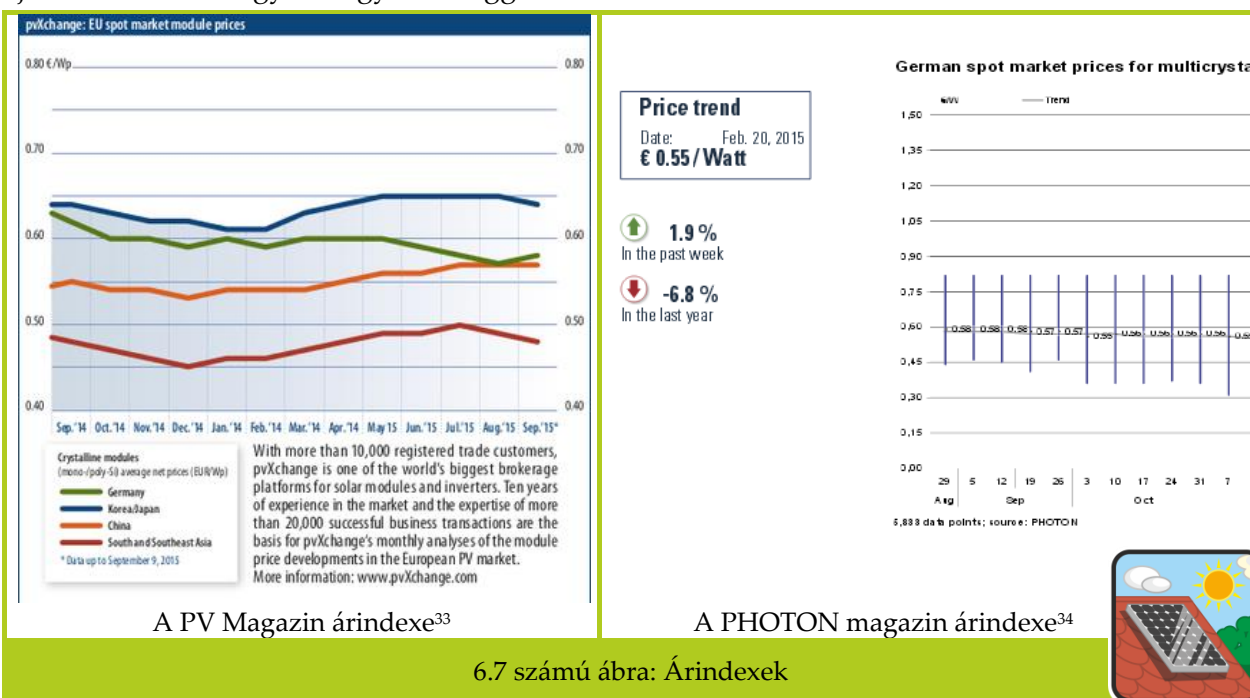


<sup>32</sup> Forrás: [http://www.pvtest.de/index\\_en.html](http://www.pvtest.de/index_en.html) 2015. október 6.

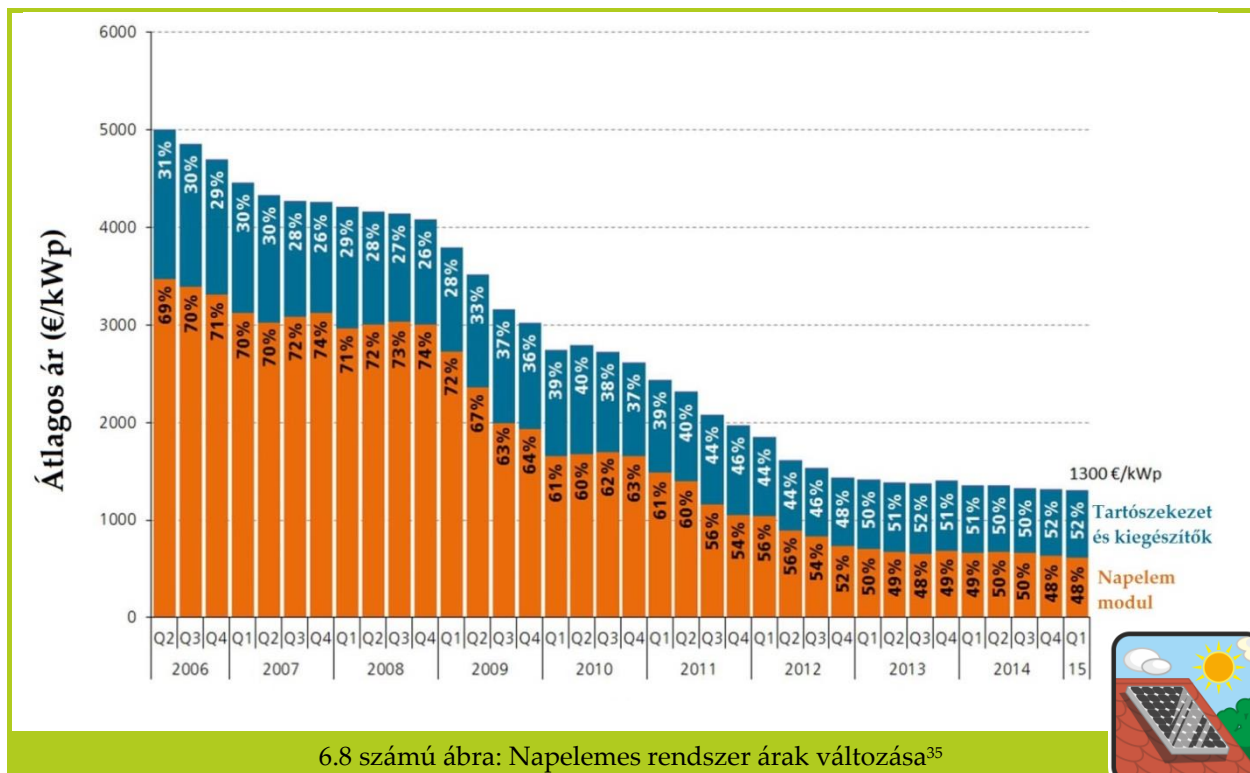


## Árindexek

A napelemek árváltozásáról több megbízható világszerte és európai árindex is elérhető. Jellemzően névleges teljesítményre fajlagosított €/Wp árbán kifejezve. Az árindexek jellemzően heti vagy havi gyakorisággal frissülnek.



6.7 számú ábra: Árindexek



<sup>33</sup> Forrás: <http://www.pv-magazine.com/investors/module-price-index/#axzz3nngUkXRT>

<sup>34</sup> Forrás: <http://www.photon.info/newsletter/document/91414.pdf>

<sup>35</sup> Forrás: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/downloads/pdf-files/aktuelles/photovoltaics-report-in-englischer-sprache.pdf> 2015. november 19.

A fenti ábrán látható az egyre lassuló költségcsökkenési ütem, ezért sem érdemes elodázni a napelemes beruházásokat.

### Napenergia előrejelzés

A tároló rendszerek költségeinek kordában tartása érdekében fontos a minél pontosabb előrejelzés a megújuló energiatermelők terén, így a napenergia esetében is. Az IBM a Big Data elemzés és a gépi tanulás technológiákat felhasználva kifejlesztett egy predikciós szoftvert, ami 30 % pontosabb eredményt ad, mint a mostani legjobb előrejelző modell.<sup>36</sup> A rendszer jelenleg az Egyesült Államok 48 államában 5 km felbontású térképen tudja megadni a várható napsugárzás és szélenergia értékeket. A rendszer műholdfelvételeket, kamera képeket, és természetesen meteorológiai adatokat felhasználva számítja ki a várható hozamokat. **Amennyiben ~10 MW-os nagyságrendet eléri Zalaegerszegen a naperóművek mérete, már szükség lehet ilyen modellek felhasználására, mivel ezekkel költségmegtakarítást lehet elérni.**

### 6.1.3 Napelemek erkölcsi elavulása, második élete, repowering

A fentebb bemutatott napelem modulok fejlődéséből következik, hogy szűkös telepítési helyszíneken - pl. belvárosokban - megjelenik majd egy-egy napelemes rendszer bővítésének vagy cseréjének igénye, amint kedvező áron jobb teljesítményű napelemek lesznek elérhetőek. Hasonlóan ahhoz, ahogy a számítógépeket is lecseréljük, a Si napelemek hosszú élettartamából (~30 év) adódóan még tovább használhatóak. Az erkölcsileg elavult, de már megtérült napelemek és inverterek cseréjét **repowering**-nek szokás hívni (nem ismerünk járatos magyar fordítást). Becslésünk szerint ez nagyjából a napelemek ~15 éves korára tehető majd. Ebből a helyzetből viszonylag könnyen kialakítható a nyertes-nyertes (win-win) szituáció. Hiszen ahol újabb napelemet szerelnek fel növekedni fog az épület energiatartalmatlansága, önellátása. Ha a leszerelt napelemet mondjuk zajvédő falra szerelik, a használt napelemet kevésbé kell védeni vagyonszempontból (ami költségcsökkenést jelent), vagy szociálisan rászorulókat is be lehet vonni a megújuló energia felhasználásba – olyanokat, akik nem engedhetik meg maguknak az önellátás kiépítését. Az északi Tudományos Technológiai Parkba javasolt kelet-nyugat tájolású naperóművek repowering szempontjából előnyösek, mivel a tartószerkezetben nagyon könnyen és gyorsan ezért kevés munkaerőigénnyel cserélhetők a napelemek, ez az erőmű teljes életciklusára vetítve költségmegtakarítást jelent.

A napelemek második felhasználása, ún. második élete lehet még ugyan azon épületek nem déli oldalára való átszerelése. Igaz, hogy így kevesebbet termel fajlagosan az „öreg” napelem, ugyanakkor az új és a „öreg” napelem együtt több energiát szolgáltat majd az adott épületnek. Mivel már megtérült napelemek második felhasználásáról beszélünk ez a felhasználás még mindig jobb, mint a továbbértékesítés (használati érték magasabb, mint a piaci érték), vagy az újrahasznosítás, amit csak 25-30 éves napelemeknél javaslunk. A

---

<sup>36</sup> Forrás: <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/47342.wss> 2015. október 6.

napelemek a szórt fényt (iránytalan fényt) is képesek hasznosítani, ezért nem déli irányban is fognak energiát szolgáltatni, ugyanakkor az árnyékoltságot a nem déli irányból is kerülni kell. Város energetikai szempontból a nyugatias, észak-nyugatias irányok kedvezőek a napelemek második életében, tekintve, hogy így az esti órákban adnak több energiát és a fogyasztási csúcs is az esti órákra esik.

## 6.2 Zajvédő falak, napelemmel a vasút mellé

A transzeurópai közlekedési hálózat (TENT-) részeként a Budapest-Ljubljana vasútvonal Zalaegerszegen is keresztülvezet. Emiatt várható, hogy középtávon ez a vasútvonal jelentősen fejlődik, a fejlődéssel pedig gyorsabb és gyakoribb vasútközlekedés is együtt jár.



6.9 számú ábra: Lyon – Ljubljana – Budapest vasútvonal<sup>37</sup>

A gyorsabb vasutat biztonsági és zajvédelmi szempontból is zajvédő fallal építik ki, mint ahogy ez a vasútvonal MO szakaszának észak dunántúli részein már le is zajlott. Ezek a zajvédő falak lehetőséget is teremthetnek a közcélú napelemek, naperőművek elhelyezésére.

<sup>37</sup> Forrás: <http://ec.europa.eu/ten/transport/maps/doc/axes/pp06.pdf> 2015. szeptember 2.



Világtendencia, hogy a villamosított vasutat megújuló energiával látják el részben vagy egészben. Hollandiában szélenergiával kívánják hajtani a villamos vasút 100%-át 2018-tól. Jelenleg 2890 km villamosított vonal már most is megújuló energiával működik. Ez az ipar számára is keresett lehet, hiszen az így szállított termékek ökológiai lábnyoma lényegesen csökken, a termékek szállításának dioxid semlegessége miatt.<sup>38</sup>



6.10 számú ábra: Pölling, Németország – 5090 db napelem modul 8145 m<sup>2</sup> felületen, az erőmű hossza 790 méter<sup>39</sup>

Ez az erőmű is része a helyi klímavédelmi mestertervnek, amit szövetségi kormány is támogat.

A ma kapható 265Wp-es modulokkal e pöllingi naperőmű 1,349 MWp teljesítményű lenne. Zalaegerszegen hozzávetőleg 1,564,666 kWh éves energiatermeléssel. Ez a telepítési mód közelítőleg ~2100 MWh/év/(zajvédő töltés) km fajlagos hozamot jelent.

<sup>38</sup> Forrás: <http://www.railway-technology.com/features/featuremichel-kerkhof-of-eneco-discusses-the-dutch-rail-networks-renewable-revolution-4647194/> 2015. szeptember 2.

<sup>39</sup> Forrás: <http://www.neumarkt.de/> 2015. szeptember 2.



6.11 számú ábra: Zajvédő fal építés alatt

Tartószerkezete: 150 db fúrt cölöp (a kép jobb oldalán) 125 db vasbeton gerenda ferde tartó (felül).

A zajvédő falas napelem tartószerkezet lehet épített is, Németországban több ilyen is épült.





6.12 számú ábra: 594 kWp teljesítményű épített zajvédőfal A92 Autópálya Freising melletti szakasza ~750m

Ebben az esetben javasoljuk a tartószerkezet alatt keletkezett hely valamilyen hasznosítását. Például, ha tűzvédelmi szabályok lehetővé teszik nyesedékfa tűzifa célú szárítását.

Az Egyesült Királyság az összesen 17732 km vasút nyomvonalának ~50%-át tartják alkalmasnak arra, hogy mellé naperóművet telepítsenek. Becslésük szerint így a vasút mellé 2438 MWp (!) naperómű telepíthető. Ami éves szinten egyesült királyságban adott napsütés mellett zajvédő falra telepítve ~800 kWh/kWp éves szinten fajlagos hozammal 1950 GWh (!) éves energia hozamot jelent.<sup>40</sup>

Indiában is van hasonló kezdeményezés, az állomás épületekre vonatkozóan.<sup>41</sup>

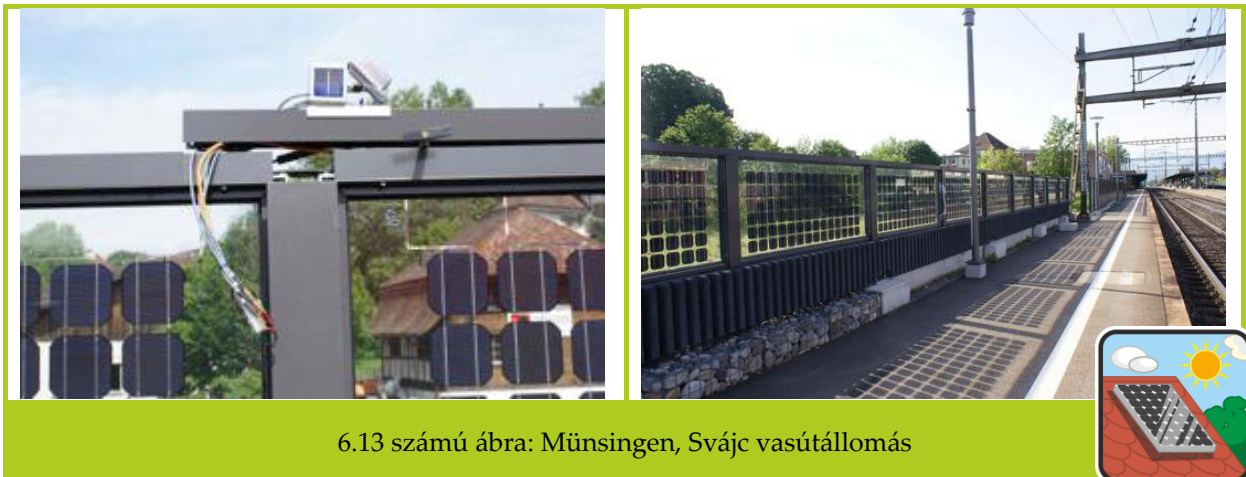
**A TEN-T vasútvonal zalaegerszegi szakaszának ~kelet-nyugat irányú részei mellett függőleges zajvédő fal tetejére telepített naperómű ~900-1100 kWh/kWp éves hozamot képes biztosítani.**

<sup>40</sup> Forrás:

<http://www.wspgroup.com/GlobalIn/UK/Whitepapers/rail/The%202030%20UK%20Railway%20White%20Paper%20February%202015%20-%20Updated%20-%20med%20res.pdf> 2015. szeptember 2.

<sup>41</sup> Forrás: [http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/indian-railways-plans-1-gw-of-solar-projects\\_100018375/#axzz3kaEwWJIU](http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/indian-railways-plans-1-gw-of-solar-projects_100018375/#axzz3kaEwWJIU) 2015. szeptember 2.

Van lehetőség félig átlátszó (semi transparent) zajvédő naperómű falat készíteni. Nyugat-Európában több ilyen rendszer is üzemel. Ilyen falra mindkét oldalán aktív ún. bifacial napelem is telepíthető, ami gazdaságos megoldás olyan közterületen elhelyezett naperóműveknél ahol esztétikai igényeknek is eleget kell tenni. Az éves hozam szempontjából ennek az elrendezésnek a döntően észak-dél irányú zajvédő falak kedvezőek. Zalaegerszegen az új multi modális csomópont peronjait lehet így kialakítani.



Mindkét oldalon aktív napelem gyártók termékei:

Sunpreme Maxima GxB, 340 Wp-os keret nélküli 72 cellás modul ár<sup>42</sup>: 1,313 \$/Wp

Bison MBF-GG60-270, 270 Wp-os keret nélküli 60 cellás modul

Napelemek nem csak zajvédő falon helyezhetők el, hanem az egész vasutat, vagy utat is befedhetik. Napelemek vasúti sín fölé szerelésének előnyei:

- a termelés és a fogyasztás egy helyre kerül,
- a hely többszörös használata, mert fölé építés más célból nem várható,
- zajvédelem,
- árnyékolás,
- esővédelem (az állomás peronon),
- felsővezeték védelme extrém időjárástól és letörő faágaktól.

---

<sup>42</sup> Forrás: <http://www.civicsolar.com/product/sunpreme-maxima-gxb340-340w-double-glass-frameless-solar-panel>  
2015.09.02.





6.14 számú ábra: Vasút fölé épített napelemes rendszer, Belgium, Antwerpen<sup>43</sup>

Antwerpenben a vasúti sín egy részének befedése a nagysebességű nemzetközi vonatok közlekedése és a szomszédos természetvédelmi terület miatt, még a napelemes telepítés előtt, attól függetlenül megvalósult és mivel a tetején a hely rendelkezésre állt, ezért a terület többszörös hasznosítása érdekében borították be azt napelemekkel. A napelemekkel fedett vágányszakasz 3,4 km hosszú, 3,9 MWp teljesítményű, 16000 db napelem modul tartalmaz és 2011-ben készült el. Az elmúlt 5 évben a napelemek annyit fejlődtek, hogy ha most építenék, akkor már legalább 4,5 MWp teljesítményű rendszert tudnának ugyanide építeni. Zalaegerszegrre hasonló kialakítású napelemes rendszer javaslunk, amelyhez hozzávetőleg 10 km vasúti sín áll rendelkezésre a korábban már említett nemzetközi vonalon. Ebből a 10 km-ből egy Antwerpenihez hasonló méretű szakasz éppen illik az Andrásida és Zalaegerszeg-Ola vasútállomások közötti vasúti szakaszra.<sup>44</sup>

<sup>43</sup> Forrás: <http://www.thewindturbine.com/nieuws/2014/07/solar-highway-in-nederland> (helyszín: <https://goo.gl/maps/6u22JMGs7Uk>)

<sup>44</sup> Forrás: <http://www.theguardian.com/environment/2011/jun/06/tunnel-solar-belgium-rail>  
<http://www.gizmag.com/solar-rail-tunnel-completed/18881/>



Ez a londoni napelemes rendszer egy nagy állomás-átalakítás során került megépítésre. Meghosszabbították az állomást, hogy az teljesen a hídra kerüljön és az egész hidat napelemes tetőzettel látták el. Az így kialakult rendszer 340 méter hosszú (de szélesebb, mint a belgiumi), 1,1 MWp teljesítményű, 4400 db napelem modult tartalmaz és 2012-ben készült el. Zalaegerszegen is ajánljuk, hogy a vasúti síneken kívül, a vasútállomásokon is készüljön napelemes tetőzet, a nap- és esővédelmi előnyei miatt, különös figyelemmel ilyen szempontból is gondolva a Zalaegerszeg-Ola vasútállomásnál kialakítandó intermodális csomópont vasútállomásának átalakítására.

Az alábbi képeken további napelemes borítású közlekedési útvonalakat láthatunk.

---

<sup>45</sup> Forrás: <http://www.solarcentury.com/uk/media-centre/worlds-largest-solar-powered-bridge-london-blackfriars-station-makes-britains-biggest-brew/> (helyszín: <https://goo.gl/maps/mmeAhMFChny>)





6.16 számú ábra: Napelemes rendszer autótút egyik sávja fölött, Németország, Freiburg<sup>46</sup>

A freiburgi rendszer a B31-es autótút felett helyezkedik el, hossza 350 m, teljesítménye 365 kWp.



6.17 számú ábra: Zajvédő alagúton elhelyezett napelemes rendszer, Németország, Aschaffenburg

<sup>46</sup> Forrás: <http://www.wind-works.org/cms/index.php?id=342> <http://www.roheline.ee/files/energia/worner.pdf>  
Helyszín: <https://goo.gl/maps/6brR7rBGdKP2>



Ez a rendszer a németországi A3-as autópályán található, 2,7 km hosszú és 2,8 MWp teljesítményű.<sup>47</sup>

#### **Használt, ~ 15 év múlva erkölcsileg elavult napelemek hasznosítása:**

Zalaegerszeg számára jó döntés lehet a jelenleg a közintézményeken lévő napelemek másodlagos felhasználásaként ilyen zajvédő falakra telepíteni a régebbi használt napelemeket. Mivel a nagyobb teljesítményűre cserélt, 15 év múlva réginek számító napelemek a jövőben nem lesznek vonzóak a tolvajok számára. Így a vagyonbiztonságra kevesebb óvintézkedést és költséget kell majd fordítani.

További hasznosítása lehet az erkölcsileg elavult közintézményeken már használt napelemeknek az alacsony bevételű családok támogatása, mint szociális célú juttatás.

### **6.3 Földre telepített naperőművek**

#### **Javasolt helyszínek**

A földre telepített naperőművek helyszínéül olyan alacsony használati értékű területeket javaslunk választani, amelyek a mezőgazdasági, ipari és egyéb tevékenységekre nem, vagy nem gazdaságosan alkalmazhatók. Ilyenek például a barnamezős területek, vagy az alacsony aranykorona illetve talajértékszámú területek.

Zalaegerszegen a búslakpusztai rekultivált felhagyott hulladéklerakó déli lejtője, illetve a tervezett „északi ipari park” nyugati oldalán futó 120 kV-os távvezeték alatti terület jöhet számításba. A távvezeték alatti területre nem szívesen építenek ipari létesítményeket, ezért e terület jobban hasznosítható naperőmű számára. A légvezetékekből adódó „puha” árnyék az éves hozamot döntően nem befolyásolja.

---

<sup>47</sup> Forrás: [http://www.fhwa.dot.gov/real\\_estate/publications/alternative\\_uses\\_of\\_highway\\_right-of-way/rep03.cfm](http://www.fhwa.dot.gov/real_estate/publications/alternative_uses_of_highway_right-of-way/rep03.cfm)

Helyszín: <https://goo.gl/maps/LbSQ7u6usGy>



6.18 számú ábra: Németország, Augsburg: naperómű a magasfeszültségű távvezeték alatt  
(Pálfi Sz. felvétele)<sup>48</sup>



A földre telepített naperóműnél a helyi közösség és vállalkozók a következő munkálatokba vonható be a legkönnyebben:

- terület-tisztítás előkészítés,
- kerítés-építés,
- földmunkák (gépi vagy kézi) az eróművön belüli összekötő kábelezésnek
- földcsavarok vagy cölöpök elsősorban gépi telepítésében
- karbantartáskori kaszálás, fűnyírás

### **Fixen telepített naperóművek**

A fixen telepített naperóművek alatt földhöz rögzített vagy lesúlyozott 35 lejtésben dél felé irányított napelem modulokból kialakított napelem mezőt értünk. Ez a telepítési mód a legelterjedtebb naperóműveknél, vagy más néven a szolár-parkokban. A 35°lejtési szöghöz tartozik az éves szinten legnagyobb hozam.

<sup>48</sup> Forrás: <http://www.lew-netzservice.de/CNP/AKTUELLES/AKTUELL20140604.ASP> 2015.

Zalaegerszegen ideális telepítés mellett:

**Fajlagos hozam: ~1180 kWh/kWp év**

**Fajlagos területigény: 2 ha/MW,**

**Fajlagos hozam területre vetítve: ~590 MWh/ha év**

### **Földre telepített kelet-nyugati elrendezés**

A lapos tetőknél már gazdasági előnyei miatt bevált ún. kelet-nyugati tájolású telepítés a földre telepített naperóműveknél is megjelent. Jelenleg Európa legnagyobb teljesítményű naperóműve a Cestas 300 MW-os is ilyen kelet nyugati elrendezésű erőmű. Fajlagos terület igénye sík terepen: 0,83 ha/MW ami kevesebb, mint a fele 35°-os déli földre telepített erőművek árnyékolásra méretezett sorközökkel kiadódó ~2 ha/MW fajlagos területigényének. Ugyanakkor ez az erőmű elrendezés lehetőséget teremthet biomassza tüzelőanyagok esővédett tárolására, és fajlagos hozama nem marad el jelentősen -16-17% az ideális, de helyigényesebb telepítéstől. Az ipari park területén olyan kelet-nyugati tájolású naperómű kialakítását javasoljuk, – legalább részben – amely egyben fedett parkoló szerepét is betölti, így növelve tovább az értékes terület helykihasználását. A napelemes parkolók kialakítása ma már bevett gyakorlatnak számít – Nyugat-Európában találunk 8-10 MWp teljesítményű solar parkolót is (pl. Lionban).

**Fajlagos hozama Zalaegerszegen: ~1020 kWh/kWp év**

**Fajlagos területigény: 0,83 ha/MW,**

**Fajlagos hozam területre vetítve: ~1224 MWh/ha év**

**Rendszer fajlagos ár (300 MW-os rendszer alapján!!): 1,2 M€/MWp<sup>49</sup>**



<sup>49</sup> Forrás: <http://tecsol.blogspot.com/2015/05/cestras-la-centrale-solaire-de-tous-les-superlatifs-sort-de-terre.html> 2015. október 1.

<sup>50</sup> Forrás: <http://www.pv-tech.org/editors-blog/europes-largest-solar-park-squeezing-out-maximum-energy-from-the-minimum-land/> 2015. október 1.





6.20 számú ábra: Naperőmű park Franciaországban (napelemek alatti terület)<sup>51</sup>



## 6.4 Napkövető tartószerkezetű naperőművek

A napkövető naperőművek elméleti számításba jöhetnének az északi ipari park területén, mivel jelenleg még a horizont tiszta. Azonban a várhatóan a parkba települő vállalkozások magas gyártócsarnokai leronthatják a napkövetésből adódó extra 30-45% hozamot, vagyis főleg nyáron néha kitakarhatják az alacsonyan járó napot a naperőmű cellák elől. Ezért valamivel magasabb karbantartási és lényegesen magasabb beruházási költségek miatt a **napkövető megoldásokat Zalaegerszegre – sem egytengelyes, sem kéttengelyes változatban - nem javasoljuk.** A város többi területein pedig a domborzat viszonylag tagolt, ami szintén nem kedvez a kéttengelyes napkövető rendszerek hozamának.

<sup>51</sup> Forrás: <http://www.pv-tech.org/editors-blog/europes-largest-solar-park-squeezing-out-maximum-energy-from-the-minimum-land> 2015. október 1.



Kéttengelyes napkövető naperómű szemléltetése<sup>52</sup>



10 kWp naperómű kéttengelyes Deger napkövetőre szerelve<sup>53</sup>



6.21 számú ábra: Kéttengelyes napkövető naperóművek

### Gyártók:

DEGERenergie <http://goo.gl/2LdcT9> 2015. október 7.

modul tartó felület : 70,6m<sup>2</sup> ig

Mozgatás éves energiaigénye 16 kWh/év

Lorentz <http://goo.gl/Xp9Biw> 2015. október 7.

modul tartó felület : 26,5m<sup>2</sup> ig

Mozgatás éves energiaigénye 2 kWh/év

Minimális beton alap igény 5,2 m<sup>3</sup> (szélterhelés függő)

Kéttengelyes naperómű fajlagos területigénye: 25-30 m<sup>2</sup>/kWp (ez a terület legfeljebb legeltetésre/kaszálónak hasznosítható tovább)

<sup>52</sup> Forrás: <http://www.hpegllc.com/Projects/solarpower.html>

<sup>53</sup> Forrás: <http://www.rbbelectrical.co.uk/solar-trackers.php>

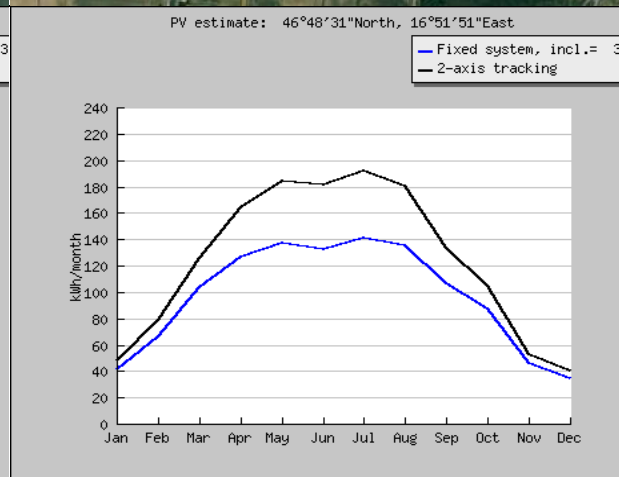
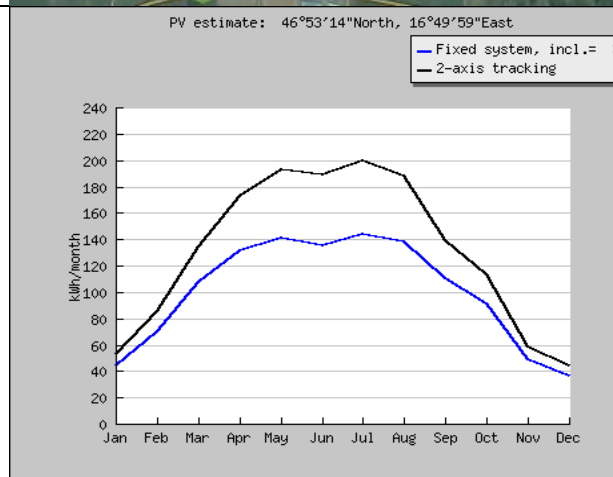
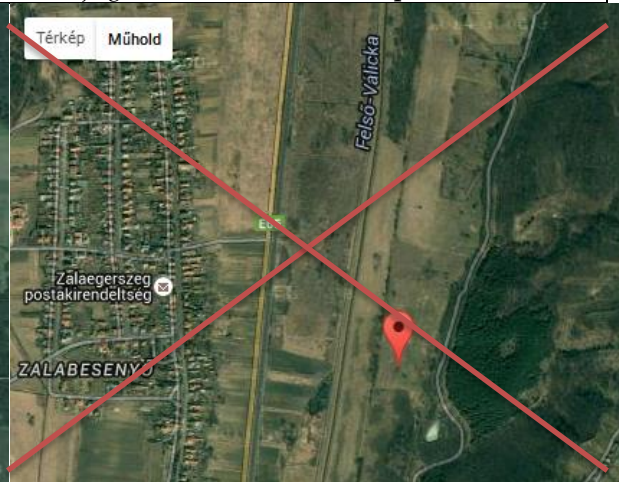
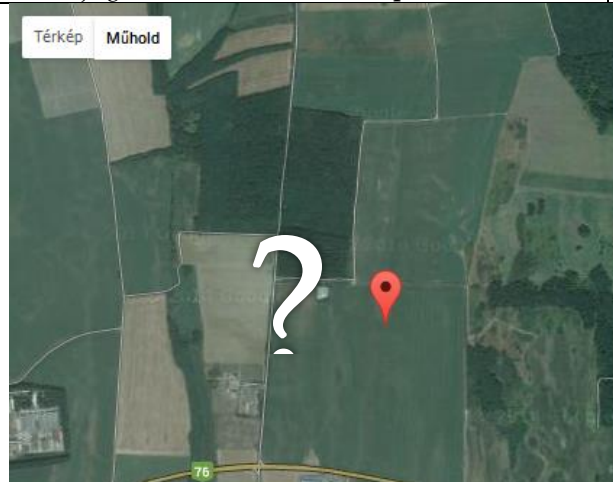


Északi ipari park távvezeték alatti kérdéses vagy **nem** javasolt helyszín vizsgálata a napkövető rendszer szempontjából

Felső-Válicka patak melletti terület Zalabesnyőtől keletre vizsgálata a napkövető rendszer szempontjából, **nem** javasolt helyszín

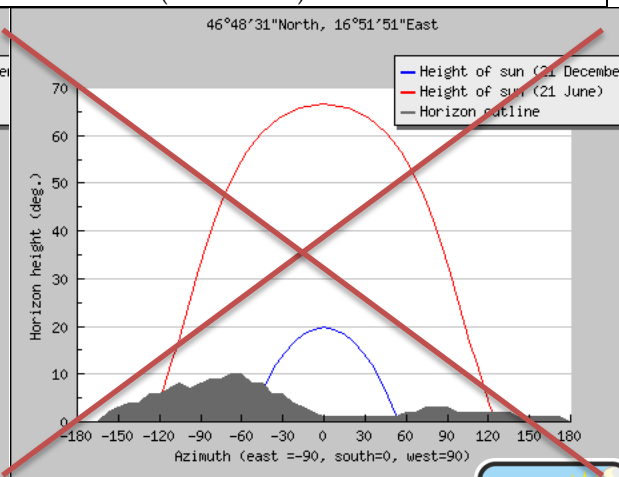
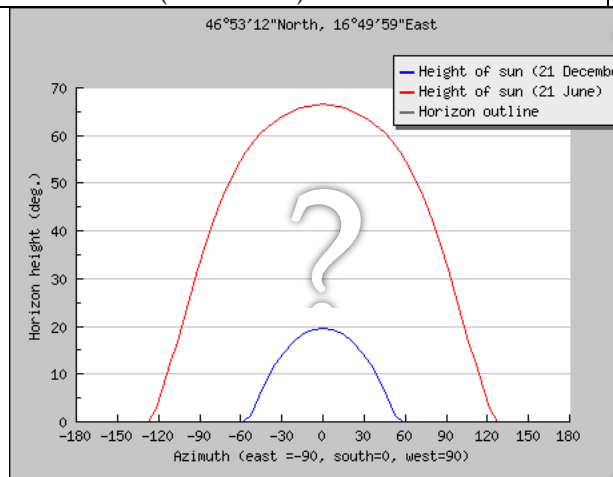
éves fajlagos hozam : 1570 kWh/kWp

éves fajlagos hozam : 1490 kWh/kWp



fix 35° (kék vonal) és kéttengelyes napkövető rendszer havi hozamai (fekete vonal)

fix 35° (kék vonal) és kéttengelyes napkövető rendszer havi hozamai (fekete vonal)



Domborzat árnyékoló hatása (árnyékmentes)

Domborzat árnyékoló hatása, téli félévben (!) erősen árnyékos!



6.22 számú ábra: Helyszínek vizsgálata napkövető rendszer szempontjából<sup>54</sup>

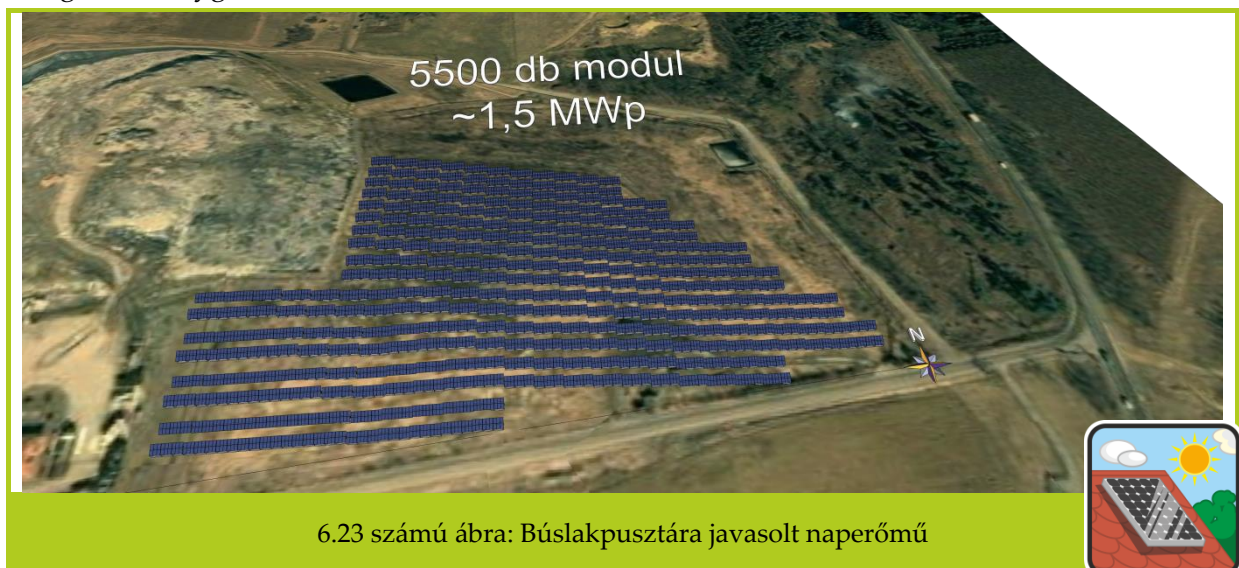
<sup>54</sup> Forrás: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php> 2015.09.30

A fenti változatelemzés jól megmutatja, hogy a sokak által ismert napkövető rendszer elméleti vonzó hozam többletét mennyire befolyásolják a helyi adottságok. Az épített környezet befolyásoló hatása pedig fokozottan jelentkezik, de azt csak az ipari park betelepítési tervének ismeretében lehet elemezni. **Zalaegerszeg esetében, ahol a területek csak szűkösen állnak rendelkezésre a földre telepített kelet-nyugati rendszerek gazdasági előnye felértékelődik a napkövető rendszerekéhez képest, főleg ha a napelem fedésű parkoló lehetőségét is számba vesszük.**

## 6.5 Rögzítési módok

- **Leterheléses rögzítés**

Ezt a rögzítési módot elsősorban a felhagyott búslakpusztai hulladéklerakóra javasoljuk. Érthető okokból a hulladéklerakóba cölöpös vagy földcsavaros rögzítés nem lenne megfelelő a takaró védőréteg esetleges megsérülése miatt. A napelemekre ható szél és hőterhelés billentő erőit a földsíkra lerakott előre gyártott beton elemek, vagy helyszínen öntött betonelemek tömege ellensúlyozza, terheli le. Előfordul, hogy használt vasúti beton talpfákat hasznosítanak újra ilyen rögzítés ballaszt tömegként. Illetve találni olyan projektet is ahol a tartószerkezethez rögzített egybefüggő tálcákat töltenek fel kavicssal vagy zúzott kővel, zúzott betonnal, vagyis így terhelik le. Az Egyesült Királyságban régészeti területeken is ezeket a leterheléses rögzítési módokat engedélyezik, hiszen nem jár a talaj mélyebb rétegeinek bolygatásával.



6.23 számú ábra: Búslakpusztára javasolt naperómű



1,2 MWp rendszer hulladéklerakóra telepítve<sup>55</sup>



Leterheléses tartószerkezet helyszínen öntött betonelemekkel - a képen zsaluk látszanak.



6.24 számú ábra: Hulladéklerakóra telepített napelemes rendszer



6.25 számú ábra: Hulladék feldolgozó területére javasolt naperőművek



#### 10 MWp nagyságú rendszer leterhelés árak:

A leterheléses rögzítés - csak a rögzítő rendszer - fajlagos ára ~0,159 \$/Wp vagy 0,139 €/Wp<sup>56</sup>

A leterheléses rögzítés betonnal együtt - fajlagos ára ~0,174 \$/Wp vagy 0,154 €/Wp<sup>57</sup>

Léteznek hajlékony vékonyfilmes földre fektetett napelemes rendszerek is (Pl: Uni-Solar landfill cover), amelyek nem igényelnek tartószerkezetet, azonban ezek hatásfoka kisebb és a rendszer fajlagos ára magasabb, mint a szilíciumos és tartószerkezetes rendszereké.

<sup>55</sup> Forrás: <http://www.gamechangeracking.com/#!pour-in-place-gallery/ck1h> 2015. október 7.

<sup>56</sup> Forrás: [http://media.wix.com/ugd/a02ae3\\_6084f289a745430f97f6a4f2cbe6692a.pdf](http://media.wix.com/ugd/a02ae3_6084f289a745430f97f6a4f2cbe6692a.pdf) 2015. október 7.

<sup>57</sup> Forrás: [http://media.wix.com/ugd/a02ae3\\_6084f289a745430f97f6a4f2cbe6692a.pdf](http://media.wix.com/ugd/a02ae3_6084f289a745430f97f6a4f2cbe6692a.pdf) 2015. október 7.



- **Földcsavaros rögzítés**

Ennek rögzítési módnak a lényege egy vagy több nagy menetemelkedésű – formájával a hagyományos facsavarokra emlékeztető – 1-1,6 m hosszú tűzi horganyzott acél földcsavar. Amely a talajba hajtva fellépő súrlódási erő révén a hagyományos betontuskós alapozással egyenértékű rögzítést biztosít úgy, hogy a telepítési ideje lényegesen rövidebb, mint beton alapozásoké. Talajmechanika szempontjából feltárt, jól ismert, homogén és belvizekkel nem terhelt területeken jöhet számításba. További előnye, hogy gyengébb fagyok esetén is folytatható a munkavégzés. A csavarbehajtó munkagép meghibásodása esetén kézi erővel két ember is képes egy-egy földcsavar behajtására. **Az északi ipari park naperóműveihez alkalmas lehet.**

**Fajlagos földcsavar igény :1,5db/kW (erősen tartó függő)**

**~5kW rendszereknél a földcsavaros tartószerkezet fajlagos ára munkadíjjal: 0,27 €/Wp**



- **Cölöpös rögzítés**

A cölöpös rögzítés az utak melletti acél szalagkorlát tartó cölöpéhez hasonlóan rögzíti a napelem modul tartószerkezetét. Azaz géppel a méretezett 1,2-2m mélységig leverik az általában C profil keresztmetszetű cölöpöt. A cölöp felületén – palástján - ébredő súrlódás nem engedi kimozdulni a napelem tartószerkezetet. Ez a tartószerkezet is talajmechanikai vizsgálatokkal feltárt homogén nem belvizes területeken alkalmazható. Előnye, hogy enyhébb fagyok idején is alkalmazható, viszonylag alacsony költségű, egyszerű rögzítési mód. Hátránya, hogy kampányszerű többműszakos telepítésekkor viszonylag magas kivitelezéskori zajterhelése miatt a késő esti, éjszakai munkavégzést megütheti. **Az északi ipari park naperóműveihez alkalmas lehet.**



## 6.6 Naperőmű infrastruktúra igény

Az 50 kVA-nél nagyobb kimenő teljesítményű naperőműveket csak középvezetésen lehet csatlakoztatni transzformátor állomáson keresztül a villamos hálózathoz. Ezért az ún. kiserőművet (nem összetévesztendő az ún. háztartási méretű kiserőművel) célszerű 20 kV-os középvezetésű hálózat közelébe telepíteni. A búsakpusztai hulladéklerakó és hulladékkezelő telepeken adottság jelenleg is a középvezetésű csatlakozási pont, ami jelentős költségmegtakarítást jelent. A szolgáltató a transzformátor állomás elérhetősége érdekében előírja a szilárd burkolatú (minimum murvás) szervíz út kiépítését. A búsakpusztai helyszíneken adottság jelenleg is a 125 kVA teljesítményű kimenő villamos kapacitás, azaz ha a gázmotorok üzeme már nem válik gazdaságossá, a meglévő kapacitás részben vagy egészben felhasználható majd a naperőművek csatlakoztatására. A szilárdburkolatú út is adott.

Gazdaságosság szempontjait is figyelembe véve érdemes a naperőműveket és a szélerőműveket egy helyre telepíteni, mivel így megoszlik a hálózati csatlakozás és infrastruktúra költsége. A tervezett északi ipari park területén ez jól kihasználható. A Reiner Lemoine Institute tanulmánya szerint a szélerőművek okozta minimális árnyékolási veszteség ellenére érdemes egy helyre telepíteni a nap és szélerőműveket, mert így egy területről akár kétszeres mennyiségű energia is kinyerhető.<sup>58</sup> Ráadásul a tervezett északi ipari park északi oldalán tudjuk elhelyezni a szélerőműveket így tényleg minimálisra csökken az árnyékhatas a gyakorlatban.

Jelenleg 2015-ben az 50 kWp – 499 kWp közötti teljesítményű naperőművek ún. kiserőművek engedélyezési és tervezési költsége elérheti a 1,5 M-Ft-ot, de biztosan több mint 1 M-Ft. A tervezési és előkészítési költségek legnagyobb részét az erőmű villamos kiviteli terve valamint a környezetvédelmi, tűzvédelmi, kulturális örökségvédelmi (régészeti) hatástanulmányok, szakvélemények teszik ki. Ezért kiserőmű esetében a gazdasági optimum az ~500 kWp körüli teljesítményeknél adódik.

## 6.7 Tetőre telepített naperőművek

A tetőre telepített naperőműveknél mindinkább a helykihasználás válik fontos szemponttá a gazdaságosság mellett, mivel a naperőművek ma már az elektromos autók és hőszivattyús fűtés energiaforrásai is lehetnek. Vagyis a legfőbb szempont mindinkább az, hogy egy-egy tetőről mennyi energiát lehet begyűjteni nem pedig az, hogy egy-egy napelem mennyi energiát nyújt. A gyakorlatban ez úgy jelentkezik, hogy a fajlagosan nagy helyigényű rendszerek kiszorulnak az épületre telepített megoldások közül.

<sup>58</sup> Forrás: 2015. október 7.

[http://www.solarpraxis.de/fileadmin/user\\_upload/Unternehmen/Dokumente/PR\\_Kombikraftwerk\\_engl\\_130422.pdf](http://www.solarpraxis.de/fileadmin/user_upload/Unternehmen/Dokumente/PR_Kombikraftwerk_engl_130422.pdf)

### Kelet-nyugati tájolású napelemes rendszer:

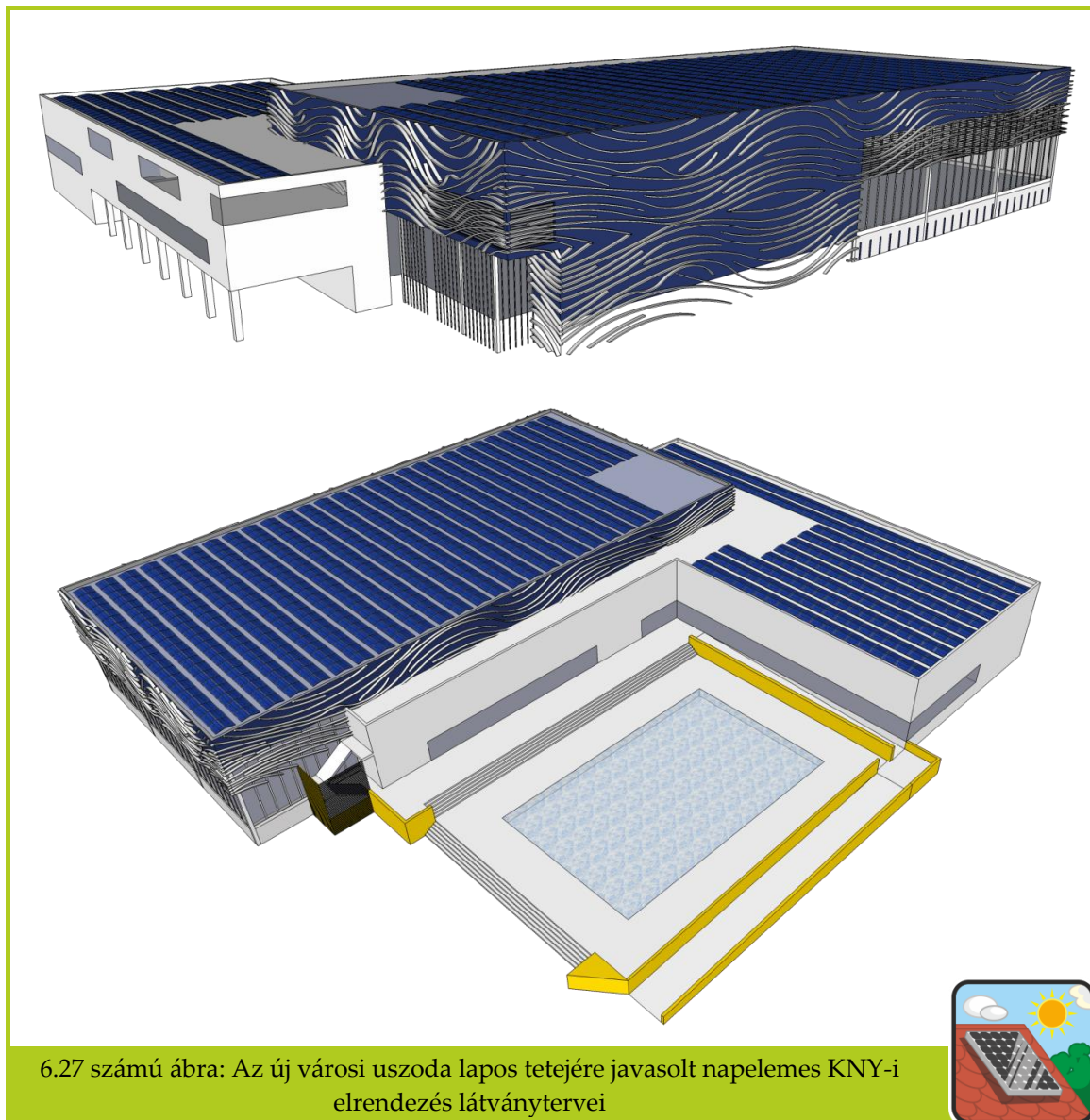
Ennél a megoldásnál a napelemek síkja nem déli irányba néz, hanem kelet-nyugati irányba, ugyanakkor a napelemek feltámasztási szöge mindössze 10-15°.

Előnyei:

- 1,5 – 2 × több energiát termelhetünk adott lapos tetős felületen, mintha déli irányba tájelnánk rajta a napelemeket
- kis szélterhelés következtében kis leterheléssel, alacsony tetőterhelést eredményez
- alacsonyabb villámvédelmi költség
- az utcaszintről nem látható
- bevált kiforrott rendszer

Hátránya:

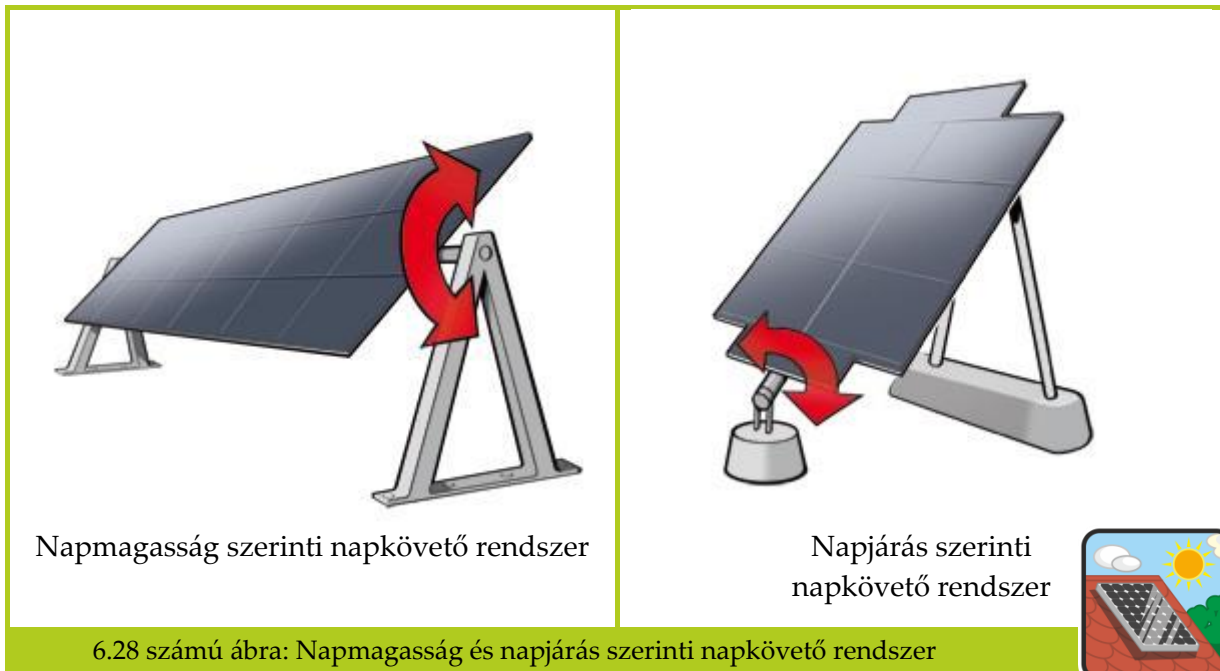
- kisebb napelemenkénti energia hozam



6.27 számú ábra: Az új városi uszoda lapos tetejére javasolt napelemes KNY-i elrendezés látványtervei

### Egytengelyes tetőre telepített napkövető rendszerek

Ezeknél a megoldásoknál a nap járását vagy csak a horizonton (ritkább), vagy csak a napmagasság szerint követik. Városi alkalmazásban inkább csak a napmagasság szerinti követő rendszernek lehet némi jelentősége (bőséges szabad felület esetén), mivel a városi épületek a napjárás követést nem, vagy csak korlátozott mértékben teszik lehetővé.



Minkét rendszer hátránya a nagyobb szélterhelést eredményező szerkezet >> statikai nehézségek. A lapos tetőre telepített kelet-nyugati tájolású naperőműhöz képest nagyobb a fajlagos helyigénye, valamint több négyzetméternyi helyigény egységnyi energiához és teljesítményhez képest is. Magasabb karbantartási költség a mozgó alkatrészek miatt. Illetve magasabb villámvédelmi és tartószerkezeti költség. Az előbbi okok miatt **Zalaegerszegen belvárosi helyszíneken általában a napkövető rendszereket nem javasoljuk.**

### 6.8 Stadion tetőre telepített napelem

A napelemek elhelyezésének vannak korlátai, melyek közül egyik a napelemek súlya. Épületekre tervezéskor először mindig meg kell bizonyosodni róla, hogy a tető teherbírása elegendően nagy e hogy a plusz súlyt elviselje. Stadionok teteje a nagy felületük miatt előnyös napelemek felszerelésére, de ha a stadiontető nem kezdettől fogva úgy van tervezve, hogy arra napelemek kerüljenek, akkor a felszerelhető napelemek számát lehet hogy nem a hely, hanem a tető teherbírása korlátozza.

<sup>59</sup> Forrás: <http://www.hpegllc.com/Projects/solarpower.html>

Ilyen esetekben érdemes eltérni a hagyományos megoldásoktól, mert a napelemeknek nagyon sok fajtája van és vannak az általános napelemeknél könnyebbek is, így a súlykorlátozás sem lehetetlenít el egy tervet. Az alábbi táblázat a hagyományos és a CIGS napelemek tartószerkezettel együtt számolt fajlagos súlyát mutatja összehasonlításként. A táblázatból látató, hogy a CIGS napelem súlya kevesebb, mint negyede a hagyományosnak.

napelem típus	súly (1 m <sup>2</sup> napelem)
hagyományos* * mono- vagy polikristályos	~15 kg
CIGS	~3,3 kg

6.1 számú táblázat: A CIGS napelem és a hagyományos technológia súlya (tartószerkezettel)

A SolarCloth cég például gyárt CIGS típusú napelemet, aminél lehetőség van rá, hogy a napelem paneleket üveg nélkül gyártsák.<sup>60</sup> Ez jelentősen csökkenti a napelem súlyát és lehetővé teszi hajlítható napelemek gyártását is, ami különleges tetőtípusokra is jól illeszthető, erre az alábbi ábrán láthatunk egy példát.



A lenti képen láthatjuk a zalaegerszegi ZTE Aréna ponyvafedését és egy a hozzá hasonló, de átlátszó ponyvafedésre elhelyezett hajlítható CIGS napelemeket.

<sup>60</sup> Forrás: <http://www.thesolarclothcompany.com/solutions/solar-cloth/>

<sup>61</sup> Forrás: <http://www.thesolarclothcompany.com/gallery/>





6.30 számú ábra: A ZTE aréna lelátóinak ponyvafedése és ponyvafedésre telepített CIGS napelemek <sup>62,63</sup>

A CIGS napelem ára magasabb – kb 3-szoros - a hagyományos napelemeknél, ezért olyan helyen ajánljuk csak használatát, ahol a korábban is leírt korlátozások (súly, alak) valamelyike fenn áll. Ezért új tartószerkezet kiépítésére lenne szükség.

---

<sup>62</sup> Forrás: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1026145&page=14>

<sup>63</sup> Forrás: <http://www.thesolarclothcompany.com/gallery/>

## 6.9 Áttetsző napelem



6.31 számú ábra: A várakozó tetején látható üvegfelület egyben napelem is<sup>64</sup>

Elérhetőek olyan üvegfelületek is, amelyek egyben napelemként is működnek (BIPV, épületintegrált-napelem). Amennyiben az épület reprezentatív vagy jóléti beruházáshoz kapcsolódik, lehetőség van az átrium vagy az előkert borítására ilyen felületeket alkalmazni. Leggyakrabban választott szállító az Onyx Solar.<sup>65</sup>

<sup>64</sup> Forrás: <http://gbssmag.com/2013/04/onyx-solar/>

<sup>65</sup> Forrás: <http://www.onyx-solar.com/>

## 6.10 Hibrid vagy PV-T napelemes rendszerek

A hibrid rendszerek alatt általában a napelemek és napkollektorok egybe építését értjük. A napelem nyári túlmelegedését csökkenti, ha a napelem hátsó oldalára vagy levegő vagy folyadék hőhordozójú kollektort építünk. Ezáltal az egységnyi felületről begyűjthető napenergia is növekszik. Sajnos a jelenleg kapható folyadék hőhordozójú hibrid PV-T (T mint termál) kollektorok a téli félévben csak alkalomszerűen képesek értékelhető hőmérsékletű melegvizet szolgáltatni, így azonban a PV-T kollektorok gazdaságossága nehezen igazolható. Jelentőségük ott lehet, ahol a villamos energia igény és a jelentős nyári melegvíz igény is egyidejűleg jelentkezik. Ilyen eset lehet például a kültéri medencék idényhosszabító előfűtése, autósók.

További hasznosítási lehetőség ahol a PV-T kollektorok hő oldala víz hőforrású hőszivattyúk hőforrás előmelegítéseként alkalmazható. Bár a jelentős beruházási igény hátrányként jelentkezik.

Svájcban a 2SOL elnevezésű projekt részeként telepítettek hibrid kollektorokat, ahol a mélyszondás (300-450 m+ !) hőszivattyú szondáinak adja át a hibrid kollektor a nyári felesleges hőt, így a rendszer mintegy szezonális energiatároló működik. Az alkalmazott hibrid kollektor legfeljebb 40°C hőmérséklettel fűti a talaj mély rétegeit nyáron. Svájcban jelenleg az új lakások 60%-a hőszivattyú beépítésével készül.<sup>66</sup> Ez a rendszer Zalaegerszegen csak akkor lehet sikeres, ha a mélyszondás hőszivattyú szondáját nem veszi körül talaj vagy rétegvíz mivel annak mozgása elszállíthatja a téli félévre „letárolt” energiát.

### Termékek

Magyar viszonylatban **padlófűtés rásegítésre vagy hőszivattyús főforrásként** a következő típus **felel meg műszakilag és pályázati források szempontjából leginkább**, mivel ennek a típusnak van meg az ún. SolarKeymark minősítése:

Fototherm FT250Cs<sup>67</sup>

### Levegős hibrid kollektor

**Levegős hibrid kollektorok** főleg akkor jelentenek energetikai megoldást, ha szükség van nagymennyiségű előmelegített levegőre. Például:

- **középletek légtechnikai rendszerének frisslevegőjének előfűtésére,**
- sport intézmények frisslevegő ellátásakor
- esetleg faiparban.

<sup>66</sup> Forrás: <http://www.2sol.ch/>

<sup>67</sup> [http://www.fototherm.com/images/certificazioni/seriecs/scheda\\_tecnicafototherm-cs.pdf](http://www.fototherm.com/images/certificazioni/seriecs/scheda_tecnicafototherm-cs.pdf) 2015. november 19.





6.32 számú ábra: Hibrid, levegő előfűtő PV-t kollektor<sup>68</sup>



6.33 számú ábra: Hibrid, levegő előfűtő PV-t kollektor<sup>69</sup>



Gyártó:  
SolarWall

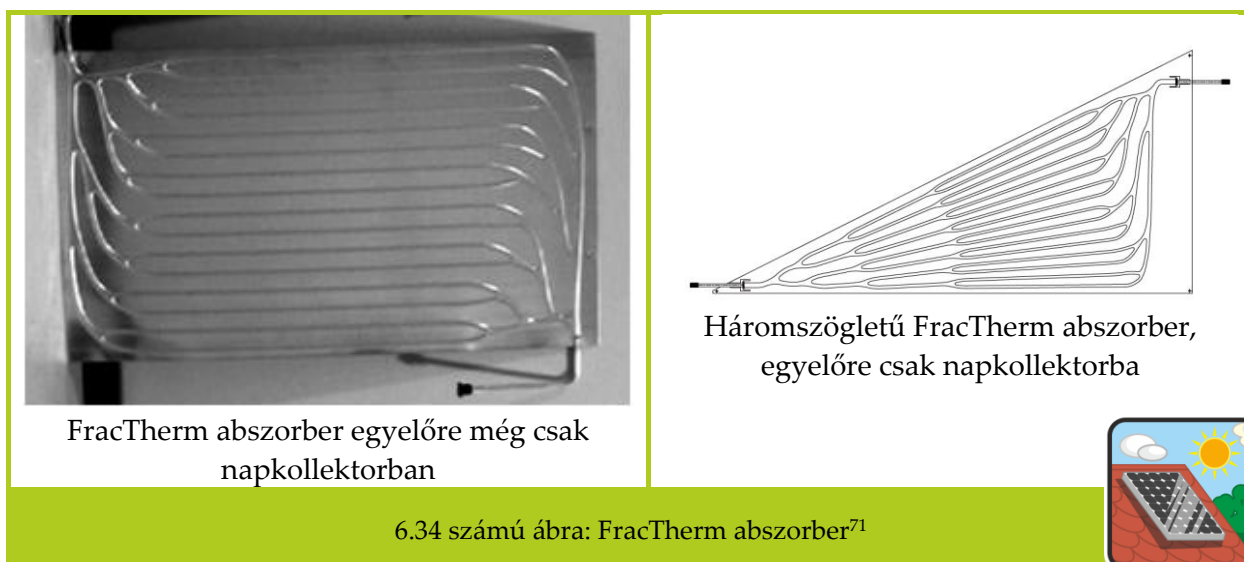
<sup>68</sup> Forrás: <http://solarwall.com/en/products/pvthermal/pvt-photo-gallery.php> 2015.

<sup>69</sup> Forrás: <http://solarwall.com/en/products/pvthermal/pvt-photo-gallery.php> 2015.



### Továbbfejlesztés iránya

A PV-T napelemek mögé szerelt napkollektorok energiagyűjtő lemezeinek (abszorber lemez) csövezésben az élőlények érhálózatát utánzó energiagyűjtő lemezek tűnnek a legkedvezőbbnek az így jelentkező kisebb közegellenállás végül kisebb szivattyúzási ellenállás miatt. Szabadalmaztatott magvalósult formája az ún. FracTherm csövezés.<sup>70</sup>



A PV-T napelem-napkollektor hibridek másik továbbfejlesztési lehetősége, ha a napkollektor fejezetben bemutatott **vákuumszigetelésű TVP jellegű sík kollektorokba** építik majd a napelemet is hordozó abszorbert. Egy ilyen hibrid kollektor FracTherm abszorberrel jelenti majd az egységnyi felületről kinyerhető energia maximumát.

<sup>70</sup> Forrás: <http://web.cut.ac.cy/wp-content/uploads/sites/13/2014/08/2-4-TRIPANAGNOSTOPOULOS-BISTS-PVT.pdf>

<sup>71</sup> Forrás: [http://www.savosolar.fi/images/Savo\\_FracTherm\\_Technical\\_datasheet\\_EN.pdf](http://www.savosolar.fi/images/Savo_FracTherm_Technical_datasheet_EN.pdf)

## 6.11 Napkollektorok

Az energia önellátásban még a ~2010-es évek elején is kiemelkedő szerepet szántak a napkollektoroknak köszönhetően annak, hogy magas hatásfokkal képesek a napenergiát hővé alakítani és viszonylag egyszerű szerkezetek. A napkollektorok teljesítménye elsősorban a nap sugárzási intenzitásától, másodsorban a környezeti hőmérséklet és a napkollektortól igényelt hőmérséklet (melegvíz hőmérséklet) különbségétől függ. A leggyakoribb sík napkollektoroknál a gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a napkollektorok napsütéses időben ( $120 \text{ W/m}^2$ ) és minimum  $+5^\circ\text{C}$  hőmérséklettől képesek gazdaságosan energiát biztosítani. Önellátás szempontjából a napkollektorok számottevő hőenergia termelő képességére családi házas környezetben elsősorban a téli félévben lenne szükség, azonban erre csak a kiemelkedően jó minőségű sík és a jó minőségű vákuumcsöves kollektorok képesek. A mai kiváló kollektorok gazdasági mutatói azonban elmaradnak a napelemek mutatóitól, továbbá az épület energiaellátásának csak egy részét képesek biztosítani. Végül napelemek utóbbi években jelentkező jelentős árcsökkenését a napkollektorok mindez idáig nem tudták követni.

### Javasolt felhasználási területük

Ahol nyári félévben jelentkezik nagy mennyiségű melegvíz vagy technológiai hő igény és a hőenergia igény jelentősen meghaladja a villamos energia igényt. Ezen túl olyan családi házak tetőfelületeire ahol a napelem felszerelése nem gazdaságos a részleges árnyékoltság miatt. A napkollektorok kevésbé érzékenyek a részleges vagy időszakos árnyékoltságra, mint a napelemek.

Fontos felhasználási területük a napkollektoroknak még városi energiaellátás léptékben a távfűtés és a szezonális hőenergiatárolás támogatása, kiegészítése.

A nyári félév napenergia bőségét tudjuk velük viszonylag gazdaságos módon eltárolni a téli félévre, hőforrásként felhasználva a távfűtésben.

### Medencefűtő kollektorok

Ezek a legegyszerűbb szerkezetű napkollektorok.

Hova javasoljuk?

- ahol a kollektorok helyigénye nem akadályozza a villamos energiatermelés
- ahol a kültéri medencék fűtésére szükség van idény hosszabbítás szempontjából, de a levegő hőszivattyú-napelemes medencefűtés valamilyen okból nem választási lehetőség.

Ezeknek a kollektoroknak legfontosabb előnye, hogy nem fagyálló folyadékkal vannak feltöltve, és legtöbbször olcsó anyagokból készülnek, egyszerű szerkezetek. Fajlagosan kis költségű rendszereknek számítanak.

Hátrányuk: nem képesek  $\sim 50 \text{ C}$  feletti hőmérséklet tartós biztosítására, csak nyáron és néhány átmeneti napon működőképeseek.

### Biomassza-távfűtés-napkollektor

Ha a távfűtés hőforrása biomassza, elfogadható kiegészítője lehet a napkollektoros naperőmű, mint hőforrás a nyári félévben. Dániában, Németországban, Ausztriában ez a meggondolás bevált gyakorlattá vált sok esetben. Ausztriából Linz városának biomassza ORC erőművére építettek napkollektorokat a távfűtés nyáron jelentkező használati melegvíz igény ellátására.



A szoláris távfűtés hőszolgáltatás ára optimális esetben 50€/MWh körüli, ami európai szinten versenyképes ár.<sup>73</sup>

Szlovéniában is a biomassza távfűtésre segít rá a napkollektoros rendszer.

<sup>72</sup> Forrás: 2015. november 22. <http://solar-district-heating.eu/Portals/0/NewFolder/SDHplus%20Brochure%20Download.pdf>

<sup>73</sup> Forrás: 2015. november 22. <http://solar-district-heating.eu/Portals/0/NewFolder/SDHplus%20Brochure%20Download.pdf>



Napkollektorok a Vransko, Szlovénia távfűtő központ tetőjén<sup>74</sup>



100 m<sup>3</sup> puffer a vranskoi távfűtésben a napkollektorok stagnációs üzemének elkerülésére és a rendszer hatásfok növelésére



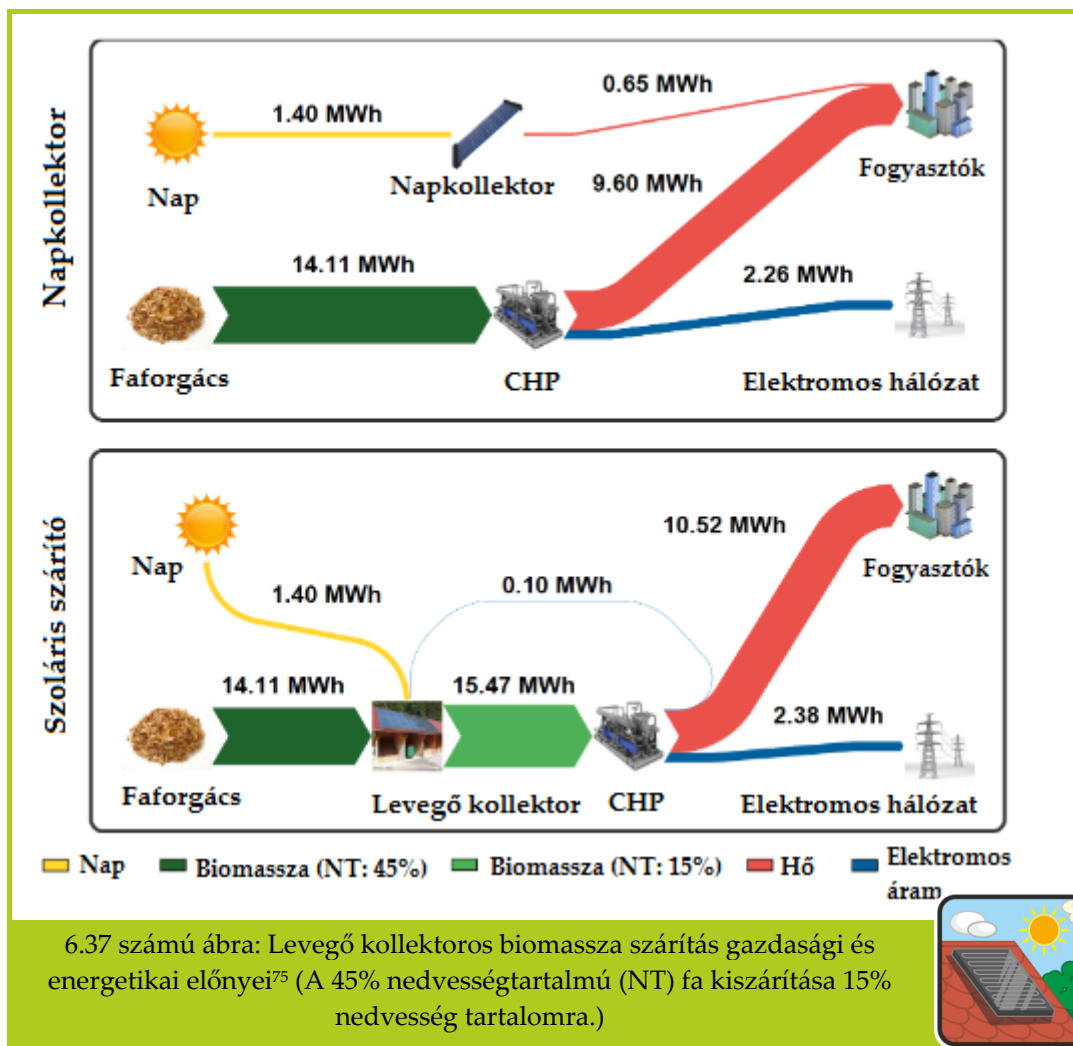
6.36 számú ábra: Napkollektorok a távfűtő műben Szlovéniában

Alkalmazott napkollektorok: SOLID gluatmugl HT  
Mező felület : 842.3 m<sup>2</sup>, össz. teljesítmény 370 kW

Más szoláris távfűtési projektben a következő kollektor típusokat alkalmazták:  
ARCON Solar A/S HT-SA 28-10

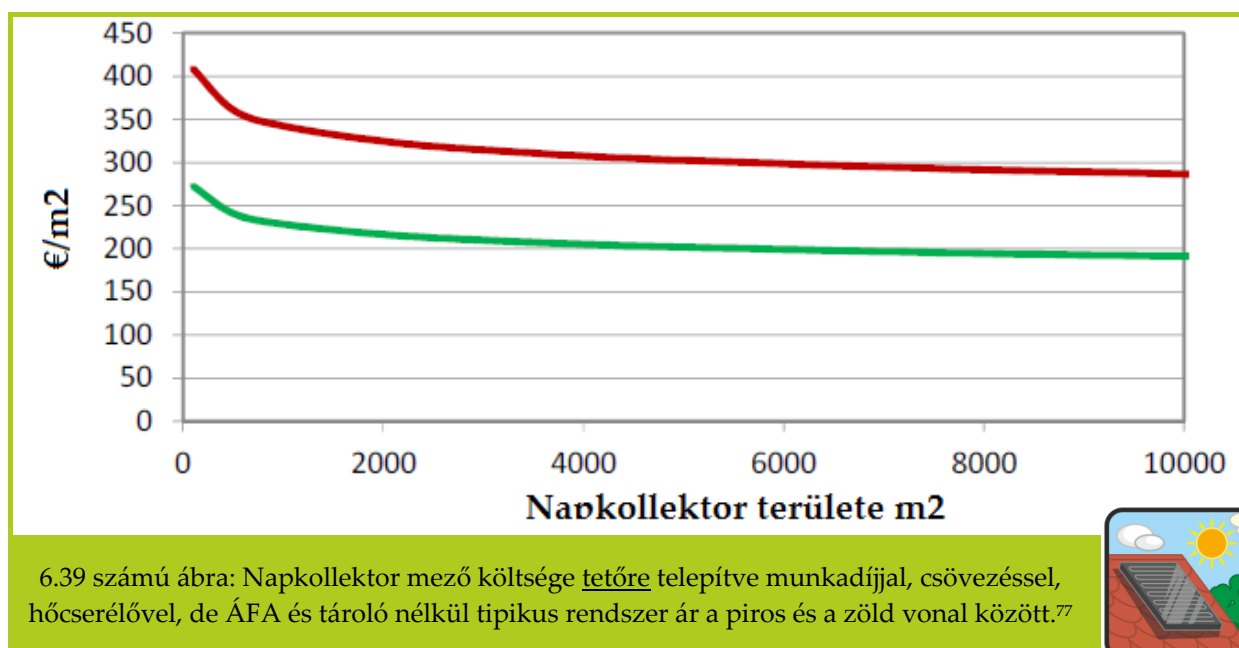
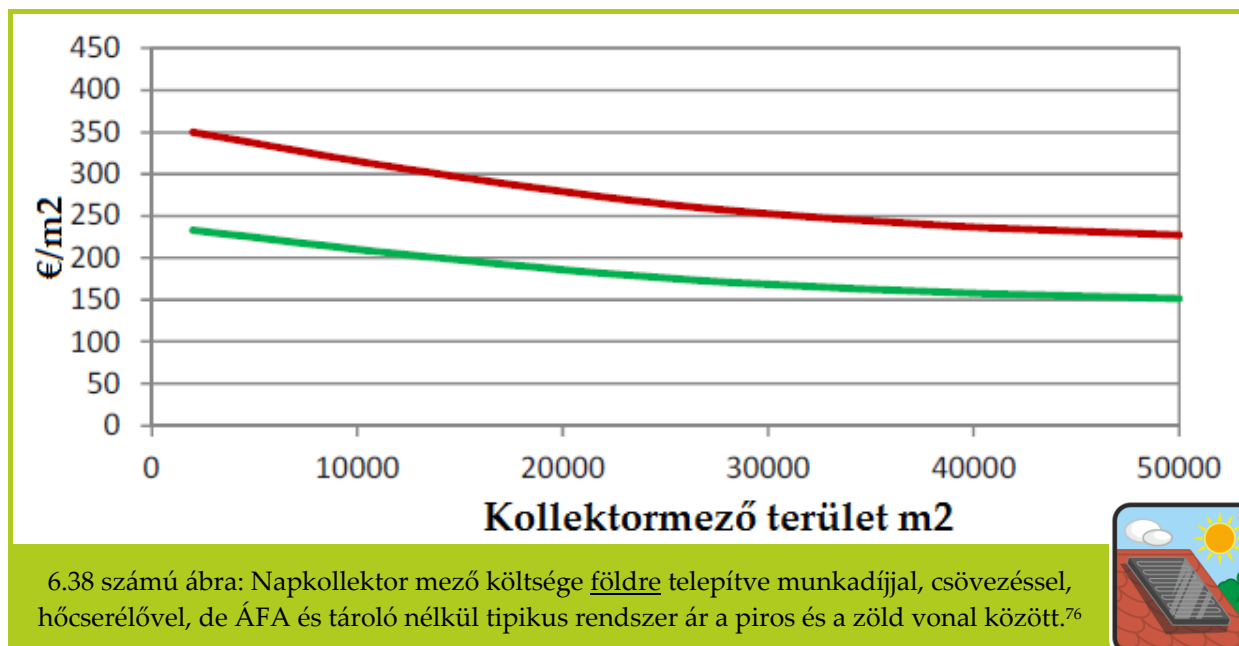
<sup>74</sup> Forrás: <http://solar-district-heating.eu/Portals/0/NewFolder/SDHplus%20Brochure%20Download.pdf>





A napkollektorok alkalmazásának a biomassza alapú távfűtésben egy másik módja, ha frissen aprított fás szárú biomassza szárításához használjuk fel. (lásd szoláris szárításról szóló rész) Ez több egyidejű előnnyel is jár, mivel a fahulladékot közismerten könnyebb nedvesen aprítani, a friss biomasszát ugyanakkor szárítani kell a gombásodás és a lebomlás megindításának elkerülésére. A fenti ábrából leolvasható, hogy ez energetikailag is kedvező a szárítással 15% nedvességtartalomra szárított ez által magasabb fűtőértékű fa felhasználása. Igaz, a biomassza természetes úton szétterítve, forgatva is szárítható, azonban ez általában nagyon munkaerő és idő igényes feladat, és szilárd burkolatú (betonozott) szabad területet is igényel. A fa apríték természetes lebomlása 2-4% havonta.

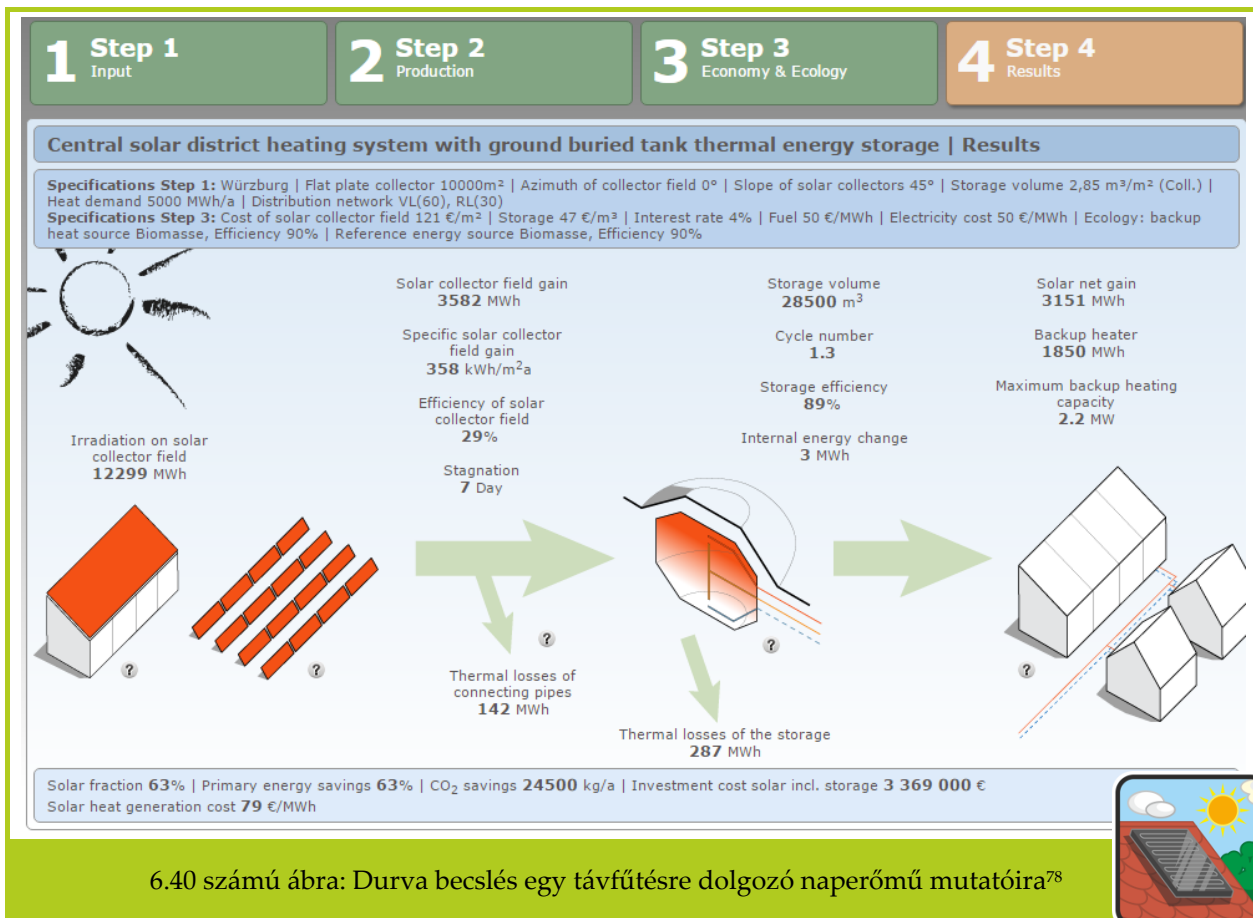
<sup>75</sup> Forrás: [http://porto.polito.it/2606554/1/PhD\\_Noussan\\_final.pdf](http://porto.polito.it/2606554/1/PhD_Noussan_final.pdf) 2015. november 22.



<sup>76</sup> Forrás: <http://solar-district-heating.eu/LinkClick.aspx?fileticket=gGYLyhgsWhc%3D&portalid=0> 2015. november 22.

<sup>77</sup> Forrás: <http://solar-district-heating.eu/LinkClick.aspx?fileticket=gGYLyhgsWhc%3D&portalid=0> 2015. november 22.

## Szoláris távfűtés durva költségbecslő, méretező online szoftver



### Mintaszámítás

Központi napkollektoros távfűtés rendszer földbe temetett tárolóval

A rendszer:

10000 m<sup>2</sup> sík kollektor déli irányban telepítve 45°feltámasztással  
(Milánói meteorológiával számolva.)

Tároló méretezése: 3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> (kollektor felületre vetítve) 30000 m<sup>3</sup>

Éves hőigény a távfűtő rendszerben: 5000 MWh/a

Távfűtés elosztó hálózat: 60/30 °C

Földre telepített kollektor fajlagos költsége: 121 €/m<sup>2</sup>

Tároló fajlagos költsége: 46 €/m<sup>3</sup>

Biomassza fűtés hatásfoka: 90%

<sup>78</sup> Forrás: <http://www.sdh-online.solites.de/Tool/2> 2015. november 22.

Napkollektor fajlagos hozama: 384 kWh/m<sup>2</sup>a

Biomassza fűtés éves energiája: 1626 MWh

Maximum biomassza fűtés teljesítmény: 2,4 MW<sub>th</sub>

Szoláris hányad: 67%

Szoláris hőtermelés fajlagos költsége: 75 €/MWh (40%-os támogatással)

A Zalaegerszegre érvényes eredmények ettől valamelyest eltérhetnek, mivel a fenti modell milánói meteorológiai adatokat vesz figyelembe, viszont nyugat európai költségekkel is számol.

Fontos kiemelni, hogy amennyiben a távfűtési rendszer hőmérséklete 70/40°C nő a szoláris hőtermelés fajlagos költsége: 75 €/MWh-ról 83 €/MWh-ra emelkedik. Míg 80/60 C hőfoklépcsőnél már ún. magas hőmérsékletű kollektort érdemes választani, de így is 89 €/MWh növekszik az önköltségi ár. Mindezek 40% támogatás mellett érvényes árak!

Mivel a földre telepített fotovillamos naperőművek is képesek ma már ennél kedvezőbb áron villamos energiát előállítani - ami könnyedén és kedvező költségek mellett hővé is alakítható (Power to heat) -, emiatt **a napkollektoros erőművek mellett csak a jobb helykihasználás szól a biomassza távfűtés kiegészítéseként.**

Míg a magas hőmérsékletű napkollektorok fajlagos hozama ~400 kWh/m<sup>2</sup> érték körül tetőzik, addig a versenyképes fotovillamos naperőművek területre vetített hozama ~180 kWh/m<sup>2</sup>, vagyis durván dupla akkora területet igényel fotovillamos naperőművel előállítani a szükséges hőenergiát. Hőszivattyúval kombinálva a PV naperőművet ez megfordítható, ha 2-nél jobb jóságú fokú hőszivattyút választunk. Így akár 90°C hőmérsékletet is előállíthatunk pl CO<sub>2</sub> munkaközegű hőszivattyú vagy ún. kétlépcsős hőszivattyúval. Igaz, hogy így újra a gazdaságosság kérdését kell vizsgálni.

**Összefoglalva klasszikus lakossági távfűtési rendszerben a nyári használati melegvíz igény lefedésére - ami a teljes hőenergia-igény ~5-10%-a - javasoljuk a napkollektorok alkalmazását.** A linzi biomassza távfűtési rendszer is ilyen (630 m<sup>2</sup> kollektor). De egyéb esetben kérdéses a gazdasági létjogosultsága és mindenképp a tárolók megléte és a rendelkezésre álló terület mennyisége alapján javasolt a döntést meghozni.

### **Tetőre telepített napkollektoros rendszerek**

A napkollektoros rendszereket elsősorban azokra a családi házakra és közintézményekre javasoljuk telepíteni, ahol a villamos energia önellátáshoz elegendő napelem mennyiség után is van kellő tető vagy más telepítésre alkalmas felület. Ahol a biomassza, vagy PB gáz fűtés a téli fő hőforrás és kellő méretű energiatároló tartály (puffer) rendelkezésre áll és ahol jelentős nyári használati melegvíz igény jelentkezik (pl. idősek otthona) és jellemzően alacsony hőmérsékletű fűtés rendszer van kiépítve (pl padlófűtés).



Ismert típusok: Sík kollektorok, vákuumcsöves kollektorok, átfolyós rendszerű rendszerek szifonos kollektorok.

### Sík kollektorok

Egységnyi felületről minél több napenergia begyűjtése szempontjából a prémium minőségű sík kollektorok a legkedvezőbbek. Mivel a napkollektor külső befoglaló mérete és az energiagyűjtő felület nagysága ún. abszorber felület szinte egybe esik, azaz nem veszítünk értékes tetőfelületet. Sajnos azonban mára a napkollektorok gazdasági mutatói elmaradnak a napelemekétől. Elsősorban mivel a napkollektor általában csak a fajlagosan alacsonyabb költségű földgáz költségét tudja - de azt is csak részben - kiváltani.

Fajlagos ár nettó (csak a szokványos kollektorok ára): 150-250 €/m<sup>2</sup>

A sík kollektorok előnye, hogy néhány gyártó szokatlanul nagy méretben ~30 m<sup>2</sup> és szokatlan formákban is gyártja felárért ~30-40%. Így olyan felületek is felhasználhatók az energia önellátás forrásaként, ami más technológiával nem elérhető.



Tető formájához gyártott napkollektor<sup>79</sup>



Homlokzat formájához gyártott napkollektor<sup>80</sup> 16 m<sup>2</sup>



6.41 számú ábra: Napkollektor példák

<sup>79</sup> Forrás: <http://www.naturenergie-bayern.com/?p=2799> 2015. november 25.

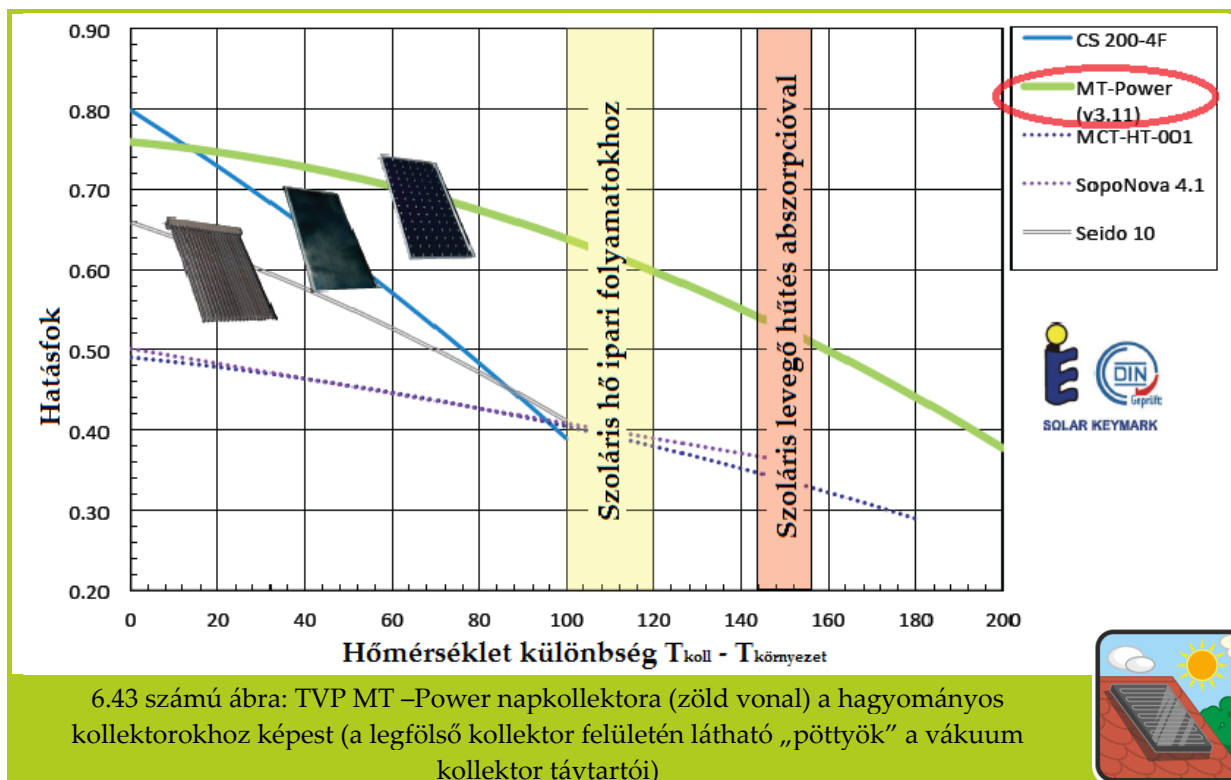
<sup>80</sup> Forrás: <http://www.thuesolar.de/referenzen/kollektoren-nach-mass/> 2015. november 25.

Homlokzatra szerelt sík napkollektorok (mivel a lenti ábrán jelentős a használati melegvíz igény, több energia nyerhető ki a homlokzaton napkollektorral, mint napelemmel):



### Vákuumos sík kollektorok

A piacon kapható technológiailag legfejlettebb és leginkább előre mutató kollektorban a szigetelés szerepét vákuum adja. Így érve el kiváló hőszigetelést és kiváló hatásfokot valamint hely kihasználást (gondoljunk a tetők kevés nem árnyékos szabad felületére). Kiemelkedik még ez a kollektor a 100%-ban újrahasznosítható szerkezetével, illetve kisebb a fajlagos tömegével is. Ez a kollektor képes 100-200°C hőmérséklet előállítására is, ezért jelenleg leggyakrabban az Arab Emírségek Masdar városában telepítenek belőle a legtöbbet szoláris hűtés hőforrásaként.



<sup>81</sup> Forrás: <http://www.naturkraftheizung.com/> 2015. november 25.

Fajlagos ára<sup>82</sup> egyetlen forrás szerint: 250 €/m<sup>2</sup>

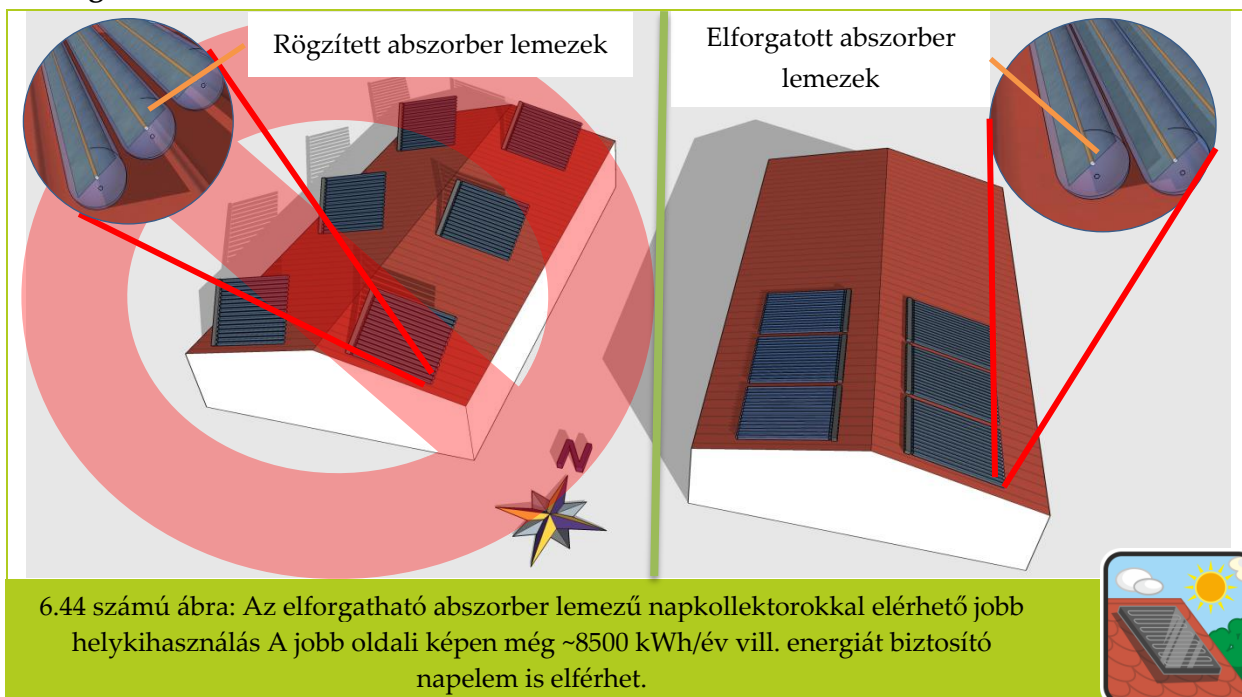
Amennyiben ilyen vákuumos szigetelésű és minőségű kollektor típusok több gyártónál is megjelennek, ez lehet a kollektorok továbbfejlődésének egyik lehetséges iránya. Mivel ezek a kollektorok gyakorlatilag szinte „érzéketlenek” a külső hőmérsékletre még -10 C esetén is képesek energiát szolgáltatni gyenge napsütéses időben.

Más gyártó is kínál vákuum szigetelésű kollektort a piacon azonban azok műszaki paraméterei messze elmaradnak a fent bemutatott TVP kollektorétól. Vagyis nem elegendő a vákuumszigetelés szerint dönten.

### Vákuumcsöves kollektorok

Legfontosabb előnyük, hogy magasabb hőmérsékletet képesek biztosítani, mint a legtöbb sík kollektor, és általában nagyobb energiatermelő felületre vetített fajlagos éves hozamuk van mint a legtöbb sík kollektornak. Hátrányuk: hogy ugyan akkora nettó energiagyűjtő felülethez több tetőfelületre van szükség a csövek között „elveszett” hely miatt. A legjobb jellemzően svájci gyártmányok 70% feletti átlagos hatásfokra is képesek. Ezek fajlagos ára: 1000-1200 €/m<sup>2</sup> ami gazdaságossági szempontból csak akkor fogadható el ha a fűtési-résztételre is szeretnék ezeket a kollektorokat használni és a kollektorok az épület karakterének, stílusának szerves részei vagyis nemcsak energiatermelő funkciót töltenek be. Indokolhatja még a prémium kategóriás napkollektorok alkalmazását a következő ábrán bemutatott helyzet Pl. észak déli tető gerincű épületen vagy lapos tetős épületen.

### Elforgatható abszorber lemezes vákuumcsöves kollektorok:



6.44 számú ábra: Az elforgatható abszorber lemezes napkollektorokkal elérhető jobb helykihasználás. A jobb oldali képen még ~8500 kWh/év vill. energiát biztosító napelem is elférhet.

<sup>82</sup> Forrás: [http://www.comune.grottaminarda.av.it/download/5\\_Particolare%20pannelli%20e%20chiller.pdf](http://www.comune.grottaminarda.av.it/download/5_Particolare%20pannelli%20e%20chiller.pdf) 2015.



A fenti ábrán bemutatott napkollektorok képesek lehetnek 40-80 °C hőmérséklet huzamos biztosítására valamilyen technológiai folyamathoz. Így éves szinten ~8000-10000 kWh<sub>th</sub>/év hőenergiát biztosítani. Ha a jobb oldali megoldást, vagyis az elforgatható abszorberű napkollektort választanak további ~8500 kWh<sub>e</sub> villamos energia is kinyerhető ugyan arról a tető felületről. Fontos kiemelni, hogy ilyen napkollektoros rendszert akkor érdemes kiépíteni, ha szükség van megújuló energia alapú nyáron jelentkező magas 50°C + feletti hőmérsékletre (pl. prémium kategóriás bio-konzervipar). Mert egyébként a napelem-hőszivattyú páros kedvezőbb mind energetikai mind gazdasági szempontból vagy akkor ha a hőszivattyús rendszer akadályokba ütközik, Pl. régészeti terület miatt nem lehet talaj hőforrást használni, vagy ha a levegő-vizes hőszivattyút valami akadályozza.

Kijelenthető, hogy a vákuumcsöves napkollektoros rendszereknek a legtöbb esetben van jobb megújuló energia alapú alternatívája, de adott esetben ha magas hőmérsékletekre van szükség érdemes lehet számításba venni.



Homlokzaton nyáron folyamatos jelentős meleg víz igény esetén négyzetméterenként ~3 × annyi energia nyerhető ki elforgatható abszorberű napkollektorral mint napelemmel.<sup>83</sup>

A fenti példában egy étterem és egy uszoda működéséhez szükséges melegvíz energiáját tudják megtermelni az adott homlokzaton, tisztán napelemmel nem lett volna elegendő az energia (hőszivattyú nem jöhetett számításba a belvárosi környezet miatt)

<sup>83</sup> Forrás:

[http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Solar\\_Vakuumroehrenkollektoren\\_165868.html?img=0&layout=galerie](http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Solar_Vakuumroehrenkollektoren_165868.html?img=0&layout=galerie) <http://www.ikz.de/1996-2005/2002/10/0210026.php> 2015. november 25.



Elforgatható abszorber lemezes kollektor típusok:

ELCO GmbH AURON DF 20

Kingspan Renewables Ltd. VARISOL DF

Viessmann Vitosol 200-T SPE

**Hibrid PV-T elforgatható abszorber lemezű napelem-napkollektor:**

Homlokzatról az elforgatott abszorber lemez miatt jelentkező többszörös energiahozamot biztosító ún. PV-t hibrid kollektorokra is találni példát. A vákuumcsöves kollektorok formájában kialakított kollektort a következő ábra szemlélteti.



Ezt a hibrid kollektort azonban csak kifejezetten alacsony hőmérsékletű felhasználásokhoz javasoljuk pl. medence pótvíz előmelegítés. Mivel a napelemek hozama nagyon visszaesik, ha a kollektorok belső hőmérséklete ~50 °C fölé emelkedik.

**Napkollektorok ipari felhasználása**

Ésszerű felhasználása ipari célokra a napkollektoroknak a napkollektoros kocs mosó, illetve a söripar üvegmosási víz előmelegítési feladatai. Mivel ezeknél a felhasználásoknál egybe esik a megnövekedett melegvíz igény és a napkollektorok jobb nyári hő hozama.

<sup>84</sup> Forrás: <http://goo.gl/m9u1Vu>

<sup>85</sup> Forrás: <http://goo.gl/m9u1Vu>



Napkollektoros kocsimosó



Napkollektorok a Gösser ausztria sörgyárában



6.47 számú ábra: Napkollektoros példák

Ezekben az alkalmazásokban egy-egy négyzetméter napkollektor felület  $\sim 3 \times$  annyi energiát szolgáltat, mint ugyanakkora felületű napelemek. Itt is több energiát lehetne begyűjteni napelem-hőszivattyú kombinációval azonban a legtöbb esetben kevésbé lenne gazdaságos, mint a közvetlen napkollektoros hőtermelés.

Összefoglaló táblázat:

Napkollektorok előnyei	Napelemek előnyei:
Magasabb fajlagos energiahozam területre vetítve kWh/m <sup>2</sup>	Alacsonyabb fajlagos energia előállítási költség €/kWh
Magasabb munkaerőigény	Magasabb élettartam (25-30 év+)
Legtöbbször nem igényel engedélyeket a telepítése	Nagyobb arányú energia-kiváltás az épületben (villany, fűtés, e-autózás)
Napon belül olcsón eltárolható energiát ad	Kisebb helyigény az épületben
Jobb árnyékoltság tűrés	Több célra felhasználható a megtermelt villamos energia
Szokatlan formákban is legyártható, így adott esetben jobb lehet a tetőkihasználás	Hálózatra visszatáplálható a villamos energia
	Alacsonyabb karbantartási költségek

6.2 számú táblázat: Napkollektorok és napelemek előnyei

#### Adatbázisok:

Németországban támogatható napkollektorok adatbázisa:

[http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare\\_energien/solarthermie/publikationen/energie\\_ee\\_solarliste.pdf](http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare_energien/solarthermie/publikationen/energie_ee_solarliste.pdf) 2015. november 25.

Solarkeymark minősítés adatbázisa, EU forrású pályázatokhoz ilyen minősítésű kollektorok közül lehet választani: <http://www.solarkeymark.dk/CollectorCertificates> (~1700 féle)

## 6.12 Napkövető napkollektoros rendszerek

A napkövető napkollektoros rendszerek közül Magyarországon a koncentrátoros rendszerekre találni példát, pl a Bethesda kórház tetején. Azonban ezek a rendszerek komoly statikai terhet jelentenek az épületek tetőzetésre, illetve jelentős az árnyékoló hatásuk. Így, adott esetben egy-egy tetőről kevesebb energia gyűjthető be, mint tetősíkra telepített elforgatható abszorberű napkollektorokkal, vagy hőszivattyú napelem párossal. Általában ma már a napkollektorok kedvezőtlenebb gazdasági mutatókkal rendelkeznek, mint a napelemek, és mivel a napkövető napkollektorokra ez fokozottan igaz, belvárosi környezetbe nem javasoljuk ilyen típusok felszerelését. A napkövető napkollektorok karbantartási költsége még a hagyományos napkollektorokénál is magasabb (mozgó alkatrészek) ezért külvárosba (tágas telepítési helyszínre) is csak akkor javasoljuk, ha a magas hőmérsékleten előállított forró víz tárolása valamiért korlátokba ütközik. Ha tárolható a forró víz a fixen telepített vákuumcsöves kollektorok jobb gazdasági döntést jelenthetnek Magyarországon, ahol a napsugárzás koncentrációja csak jellemzően a nyári félévben oldható meg - ezáltal a napkövető rendszerek előnyei csak korlátozottan használhatók ki.

## 7. Szélenergeia



### 7.1 Jogszabályi környezet

Az általunk ajánlott szélérőmű típusok bemutatása előtt ezek elhelyezhetőségét vizsgáljuk. Hasonlóan más energiatermelő egységekhez a szélérőművek sem telepíthetők akárhova, elhelyezésükről világszerte kiterjedt szabályrendszer ad iránymutatást. Természetesen ez a szabályrendszer területenként változó, az EU-ban sincs egységes állásfoglalás a szélérőművek telepíthetőségét illetően. A fejezetben a magyar szabályozás keretei kerülnek bemutatásra, kiemelve azokat a tényezőket, amelyeket elengedhetetlen figyelembe venni egy szélturbina telepítésekor.

A modern szélérőművek hatászónája vízszintes tengelyű turbinák esetén hagyományosan a névleges teljesítménnyel együtt növekszik. Ehhez próbál igazodni a jogszabályi környezet (314/2005. (XII. 25.)) Korm. rendelet), amely kimondja, hogy a környezetvédelmi hatóság előzetes vizsgálatban hozott döntésétől függően környezeti hatásvizsgálat készítésére kötelezett tevékenységek:

- minden 600 kW-nál nagyobb villamos teljesítményű szélérőmű
  - területi megkötés nélkül
- minden 200 kW-nál nagyobb villamos teljesítményű szélérőmű
  - barlang védőövezetében
  - Natura 2000 területén, illetve védőövezetében
  - védett természeti területen

Előzetes vizsgálat nélkül környezetvédelmi hatásvizsgálat elkészítésére kötelezett tevékenységek:

- minden 10 MW összteljesítményt meghaladó szélérőmű telepítése
  - országos jelentőségű védett természeti területen

Az általunk javasolt szélérőművek, méretük és beépített kapacitásuk miatt (lásd: *Telepítésre ajánlott szélérőművek bemutatása* című fejezet) előzetes környezetvédelmi hatásvizsgálatra kötelezett kategóriába tartoznak. Ha az elbírálás során az illetékes hatóság úgy ítéli meg, hogy a tevékenység végzése indokolja, akkor környezetvédelmi hatásvizsgálat beszerzésére kötelezheti<sup>86</sup> a kérvényezőt. A jelenleg érvényes szabályok szerint a környezetvédelmi hatásvizsgálati eljárás időtartama legfeljebb 3 hónap.<sup>87</sup> Az engedélyezési folyamatot meggyorsíthatja például, ha a védett állatfajok naplózása már az energetikai célú szélmérésekkel együtt megkezdődik (lásd: *Korszerű energetikai szélmérések* című fejezet) Ezt a

<sup>86</sup> 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról

<sup>87</sup> Forrás: [http://ktvkktvf.zoldhatosag.hu/menu/ugyfelinformacio/ugyintezesi\\_hataridok.htm](http://ktvkktvf.zoldhatosag.hu/menu/ugyfelinformacio/ugyintezesi_hataridok.htm)



lejáratot követően megújítani szükséges, erről a hatóság előzetes értesítést küld a tevékenységet végző fél számára.

A szélérőművek telepítésének környezetvédelmi szempontjairól Fiskus O. tanulmányában<sup>88</sup> olvashatunk pontos részleteket. Ez az irányadó dokumentum tartalmazza a telepítést kizáró tényezőket, illetve ezek indoklását főleg környezeti-, ökológiai- és egészségügyi nézőpontból. A szélturbinák méretéből és jellegéből adódóan számos elhelyezést kizáró vagy korlátozó tényezővel kell számolnunk. A teljesség igénye nélkül ilyenek lehetnek:

- Nemzeti Parkok
- Tájvédelmi körzetek
- Natura 2000 területek
- Vízfelületek
- Repülőterek
- Erdővel borított területek
- Közúthálózat elemei
- Közműhálózat

Tájvédelmi körzet, nemzeti park és természetvédelmi terület nem esik Zalaegerszeg területére. Ennek értelmében a szélérőművek alkalmas telepítési helyszíneinek megállapításakor figyelembe vett tényezőket az *Jelenlegi magyar szabályrendszer* című rész tartalmazza. Ezek közül a legnagyobb kiterjedésű (36,7 km<sup>2</sup>) Zalaegerszeg város beépített területeit jelenti. Az országos területrendezésről szóló törvény (2003. évi XXVI. törvény) a szélérőmű parkok telepítésére vizsgálat alá vonható területeket a következőképpen határozza meg:

- Szélturbina telepíthető a megyei területrendezési tervben a szélérőművek telepítésére vizsgálat alá vont övezetekben
- A megye területrendezési terve a belterület határától legalább 1000, de legfeljebb 2000 méteres védőtávolságot határozhat meg, a települési térség védelme érdekében

Zala megye rendezési terve azonban nem határoz meg szélérőművek telepítésére alkalmas területet az országos területrendezési terv (OTrT) hiányosságaira hivatkozva.<sup>89</sup>

Fontos tehát megjegyezni, hogy Magyarországon és világszerte szélérőművek telepítésekor bizonyos területek mérlegelés nélkül kizárásra kerülnek. Ezekhez a területekhez sok esetben védőzóna is tartozik, tehát például a Nemzeti Parkok területének tőszomszédságába sem lehet villamosenergia-termelő egységet telepíteni, így szélturbinát sem. Védőzónákra főként a szélérőművek működési hangnyomásának és rezgésének, árnyékhatásának, illetve egy esetleges katasztrófa alkalmával az élővilág és a lakosság védelmének érdekében van szükség.

---

<sup>88</sup> Forrás: FISKUS O. 2005: Szélenergia és természetvédelem – Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Természetvédelmi Hivatala, Budapest, 2005. 29 p.

<sup>89</sup> Forrás: ZALA MEGYE, 2010: Egyeztetési dokumentáció – Zala megye területrendezési terve módosítása, Zala megye Önkormányzata, Budapest, 2010. 162 p.

Bizonyos esetekben úgy találtuk, hogy a magyar jogszabályban rögzített védőzóna nagyságát a helyi viszonyok függvényében felül lehet bírálni. Erre példaként szolgálnak jelenleg is működő magyarországi szélerőmű parkok. Ilyen például a Levél és Mosonmagyaróvár között elhelyezkedő szélerőművek közül néhány, amelyek telepítése során a törvényben (314/2005. (XII. 25.)) foglalt 1000 méteres minimális védőtávolság felül lett bírálva. Ez a jelenség kellő körültekintéssel a jövőben is lehetőséget adhat a jogszabályok finomítására.

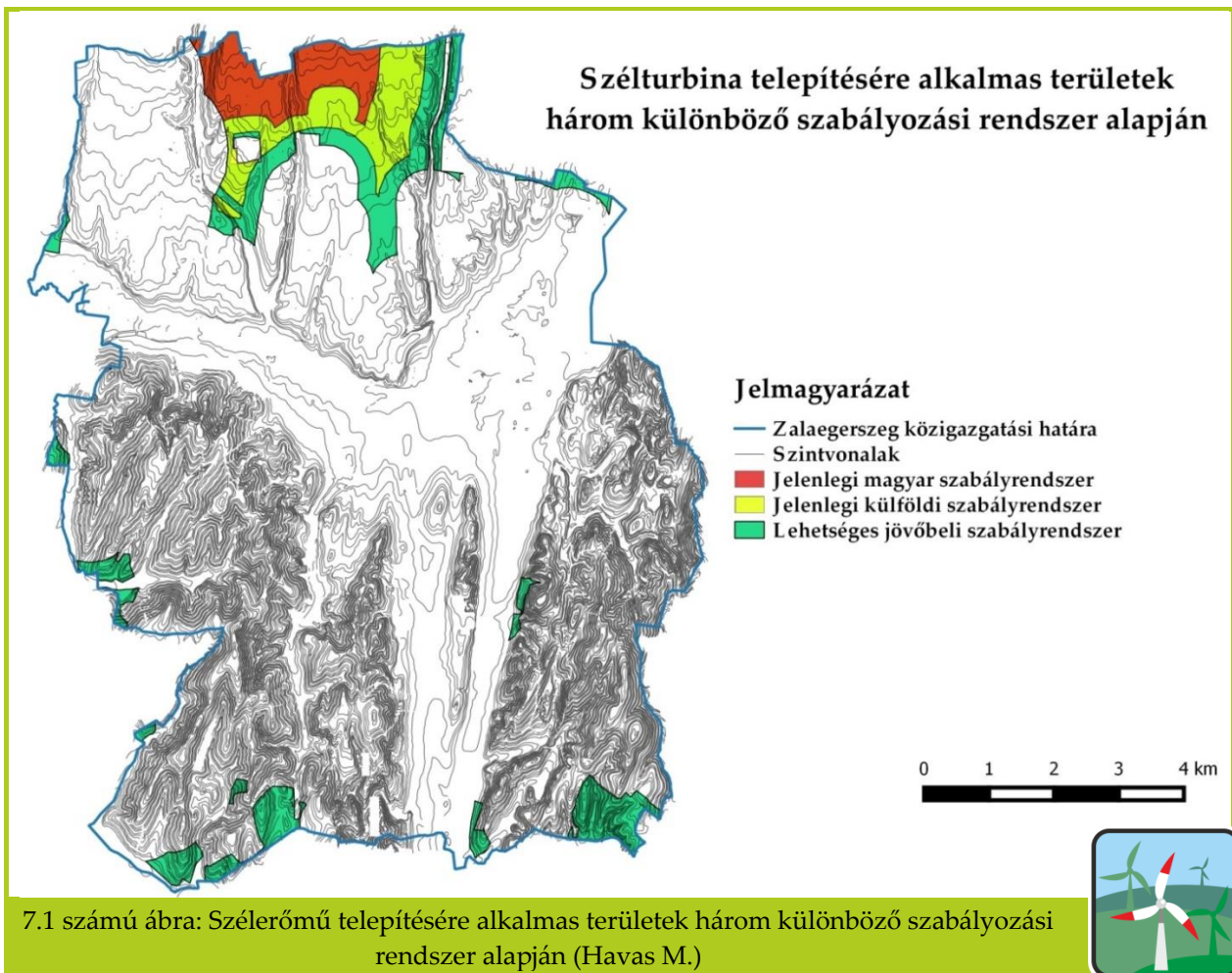
A hatályos jogszabályok és törvények figyelembevételével, illetve a magyar és a hazánknál nagyobb tapasztalattal rendelkező országok szabályrendszerének szembeállításával készítettük el a szélerőművek telepítésére vonatkozó forgatókönyveket.

## 7.2 Szélerőmű telepítési forgatókönyvek

A szélenergiára vonatkozó stratégia elkészítésekor érdemesnek láttuk több forgatókönyv megvizsgálását és elkészítését. A jelenlegi magyar szabályrendszer világviszonylatban is rendkívül szigorúnak és sok esetben indokolatlannak tekinthető. Elsőként ezt a szabályrendszert vizsgáltuk és ez alapján határoztuk meg a beépíthető kapacitás mértékét.

A szélenergia kapacitás kiaknázásában élen járó országok esetében számos példát találni arra nézve, hogy a jogszabályi környezet a természeti és emberi értékek figyelembevétele mellett, a szélturbinák telepítésére lett optimalizálva. Ilyen példákat ragadtunk ki három EU tagállamból, Görögországból, Németországból és Svédországból, illetve egyet az Amerikai Egyesült Államokból. A felsorolt országokban már napjainkban is a magyarországinál lényegesen nagyobb múlttal rendelkező és részletesebb jogszabályi környezet övezi a szélturbinák telepítését, ezért másodikként ezt részletezzük.

A harmadik forgatókönyvben 2050-re vonatkoztatva egyaránt előrelépést prognosztizálunk a jelenlegi pozitív szabályozási légkörben és a szélerőművek fejlődésében is. Ilyen fejlődés lehet például a szélerőművek tájba illeszthetőségét segítő gyártói korszerűsítések, így a hangnyomás csökkentése, a természetesebb színezés. Korábban problémát okozott a szélcsendes időszakban a turbinák lapátjaira fagyó jég, hiszen amikor a lapátok forgásnak indultak, akkor a jégdarabok egészen nagy távolságokra is képesek voltak elrepülni, ezzel akár komoly egészségügyi és anyagi károkat okozva. Ennek következtében a szélerőművek védőtávolságát egyes esetekben törvényileg növelni kellett. Ma már csak olyan turbinákat javasolunk telepítésre, amelyek fűthető lapátokkal rendelkeznek, ezzel elkerülve a jégkárokat. Egy másik példa a szélerőművek tájba illeszthetőségét és a veszélyhelyzetek egyidejű csökkentését elősegítő villódzó fényforrás, ami közeledő repülőket esetén automatikusan bekapcsol, azonban amikor ilyen veszély nem jelentkezik, akkor kikapcsolt állapotban van. A lehetséges jövőbeli forgatókönyvben ehhez hasonló technológiai előrelépésekre és ezzel egyidejűleg a szabályozási környezet további finomítására számítunk.



### 7.2.1 Jelenlegi magyar szabályrendszer

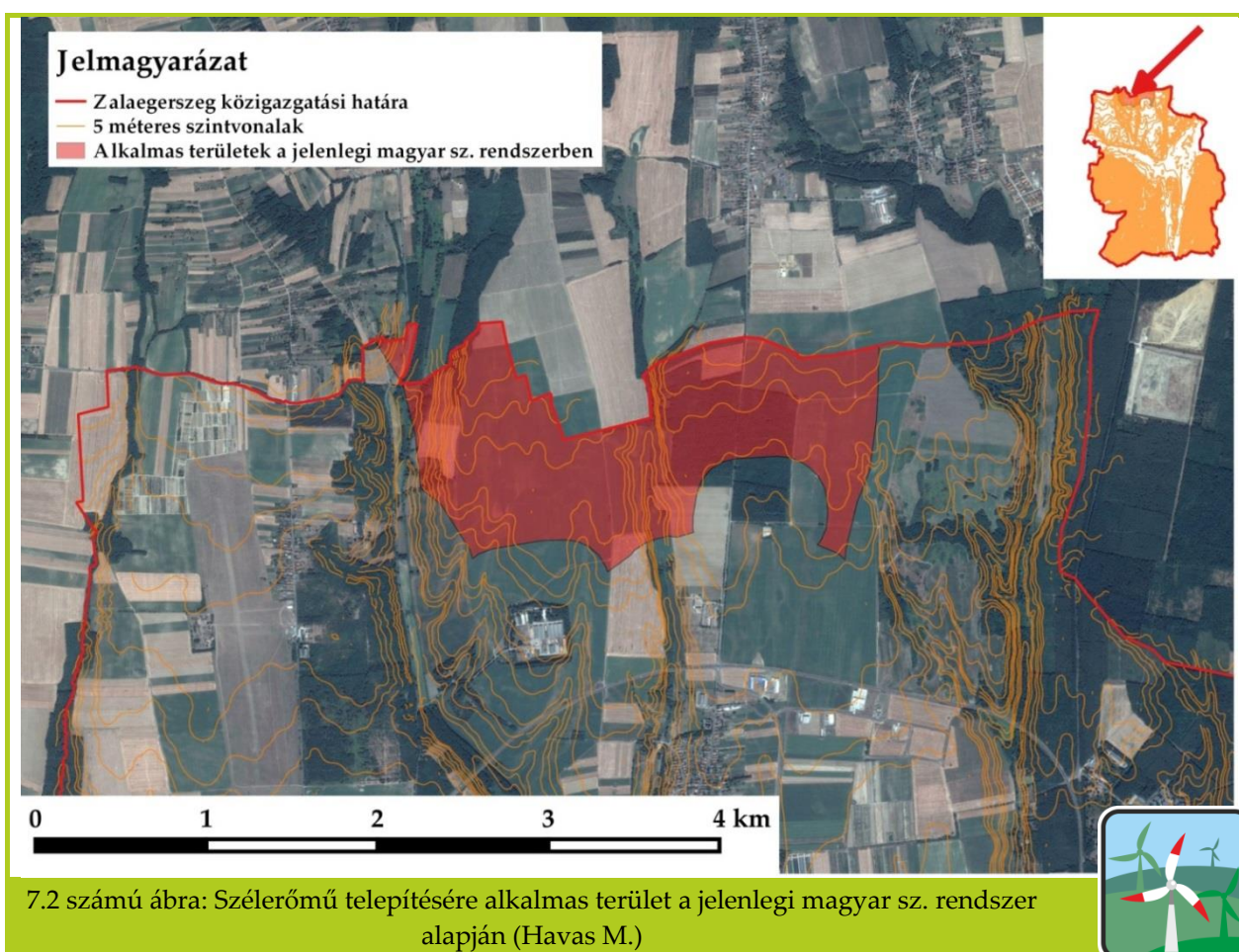
Ebben a forgatókönyvben a jelenleg hatályos magyar jogszabályokat vettük figyelembe. A törvény értelmében (2003. évi XXVI. törvény) 1000 méterben definiáltuk a beépített területek védőtávolságát, és a releváns forgatókönyvben ezt használtuk. Zalaegerszeg tekintetében mindenképpen ez a tényező bír a legnagyobb súllyal, hiszen a város közigazgatási területének legnagyobb részét lefedi a védőzóna. Az erdővel borított területek és az ökológiai hálózat védőzónái is jelentős sávokat zárnak ki a város teljes területén, míg északnyugaton az LHZA jelzésű repülőtér védőzónája korlátozza a telepítést. A repülőtér és az ökológiai hálózat esetében 1000, az erdők esetében 250 méteres védőtávolsággal kalkuláltunk.<sup>90</sup><sup>91</sup> Így kaptuk meg az következő ábrán látható helyszíneket, aminek értelmében Zalaegerszeg közigazgatási területének mindössze 2,35%-a alkalmas szélerőmű telepítésére.

<sup>90</sup> Forrás: TÓTH P. 2012: Győr-Moson-Sopron megye szélenergia-termelés potenciáljának vizsgálata térinformatikai módszerekkel – Szakdolgozat, ELTE TTK Földrajz és Földtudományi Intézet Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék, Budapest, 2012. 87. p.

<sup>91</sup> Forrás: FISKUS O. 2005: Szélenergia és természetvédelem – Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Természetvédelmi Hivatala, Budapest, 2005. 29 p.

Az így fennmaradó terület 234,3 ha. A jelenlegi magyar szabályrendszer mellett 17 darab szélérőmű telepítése és így ~50 MW beépített teljesítmény lenne elérhető.

A területen nagyfeszültségű vezeték, és a szerviz-utak kialakítására hasznosítható bekötőutak is találhatóak. A szélérőműveket célszerű a már meglévő bekötőutak vagy földutak mellé telepíteni, ezzel is csökkentve a környezeti terhelést, a költségeket és az kivitelezés idejét. A kivitelezés után, az általunk alkalmasnak talált területen mindenhol folytatódhatna a mezőgazdasági tevékenység (a szélérőművek közvetlen közelétől és a szerviz-utaktól eltekintve).



A forgatókönyvekben használt pontos védőtávolságokat és az eredményeket a következő táblázat tartalmazza.



Szempon t megnevezése	Jelenlegi magyar sz. rendszer	Jelenlegi külföldi sz. rendszer <sup>92</sup>	Lehetséges jövőbeli sz. rendszer
Beépített terület védőtávolsága (m)	1000	550-1000 <sup>93</sup>	500
Natura 2000 terület védőtávolsága (m)	1000	300	0
Repülőtér védőtávolsága (m)	1000	1000	1000
Erdővel borított terület védőtávolsága (m)	250	0	0
Ökológiai hálózat védőtávolsága (m)	1000	300	0
Alkalmas terület mérete (ha)	234,3	489,9	1037,5
Teljes terület százalékában (%)	2,35	4,91	10,39
Optimális darabszám (db)	17	25	50
Beépíthető teljesítmény (MW) <sup>94</sup>	51	75	150

7.1 számú táblázat: Különböző forgatókönyvek (szabályozási rendszerek) szerinti védőtávolságok



7.3 számú ábra: A szélerőművek karbantartását szerviz-utakkal kell biztosítani<sup>95</sup>



<sup>92</sup> Német, görög, svéd és amerikai példák alapján

<sup>93</sup> Németországban 550, míg Svédországban és Görögországban 1000 méter a beépített területek védőtávolsága, átlaggal számítva

<sup>94</sup> Az időjárásmodell alapján kiválasztott Nordex N131/3000 típusal számolva

<sup>95</sup> Forrás: [www.rwe.com](http://www.rwe.com)

## 7.2.2 Jelenlegi külföldi szabályrendszer

Jelenlegi külföldi szabályrendszerként néhány Európai Unió tagország, Németország, Svédország és Görögország, illetve az Amerikai Egyesült Államok esetében tapasztalható szélturbina telepítési eljárást vettük figyelembe. Így a felsorolt országokban hatályos jogszabályok alapján meghatározott korlátozó tényezőket és védőzónákat összegyűjtöttük.

A külföldi szabályrendszert azért vettük számításba, mert várható, hogy 2050-ig Magyarországon is előrelépés történik a szélerőművek telepítésére vonatkozó jogszabályok finomításának tekintetében.

A példa országokban telepítéskor használatos védőzónákat összegyűjtöttük és a táblázatban együttesen tüntettük fel. A magyar jogszabályokkal ellentétben a védett területeknek (Ökológiai Hálózat, Nemzeti Park, Természetvédelmi Terület) Németországban nincsen védőzónája, azzal a kitételrel, hogy amennyiben az érintett területen madarak vagy más repülő állatok fészkelnek, akkor ezt figyelembe kell venni és legalább 300 méteres védőtávolságot kell hagyni.<sup>96</sup>

A beépített területek szigorú magyar védőzónáira szép ellenpélda, hogy az Egyesült Királyságban az RWE Npower Renewables nevű céget feljelentették, mert a szélturbinák telepítésekor a beépített területekre nem alkalmaztak megfelelő védőtávolságot. Ezzel a beruházó eleget tett a tervezési dokumentumoknak, mert védőtávolság nem volt meghatározva. A legfelsőbb bíróság elutasította az indítványt arra hivatkozva, hogy a szélturbinákra kivetett védőzóna szembe menne az ország és az Európai Unió megújuló energia célkitűzéseivel.<sup>97</sup>

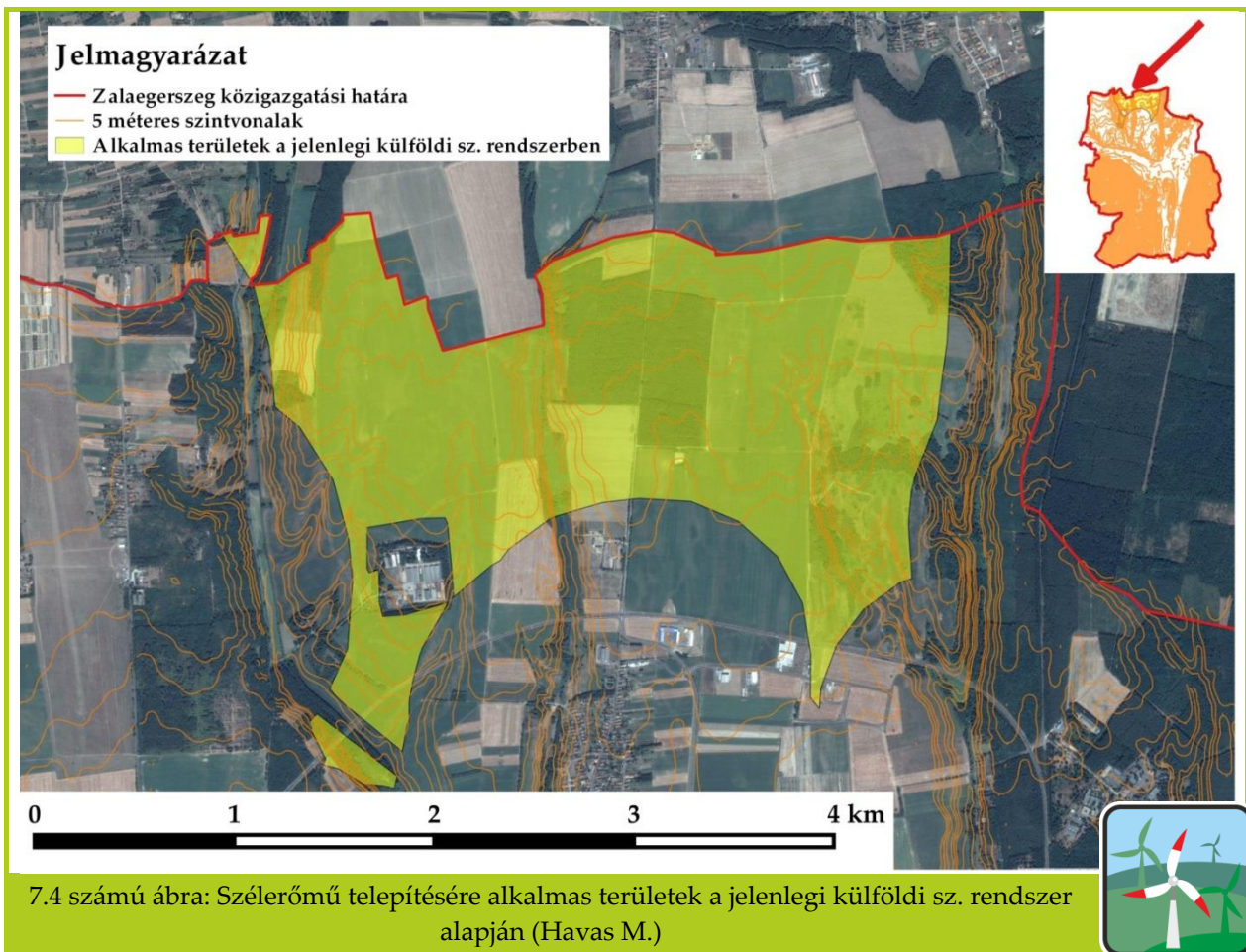
**A jelenlegi külföldi szabályrendszer szerint, ma erre a területre külföldön a magyarnál jóval több, 25 db szélturbina és ~75 MW beépített kapacitás válna elérhetővé Zalaegerszeg számára. Ez azt jelenti, hogy ha Zalaegerszeg Németország területén helyezkedne el, akkor ott 8-10 darab szélerőművel és ~25 MW kapacitással többet tudnának beépíteni.**

A külföldi megközelítés során alkalmasnak tekintett területeket a következő sárgával jelöltük, ezek teljes mérete 489,9 ha. Ezt a jelenlegi magyar szabályrendszerben elérhető területekkel összehasonlítva látható, hogy **ha Zalaegerszeg Németországban helyezkedne el, akkor ott kétszer annyi terület állna rendelkezésre szélerőművek telepítésére, mint idehaza.**

---

<sup>96</sup> Forrás: HÖFER ET AL. 2014: Sunak, Y.; Siddique, H.; Madlener, R.; Höfer, T. – Wind farm siting using a spatial hierarchy process approach: A case study of the Städteregion Aachen

<sup>97</sup> Forrás: <http://www.theguardian.com/environment/2013/apr/15/high-court-buffer-zones-windfarms>



### 7.2.3 Lehetséges jövőbeli szabályrendszer

A lehetséges jövőbeli szabályrendszer esetében azt vettük alapul, hogy a szélerőművek korszerűsítése még nem teljesen kiaknázott és a jogszabályi környezet további finomításával is számoltunk. Európai szinten az a folyamat látható, hogy döntéshozók a jogszabályokat igyekeznek a környezeti-, társadalmi-, és ökológiai értékek védelmével a szélerőművek számára legkedvezőbbben kialakítani. Ez több szempontból is előnyös, hiszen a megújuló energiaforrások részarányának növelése egyaránt előnyös a társadalom, a környezet és az élővilág számára is.

Biztonsági okokból a repülőterek egyezményes védőtávolságán a jövőben sem várhatóak változtatások, így ezt az értéket mindegyik esetben 1000 méternek tekintettük.

Az általunk lehetségesnek vélt jövőbeli forgatókönyvben a beépített területek (például lakóházak, kereskedelmi és ipari egységek) védőtávolsága 500 méterre csökkent. Azonban itt fontos kiemelni, hogy Németországban ez az érték már 2014-ben is 550 méterben volt megállapítva (HÖFER, T. ET AL. 2014).<sup>98</sup> Ez főként a szélerőműveket övező magas társadalmi

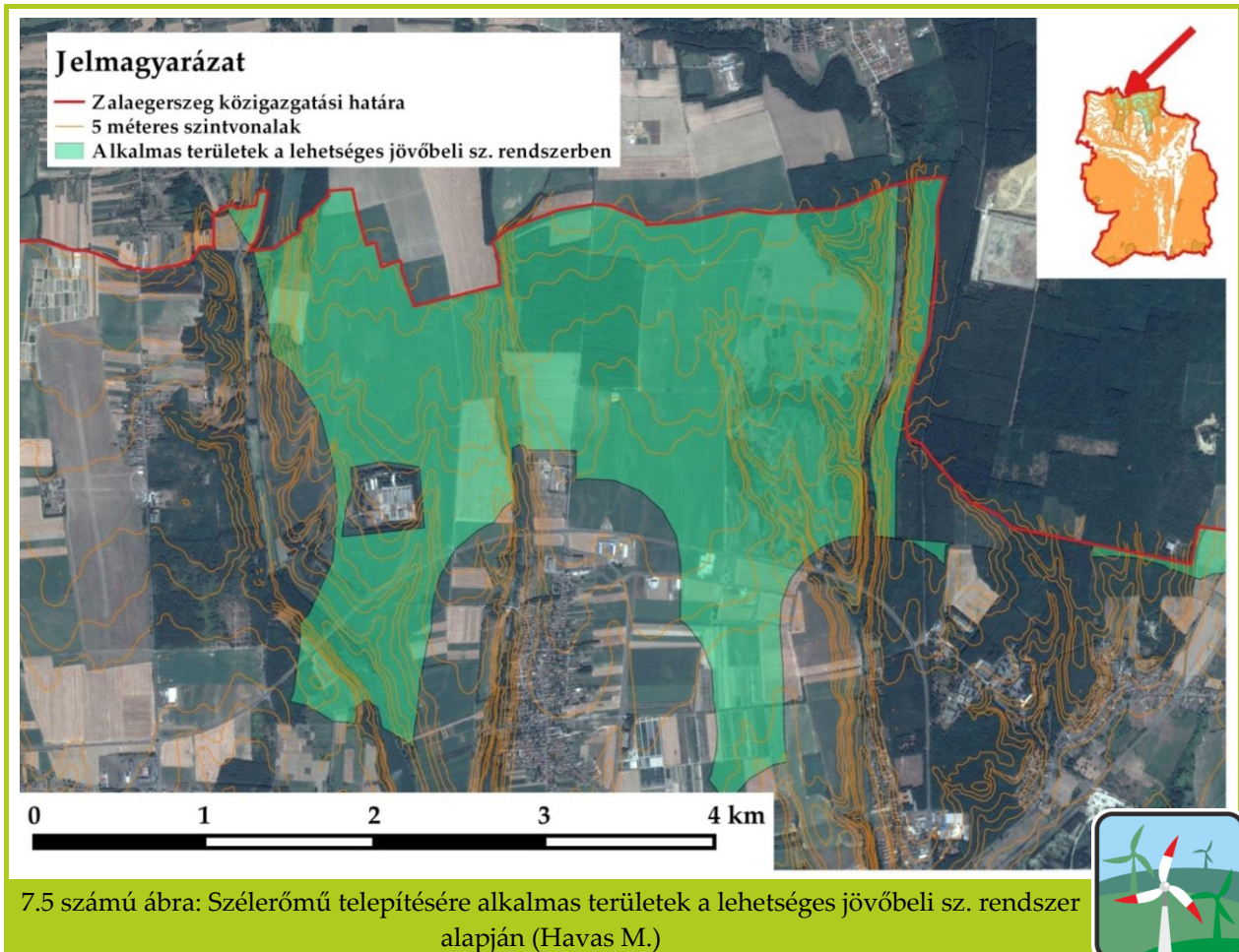
<sup>98</sup> Forrás: HÖFER ET AL. 2014: Sunak, Y.; Siddique, H.; Madlener, R.; Höfer, T. – Wind farm siting using a spatial hierarchy process approach: A case study of the Städteregion Aachen



elfogadottságnak és Németország évtizedekre visszanyúló telepítéssel kapcsolatos tapasztalatának köszönhető.

A lehetséges jövőbeli szabályrendszer forgatókönyvében alkalmasnak vélt területeket zöld színnel tüntettük fel az ábrán.

Számításunk szerint így kb. 50 darab szélérőmű elhelyezésére lenne lehetőség, ami az általunk legalkalmasabbnak talált erőmű (Nordex N131/3000) adataival számolva ~150 MW beépített kapacitást jelentene a város számára.

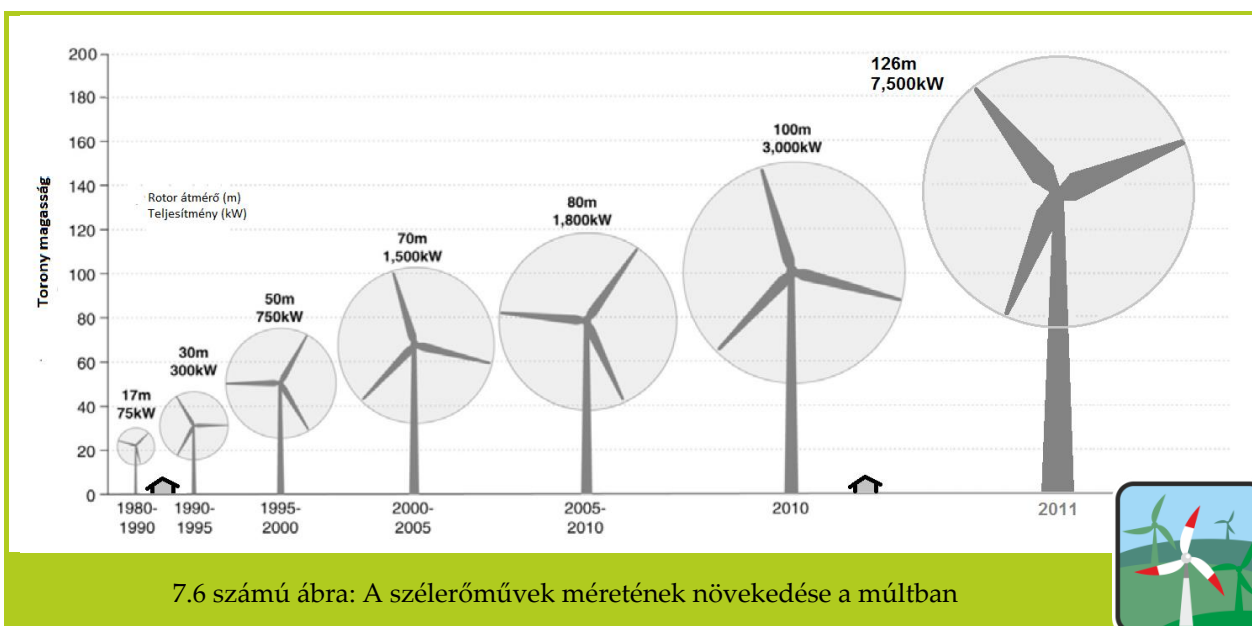




### 7.3 Telepítésre ajánlott szélérőművek bemutatása

Az EWEA<sup>99</sup> szerint napjainkban egy átlagos szélérőmű 2,5-3 MW teljesítménnyel és 50 méteres lapátokkal rendelkezik. Ehhez átlagosan 100 méteres torony- és 140-150 méteres teljes magasság járul.

2050-ig azonban a ma korszerű méretűnek tekintett szélérőművek is elavultak lesznek. Ma a legnagyobb forgalomban lévő szárazföldi (onshore) szélérőmű 7,5 MW teljesítményű és majdnem 200 méteres teljes magassággal rendelkezik. Várhatóan a jövőben ez a méret lesz a meghatározó a piacon, hiszen a kinyerhető szélenergia mértéke a magassággal és a lapátok által súrolt felülettel is növekszik.



7.6 számú ábra: A szélérőművek méretének növekedése a múltban

Ebben a tanulmányban olyan típusokat szeretnénk bemutatni, amelyek már ma is kereskedelmi forgalomban kaphatóak, azonban előremutató mérettel és korszerű technológiával rendelkeznek. A bemutatott szélérőműveket költségek szempontjából és a kiválasztott helyszínen modellszámítások alapján eredményül kapott termelési adatok alapján hasonlítjuk össze.

A szélérőművek magasságának megválasztásakor a következőket kell szem előtt tartani:

1. A torony magasságának fajlagos ára (milyen mértékben növeli a beruházás költségeit a nagyobb toronymagasság)
2. A helyi szélprofil változékonysága a magassággal (a domborzatnak erősen kitett helyeken mindenképpen a lehető legmagasabb oszloppal érdemes kalkulálni)
3. A villamos energia átvételi ára kWh-ban kifejezve
4. A szélenergia szerepe az energia önellátásban (csökkentheti a szezonális energiatárolás volumenét)<sup>100</sup>

<sup>99</sup> European Wind Energy Association

<sup>100</sup> Forrás:

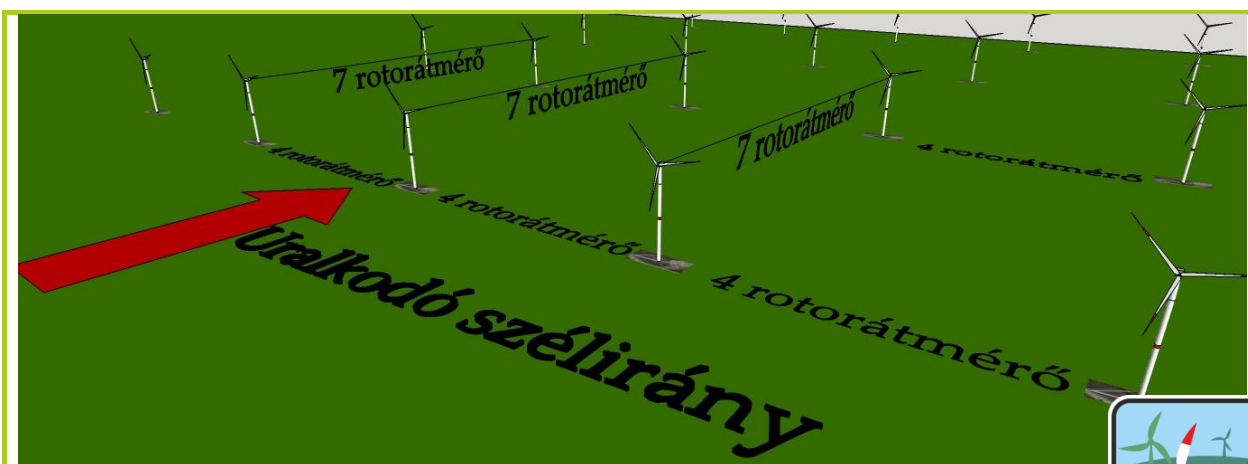
[http://mstudioblackboard.tudelft.nl/duwind/Wind%20energy%20online%20reader/Static\\_pages/tower.htm](http://mstudioblackboard.tudelft.nl/duwind/Wind%20energy%20online%20reader/Static_pages/tower.htm)



7.7 számú ábra: A korszerű szélenergia-berendezések (a képen E-126) lapátját a szállítás megkönnyítése érdekében több darabból szerelik össze



A turbinák méretéből és a termelés jellegéből adódóan nagyon fontos, hogy az elhelyezéskor az egyes turbinák ne kerüljenek egymás szélárnyékába. A területen kialakítandó szélfarm esetében az egyes turbinák optimális elhelyezését a nemzetközi gyakorlatból ismert módon alakítottuk ki. Ez alapján elmondható, hogy az uralkodó széliránnyal megegyezően átlagosan 7, míg erre merőlegesen 4 rotor átmérő távolságot szükséges a turbinák között hagyni a turbulencia hatásának minimalizálása érdekében.<sup>101</sup>



7.8 számú ábra: A nemzetközi gyakorlatból ismert szélfarm elrendezés vázlata (Havas M.)<sup>102</sup>



<sup>101</sup> Forrás:

[http://mstudioblackboard.tudelft.nl/duwind/Wind%20energy%20online%20reader/Static\\_pages/park\\_effect.htm](http://mstudioblackboard.tudelft.nl/duwind/Wind%20energy%20online%20reader/Static_pages/park_effect.htm)

<sup>102</sup> Forrás:

[http://mstudioblackboard.tudelft.nl/duwind/Wind%20energy%20online%20reader/Static\\_pages/park\\_effect.htm](http://mstudioblackboard.tudelft.nl/duwind/Wind%20energy%20online%20reader/Static_pages/park_effect.htm)

alapján Havas M.

Az általunk Zalaegerszeg területére javasolt szélérőmű park 3D-s modellje a következő ábrán látható. A 3D-s modellen a szalagok a szélérőművek áramlási egymásra hatását hivatottak szemléltetni. A turbulencia érzékeltetésére a 7.9 ábra szolgál. A távolságok mellett a szélturbina sorokat egymáshoz képest átlósan eltolva szokták elhelyezni a legnagyobb energiatartalmú szélirány szempontjából. A szélérőművek egymáshoz viszonyított elhelyezése hatalmas jelentőséggel bír, az NREL szerint a nem megfelelő elrendezésű telepítés akár 40%-os teljesítményvesztést is eredményezhet.<sup>103</sup> A szélérőművek végleges elhelyezésének helyességét mindenképpen egy számítógépes (CFD) modell segítségével érdemes igazolni, azonban ennek elkészítése túlmutat a jelen dokumentum keretein. Egy ilyen számítógépes áramlásmodell fontosságát szemlélteti a tengeri szélérőművekről készített légi fotó.



7.9 számú ábra: A Zalaegerszeg területére javasolt szélérőmű park 3D modellje a turbulencia hosszak jelölésével (Pálfi Sz.)

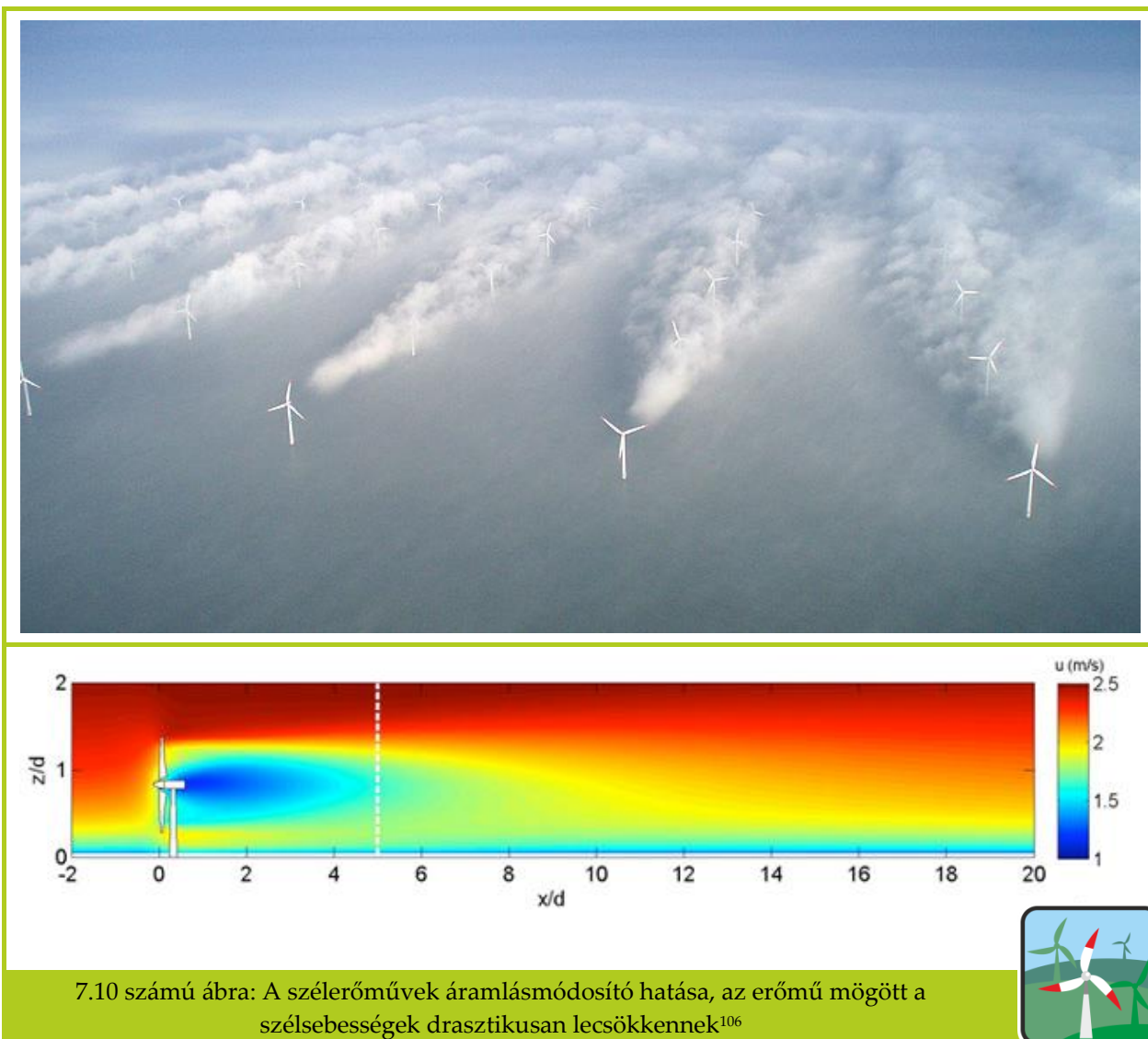


A nemzetközi besorolás (IEC<sup>104</sup> 61400-1) szerint az alacsonyabb szélességekre ajánlott szélérőműveket (IIA-B, IIIA, IIIB) javasoljuk telepítésre, hiszen ezek alkalmazkodnak legjobban a magyar és a zalaegerszegi szélviszonyokhoz. Ilyen erőműve van például a Siemensnek, a Nordexnek és a Vestasnak is. Ezen kívül a Senvion német gyártó 2015-ben mutatta be a rendkívül alacsony szélességekre tervezett turbináját.<sup>105</sup>

<sup>103</sup> Forrás: <http://www.nrel.gov/news/features/2012/1995>

<sup>104</sup> International Electrotechnical Commission

<sup>105</sup> Forrás: <http://www.windpowermonthly.com/article/1363936/senvion-launches-low-wind-34mw-turbine-140-metre-rotor>



7.10 számú ábra: A szélérőművek áramlásmódosító hatása, az erőmű mögött a szélsébségek drasztikusan lecsökkennek<sup>106</sup>

### 7.3.1 Enercon E-126 EP4<sup>107</sup>

Ez a szélérőmű típus még nem került forgalomba, 2015-ben prototípus üzembe helyezését tervezik.<sup>108</sup>

Az Enercon turbina jövőbemutató méretekkel, toronymagassággal és rotor átmérővel, illetve teljesítménnyel rendelkezik. Várakozásaink szerint a turbinák méreteiben további növekedés várható az elkövetkezendő 30 évben, hiszen így a kinyerhető szélenergia mennyisége is növekszik. Úgy látjuk, hogy **Zalaegerszeg számára az alacsony felszín közeli szélsébségek miatt a lehető legmagasabb és legnagyobb rotor átmérővel rendelkező szélturbinát érdemes telepíteni.**

<sup>106</sup> Forrás: <http://www.nrel.gov/news/features/2012/1995>

<sup>107</sup> Forrás: <http://www.enercon.de/en/products/ep-4/e-126-ep4/>

<sup>108</sup> Forrás: <http://www.sunwindenergy.com/wind-energy/enercon-presents-new-4-mw-turbine>



Az Enercon Zalaegerszegtől nem messze, Bécs mellett is rendelkezik egy összeszerelő üzemmel. Innét rövid időn belül, biztonságosan tudják szállítani a megrendelt szélérőművek tornyait. Az egyéb alkatrészeket (lapát, turbina, generátor stb.) pedig Németországból szállítaná a gyártó. A többi gyártó jellemzően Németországból, illetve Dániából és Franciaországból szállítaná a turbinák alkatrészeit. A bemutatott Enercon turbina további előnye, hogy a gyártásához nem használnak ritkaföldfémeket (pl. neodímium), ezért a turbina a jövőben sem lesz kitéve e nyersanyagárak ingadozásának.<sup>109</sup>

Ez a típus a valós meteorológiai adatok alapján készített modellünkben átlagos eredményeket ért el. Ez annak köszönhető, hogy az erőmű teljesítménytényezője nem teljes mértékben a Zalaegerszegen jellemző szélviszonyokra van optimalizálva. Azonban úgy látjuk, hogy hasonló teljesítményű (4-5 MW) erőművek alacsony szélesebességekre is elérhetőek lesznek az elkövetkezendő 5 évben. A nagy szélérőmű gyártók jelenleg is versenyben vannak, hogy meghódítsák az alacsony szélesebességekkel rendelkező területeket.<sup>110</sup>

### 7.3.2 Nordex N131/3000<sup>111</sup>

Összehasonlításunkban ez a szélérőmű mutatta a legjobb tulajdonságokat. A jellemzően alacsony szélesebességekkel rendelkező területeken a Nordex N131/3000 típusú erőmű bizonyult a legjobbnak. Ez a teljesítménytényező-görbén és az összehasonlító táblázatban is észrevehető. A piachoz igazodva a Nordex is fejleszti az alacsony szélesebességekre tervezett turbináit, 2015-ben mutatták be az N131-es típus 3300 kW-os verzióját, amely 114 méter helyett, 134 és 164 méteres toronnyal érkezik. A változat 2016 közepétől lesz elérhető, azonban a termék már rendelkezik a megfelelő nemzetközi minősítésekkel, így az engedélyezési dokumentációkban, a legtöbb országban már ma is feltüntethető.<sup>112</sup> Ennél a gyártónál is várható a nagyobb méretű és teljesítményű alacsony szélesebességekre optimalizált erőművek további megjelenése.

---

<sup>109</sup> Forrás: ENERCON, 2015: New 4MW platform - Windblatt Magazine, Enercon, Germany, 2015. 15 p.

<sup>110</sup> Forrás: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-09-15/senvion-takes-on-nordex-with-low-wind-turbine-to-boost-share>

<sup>111</sup> Forrás: <http://www.nordex-online.com/en/produkte-service/wind-turbines/n131-30-mw.html>

<sup>112</sup> Forrás: [http://www.nordex-online.com/en/news-press/news-detail.html?tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=2661&cHash=730bd0d9fc](http://www.nordex-online.com/en/news-press/news-detail.html?tx_ttnews%5Btt_news%5D=2661&cHash=730bd0d9fc)

### 7.3.3 Siemens SWT-3.3-130<sup>113</sup>

A Siemens típusa is a legjobb alacsony szélesebségekre tervezett turbinák közé tartozik.<sup>114</sup> 2017-től várható a legújabb, továbbfejlesztett típus megjelenése. A valós meteorológiai adatok alapján végzett összehasonlításunkban ez az erőmű is jó eredményeket mutatott.

Gyártó	Típus	kW	Torony- magasság	Rotor átmérő	Szélkategória	Fajlagos ár <sup>115</sup>
Alstom	ECO 122	3000	139	122	IIIA	1296 €/kW
Enercon	E-126 EP4	4200	144	127	IIA	1366 €/kW
Vestas	V126-3,3	3450	147	126	IIIA	1378 €/kW
Siemens	SWT-3.2-113	3200	142	113	IIA	1490 €/kW
General Electric	2,75-120	2500	139	120	IIIs	1491 €/kW
Nordex	N131/3000	3000	114	131	IIIA	1521 €/kW

7.2 számú táblázat: Szélerőmű típusok összehasonlítása (Havas M.)

## 7.4 Szélerőművekre vonatkozó modellszámítások

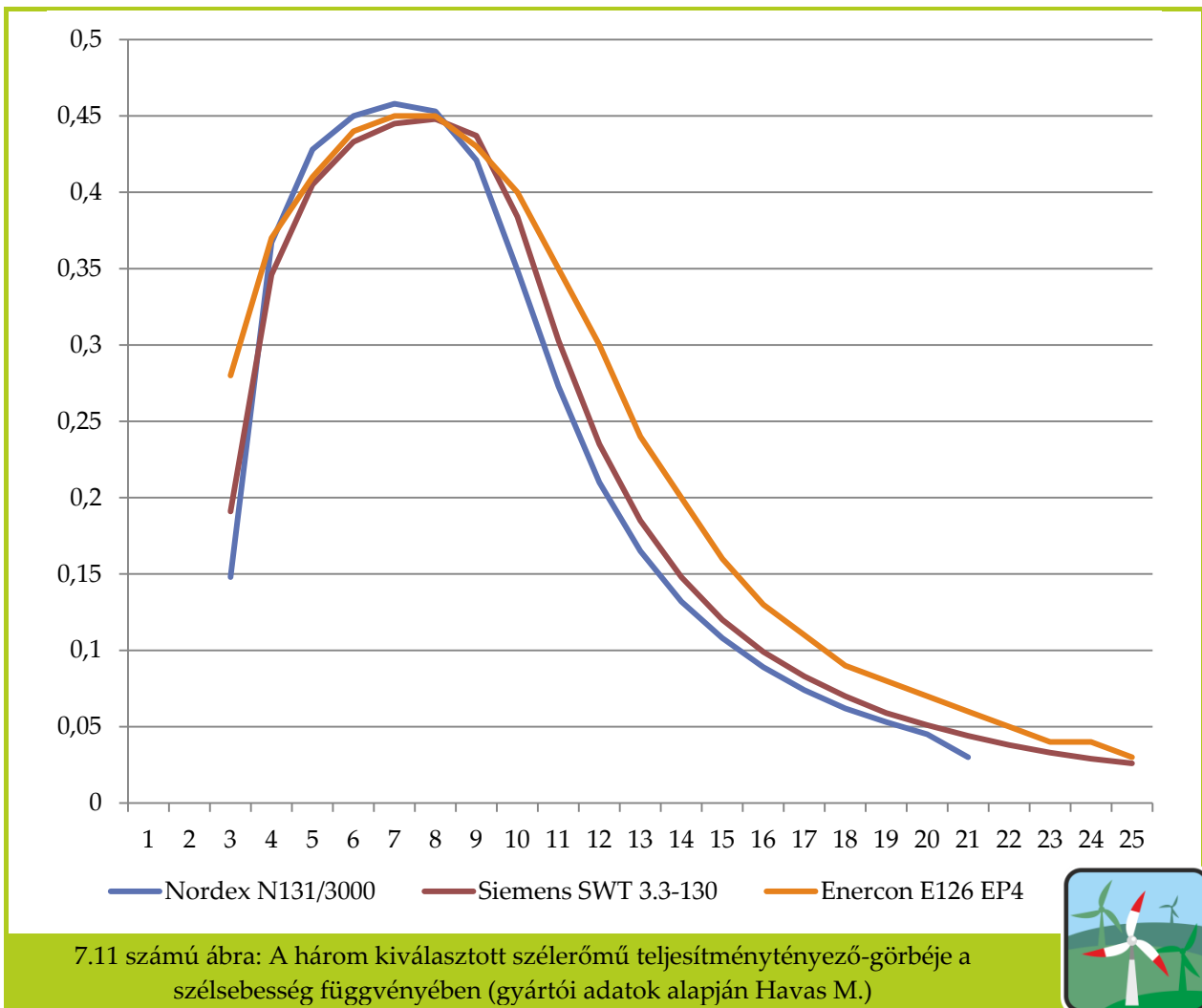
Modellünkben két év órás meteorológiai adatait vizsgáltuk és ez alapján három (alacsony szélesebségekre tervezett) szélerőművet hasonlítottunk össze. Az összehasonlításból kitűnik, hogy a Nordex típusú kimondottan alacsony szélesebségekre kifejlesztett erőmű ezen a területen jobban termel a Siemens és az Enercon alacsony szélesebségekre ajánlott típusainál. A számításhoz a gyártók által, az egyes szélesebségértékekre megadott teljesítménytényezőket használtuk. A meteorológiai adatokat tekintve a WMO (World Meteorological Organization) Hegyhátsálon (~10km távolságra Zalaegerszegtől) található mérőállomásának adatait használtuk (WMO Global Atmosphere Watch – World Data Center). A WMO ezen a helyszínen több magasságban is rögzíti az időjárási adatokat, mi a 115 méter magasan végzett mérések eredményeiből a 2013-as és a 2014-es éveket elemeztük. A szélerőművek gyári paramétereiből és az időjárási adatokból számítások segítségével kaptuk meg a megtermelt szélenergia mennyiségét egy, illetve több erőmű esetén is.

A teljesítménytényezőnél nagy jelentősége van, hogy a Zalaegerszegen gyakori alacsonyabb szélesebségeken (115 méteren ~4-5 m/s) melyik szélerőmű típus termel jobb teljesítménytényezővel. A lényegesen ritkábban előforduló nagyobb szélesebségeken látható határfok különbség nem számottevő.

<sup>113</sup> Forrás: <http://www.energy.siemens.com/co/en/renewable-energy/wind-power/platforms/d3-platform/wind-turbine-swt-3-3-130.htm#content=Technical%20Specification>

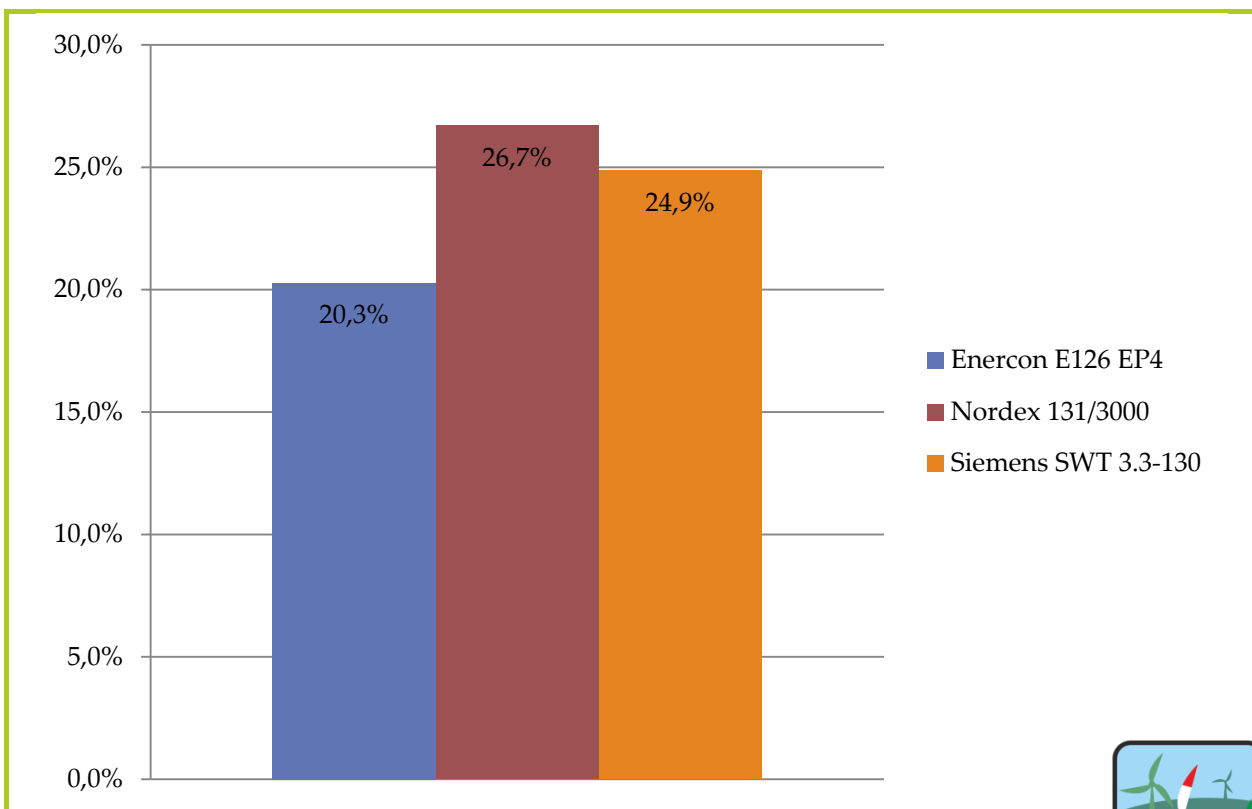
<sup>114</sup> Forrás: <http://www.windpowermonthly.com/article/1314048/siemens-unveils-33mw-turbine>

<sup>115</sup> MCKENNA, R. ET AL. 2015: Hollnaicher, S. – Ostman, P. v. d. Leye - Fichtner, W. – Cost potentials for large onshore wind turbines in Europe, Energy, Germany, 2015. pp. 217-229



A szélérőművek kapacitásfaktorát az éves megtermelt villamos energia és a névleges villamos teljesítményen összesen megtermelhető villamos energia hányadosából kapjuk meg ( $\frac{MWh/év}{8760h \times MW}$ ). Ebben az összehasonlításban a Nordex turbinája rendelkezik a legjobb mutatókkal. Ennek a típusnak hátránya, hogy a fajlagos (€/kW) beruházási költségeket tekintve a legdrágább.

A korszerű szélérőművek egyik fontos technológiai funkciója a „storm control”, vagyis hogy a megengedett legnagyobb szélesebbesség elérésekor nem azonnal állnak le (ezzel hirtelen kiesést okozva a villamosenergia-hálózatban), hanem szépen fokozatosan (a teljesítménygörbéjük lecseng).



7.12 számú ábra: Az általunk vizsgált három szélörmű átlagos kapacitásfaktora a modell alapján (Havas M.)



Az összehasonlító táblázatban foglaltak szerint a Nordex turbinája teljesített a legjobban. A táblázatban az egyes szabályrendszereknek megfelelő telepítési forgatókönyveket is figyelembe vettük. Ebből látható, hogy a magyar és a külföldi szabályrendszer jelentős eltéréseket okoz a szélörművek maximálisan telepíthető darabszámában, és ennek következtében az éves szinten megtermelhető villamos energia mértékében is.

Típus		Enercon E126 EP4	Nordex N131/3000	Siemens SWT 3.3-130
Súrolt felület	m <sup>2</sup>	12668	13478	13273
Toronymagasság	m	135	114	135
Rotor átmérő	m	127	131	130
Teljesítmény	kW	4200	3000	3300
Átlagos éves hozam	MWh/év	7459	7016	7187
Fajlagos éves hozam	MWh/MW	1776	2339	2178
Átlagos kapacitásfaktor	%	20,3	26,7	24,9
Magyar szabályrendszer 2015 (~17 db erőmű)	MWh/év	126807	119267	122185
Külföldi szabályrendszer (~25 db erőmű)	MWh/év	186481	175392	179684
Jövőbeli szabályrendszer (~50 db erőmű)	MWh/év	372962	350785	359368
Fajlagos beruházási költség	€/kW	1366	1521	1490

7.3 számú táblázat: A három szélörmű összehasonlítása a kiválasztott évek (2013 és 2014) meteorológiai adatai alapján (Havas M.)



## 7.5 Repowering – a szélerőművek második élete

A szélerőművek az élettartamuk végéhez közeledve a technológia fejlődése miatt lecserélésre, „repoweringre” szorulnak. Erre azért van szükség, mert a szélerőműveket korábban is a legalkalmasabb helyszínekre telepítették

Költségmegtakarítást jelent, hogyha a szélerőmű alapját már a kialakításkor úgy készítik, hogy a robbantójuk később használható legyen. Így a beton szétvésésére nem kell később pénzt kiadni.

A „repowering” vagyis a „második élet” előnyei szélerőművek esetében:

- **kedvező telepítési körülmények** (meglévő szervizút- és villamosenergia-hálózat)
- **kedvező telepítési költségek** („balance of plant” költségek minimalizálása)
- **magasabb kapacitásfaktor elérése az adott területen** (korszerűbb turbinák alkalmazása)
- **magasabb beépített teljesítmény elérése az adott területen** (nagyobb teljesítményű turbinák)
- **mérsékeltbb élővilágra és környezetre gyakorolt hatás** (sok kisebb turbina helyett néhány nagyobb turbina elhelyezése, az élővilág hozzá szokik)
- **technológiai újításoknak köszönhetően jobb illeszkedés a villamosenergia-hálózatba** (pl. storm-control)
- **társadalmi elfogadottság** (a helyszín a társadalom szempontjából elfogadottnak tekinthető)

A fent felsorolt előnyök miatt a jövőben telepítése kerülő zalaegerszegi szélerőműveket élettartamuk végéhez közeledve (~20 év) „repowering”-re javasoljuk.

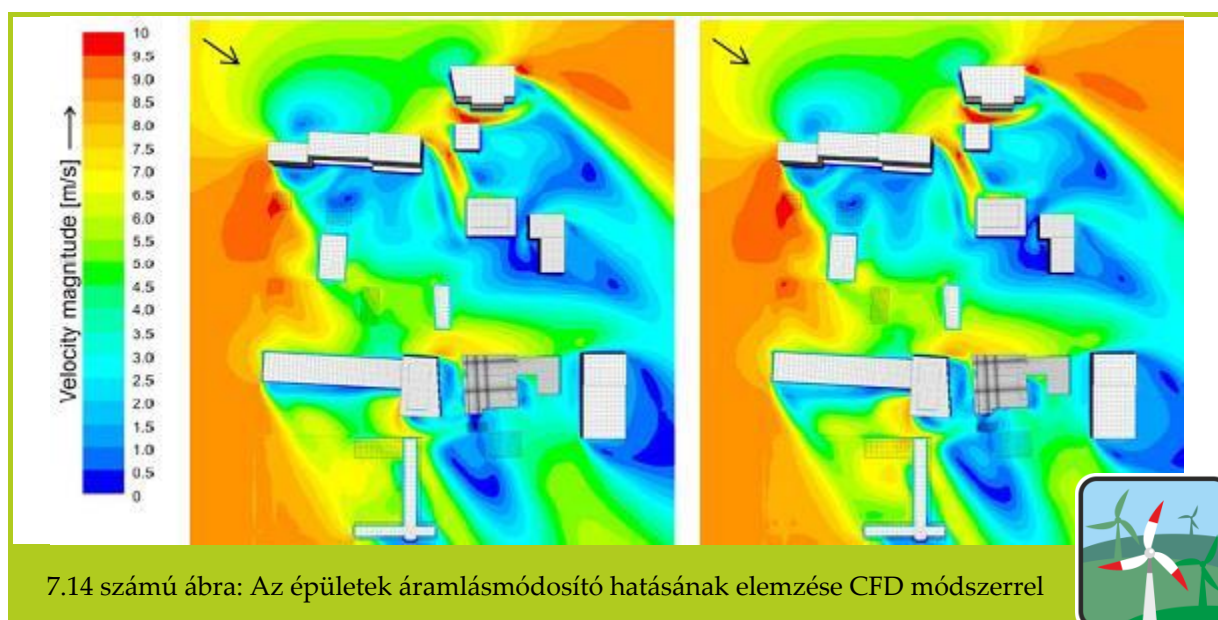


## 7.6 Szélerőművek az épített környezetben

A háztartási méretű szélerőművek a hatályos jogszabályok szerint nem kötelezettek környezetvédelmi hatásvizsgálat elkészítésére (314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet).

**A Zalaegerszezen uralkodó alacsonyabb átlagos szélsébségek (140 méteres magasságban ~4,5 m/s) miatt nem javasoljuk az alacsony toronymagassággal rendelkező, városi méretű szélerőművek elhelyezését.**

Marketing célokra, demonstrációs, oktató jelleggel vagy a szigetüzemű (nyílt terepen álló tanyák) rendszerben való létesítést nem zárjuk ki teljesen. Viszont ebben az esetben sokkal körültekintőbb tervezésre, modellezésre és szimulációra van szükség. Ideális, ha a közelben nincsenek nagy fák, villanyvezetékek, magas épületek vagy domborzati elemek (buckák, dombok, kőfalak), hiszen ezek jelentős mértékben módosíthatják a helyi szélsébségeket, és ez által a kinyerhető energia mennyiségét.



7.14 számú ábra: Az épületek áramlásmódosító hatásának elemzése CFD módszerrel

Amennyiben mégis sor kerülne városi szélerőművek telepítésére, ezt a környezetéből kiemelkedő magas épület tetejének széliránnyal megegyező oldalára – vagy több épület esetén az épületek között létrejövő szélcsatornába – érdemes elhelyezni. Ezek a helyszínek a több, illetve az egy épülettel számoló ábrán is vörössel vannak feltüntetve.

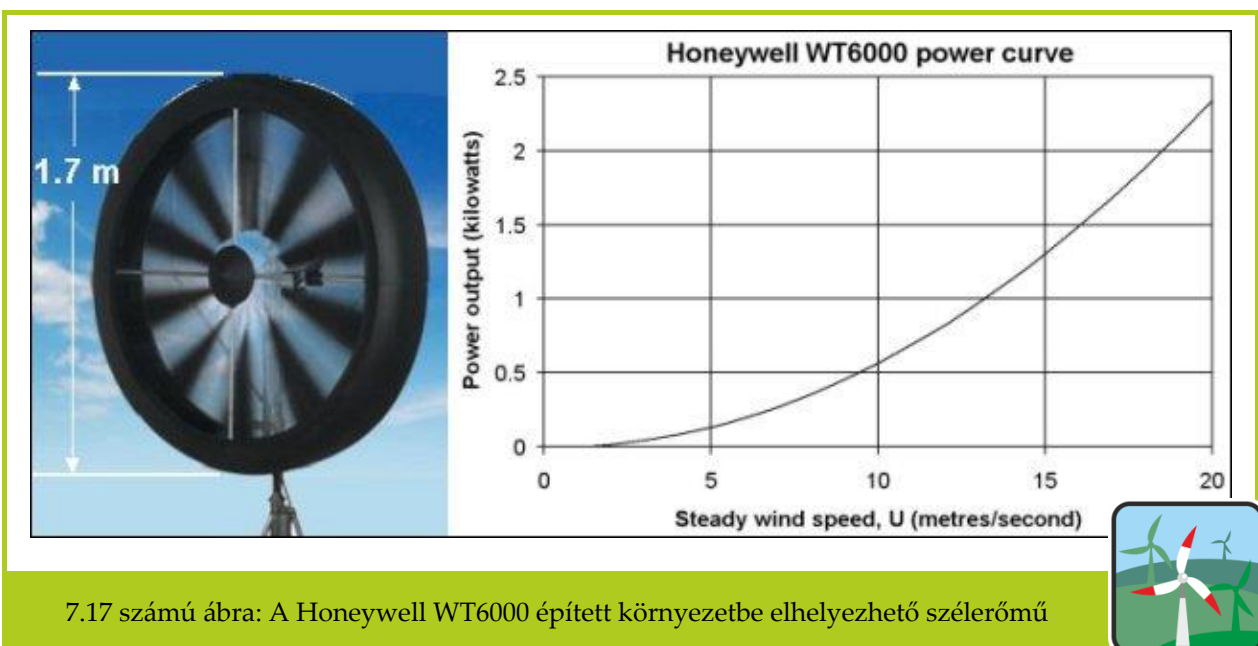
Ezekről az ábrákról látható, hogy a városi környezetben egészen magas szélsébségek (~10 m/s) és kimondottan alacsony, akár nulla szélsébségű helyszínek is előfordulhatnak. Ezek modellezésére nem lehet megkerülni a CFD-s szoftverek használatát.



A képeken látható néhány épített környezetben használatos szélturbina-típus, ezeket Zalaegerszeg esetében nem javasoljuk alkalmazásra.



A gyors városi szélesebességek kihasználására (marketing célokra, demonstrációk, oktató jelleggel vagy a szigetüzemű, nyílt terepen történő létesítés). **Zalaegerszeg esetében csak a lencses szélturbinákat javasoljuk.** Ilyen típus például a Honeywell WT6000.



## 7.7 Korszerű energetikai szélmérések

A szélérőművek telepítését és üzembe helyezését minden esetben energetikai célú szélmérések előzik meg (legalább 1-2 évvel), erre a hagyományos mérőtornyos (met tower) megoldás helyett napjainkban már könnyen kezelhető, automatizálható és szigetüzemben működtethető műszereket alkalmaznak. A fejlesztésük alapvetően két irányba történik (lézeres és hanghullámos), de mindkét típusba tartozó műszerek 2-300 méteres magasságig rendkívül nagy pontossággal tudják megállapítani a szél sebességét.<sup>116</sup>A távérzékelésen alapuló energetikai szélmérések megrendelésekor a gyártónál mindenképpen érdeklődni kell a berendezések várható pontosságáról.

**Az engedélyezési folyamat meggyorsításának szempontjából fontos, hogy a környéken élő védett állatfajok naplózása és az egyéb környezeti hatások előzetes vizsgálata már a szélmérésekkel együtt kezdődjön meg.**

### 7.7.1 Lidar – Light detection and ranging

A Lidar technológia egy földre telepített biztonságos lézerrendszer, amit az utóbbi időben kezdtek energetikai célú szélmérésekre alkalmazni. A mérési tartománya általában 10-től 200 méteres magasságig terjed. A Wind Measurement International véleménye szerint a technológia komoly kihívója lehet a hagyományos tornyon vagy oszlopon (met tower) történő szélméréseknek. A Lidar mérések ma már jóval megbízhatóbb adatot szolgáltatnak a toronyra szerelt szélmérőknél, a szélesebb és a kinyerhető energia tekintetében is. Jó tulajdonságai közé tartozik, hogy könnyen mozgatható, nem jár építkezéssel és környezetmódosítással, valamint a széltornyokkal ellentétben vízfelületen vagy egyéb, nehezen megközelíthető helyen is alkalmazható.

A Lidar és a szélmérő tornyok összehasonlításáról az Ecofys Consultancy készített átfogó tanulmányt.<sup>117</sup>

#### **Jellemző típusok:**

A ZephIR lézeres szélmérő<sup>118</sup> berendezése 3%-al alacsonyabb bizonytalansággal rendelkezik, mint az IEC (International Electrotechnical Commission) szélmérőtornyai. 10 (beállítható) magasságban méri a szélesebb adatokat 0,1 m/s pontossággal 1-70 m/s sebességtartományban (a gyártó adatai). A gyártó szigetüzemű (napelem + akkumulátor) megoldásokat is kínál a rendszerből. A tárolóegység 36 hónap adatainak tárolására alkalmas.

<sup>116</sup> Forrás: MIKKELSEN, T. 2012: Remote sensing of wind – Technical University of Denmark. 2012. 36.p.

<sup>117</sup> Forrás: [http://www.ecofys.com/files/files/ecofys-2013-position-paper-on-lidar-use\\_02.pdf](http://www.ecofys.com/files/files/ecofys-2013-position-paper-on-lidar-use_02.pdf)

<sup>118</sup> Forrás: <http://www.zephirlidar.com/products/zephir-300/>





7.18 számú ábra: A Zephir lézeres szélmérője<sup>119</sup>



### 7.7.2 Sodar – Sound detection and ranging

A Sodar egy földre telepített hanghullámokat kibocsájtó rendszer. A Lidarhoz hasonlóan ennek is az előnyei közé tartozik a könnyű hordozhatóság, a környezeti hatások nélkül kivitelezhető telepítés, az automatikus sziget üzemű alkalmazás. A szélprofil több magasságban általában 200 méteres magasságig képesek rögzíteni. A Lidarhoz képest alacsonyabb szélesség tartományban mérnek, általában ~30 m/s sebességig. Magyarországon ez az eltérés nem számottevő, hiszen 30 m/s-ot meghaladó széllokések csak ritkán fordulnak elő.

#### *Jellemző típusok:*

Az **Ammonit AQ510 Wind Finder**<sup>120</sup> egy német gyártású utánfutóra rögzített platformon található Sodar eszköz. Rendkívül könnyen mozgatható, a kialakításának köszönhetően esőben és hóesésben is zavartalan mérést biztosít. 40 méteres magasságtól 200 méteres

<sup>119</sup> Forrás: <http://www.wind-farm-analytics.com/wp/lidar-studies/>

<sup>120</sup> Forrás: [http://www.ammonit.com/images/stories/download-pdfs/DataSheets/RemoteSensing/EN\\_PS\\_Ammonit\\_AQ510windfinder.pdf](http://www.ammonit.com/images/stories/download-pdfs/DataSheets/RemoteSensing/EN_PS_Ammonit_AQ510windfinder.pdf)

magasságig biztosít szélesség és szélirány adatokat, 5 méteres felbontással. A gyártó is kínál szigetüzemű rendszert, illetve téli időjárási körülményekre is kínálnak megoldásokat.



7.19. számú ábra: Ammonit AQ510 Wind Finder<sup>121</sup>



A **Vaisala Triton Wind Profiler**<sup>122</sup> egy finn gyártású Sodar technológiával működő szélmérő. 200 méteres magasságig 10 ponton méri a szélesség és szélirány adatokat 25 m/s-os szélességgig. A 2 GB-os tárolóegysége legalább 2 év 10 percenként rögzített adatait képes tárolni. A gyártó alapértelmezettként napelemes ellátású, akkumulátorral felszerelt szigetüzemű rendszerként kínálja a terméket, amely 20 nap autonómitásra is képes. Téli körülményekre LPG+akkumulátor üzemű fűtési rendszert is kínálnak.

<sup>121</sup> Forrás: <https://www.linkedin.com/pulse/congratulations-all-ammonit-first-aq510-advanced-sodar-colin-france>

<sup>122</sup> Forrás: <http://www.vaisala.com/en/energy/Weather-Measurement/Remote-Sensing-Systems/Pages/Triton.aspx>





7.20 számú ábra: Vaisala Triton Wind Profiler<sup>123</sup>



## 7.8 A szélérőművek gazdasági vonatkozásai

Az általunk legjobbnak talált Nordex N131-3.0 típusú szélérőműre csináltunk egy cash flow számítást. Ha 2015-ben kerülne beépítésre egy ilyen erőmű, akkor körülbelül 8-10 éves megtérüléssel számolhatnánk. Az európai tendenciáknak megfelelően a jövőben várhatóan Magyarországon is kedvezőbb feltételekkel lehet majd szélérőműveket létesíteni. A kedvező feltételekhez sorolhatjuk a betáplálási támogatást, a KÁT<sup>124</sup> rendszer megújítását vagy az adók mértékének csökkentését. Dániában a környezetszennyező technológiákra kivetett adókból a megtermelt áram után prémiumot biztosítanak a szélérőművek üzemeltetőinek.<sup>125</sup> Az európai unió dokumentumai szerint a szárazföldi szélérőművek által termelt villamos energia már 2012-ben is vetekedett a nukleáris vagy földgáz üzemű erőművekben termelttel.<sup>126</sup> A szélérőművek által termelt villamos energia árának csökkenő tendenciája várhatóan a jövőben is jellemző lesz.

<sup>123</sup> Forrás: <http://www.ews-consulting.com/en/news/items/sodar-wind-measurement-usa.html>

<sup>124</sup> Kötelező átvételi rendszer

<sup>125</sup> DTI, 2004: Cooperative energy: lessons from Denmark and Sweden”, Global Watch Mission Report, Pera Innovation Ltd., UK. 2014. 92 p.

<sup>126</sup> EU, 2014: Subsidies and costs of EU energy – Final report – Ecofys by order of European Commission. 2014. 71 p.

A szélerőművek által termelt villamos energia volumene és ára nem csak a szélről függ, hanem a szélerőművek meghibásodásaitól is, ezért a kedvező megtérülés érdekében fontos jó Service Level Agreementet (SLA – Szerviz Szint Megállapodás) kötni a gyártóval.

Ezen kívül várható, hogy Közép-Kelet Európában is teret nyer majd a szélerőművek közösségi finanszírozása. Dániában a kormány által kiírt szélenergia tendereken kötelezik a beruházót, hogy a projekt legalább 20%-át megvételre bocsájtja. A projekt 20%-ának történő megvásárlásakor előnyt élveznek azok, akik a beruházás közelében élnek. Szintén dán jó gyakorlat, hogy a kormány által kiírt szélenergia tendereken a beruházók licitálhatnak a 'feed-in tariff'-nak nevezett betáplálási támogatásra, amelyik beruházó a legalacsonyabb árat ajánlja, az kezdheti meg a szélerőmű építését. Magyarországon kizárólag kiírt kvóták alapján lehet szélerőművet csatlakoztatni az országos villamosenergia-hálózatra, ezért hasonló jó gyakorlatok megjelenése idehaza az állami és a beruházói oldal számára egyaránt előnyös lehet. **Amennyiben a város közép- vagy hosszútávon saját mérlegkört alakít, úgy a mérlegkör részeként telepíthet az állami kvótákon kívül szélerőművet, feltéve, hogy a termelt energia a mérlegkörtön belül kerül felhasználásra.**

## 7.9 A szélerőművek és az élővilág kapcsolata

A szélerőműveket számtalan bírálat éri a természet- és állatvédők részéről, mert szerintük ezek a létesítmények különösen nagy veszélyt jelentenek például a madarakra. A felvetés nem alaptalan, azonban mára a szélerőmű-parkok tervezésekor a legtöbb országban döntő jelentőséggel bír, hogy a kivitelezés milyen hatással van a helyi élővilágra.

Magyarországon az Európai Unió támogatásával 2014-ben készült el egy dokumentum, amely iránymutatást ad a madarak és az élővilág védelmével kapcsolatban, kiegészítve és részben naprakésszé téve ezzel a korábbi keretrendszert.<sup>127</sup>

### Valódi vonulási útvonalak figyelembevétele

A szélerőművek telepítésekor és üzemeltetésekor valódi madár- és denevérvonulási útvonalakat vizsgálnak a szakemberek.

#### *Kerecsensólyom*

A kerecsensólyom Magyarországon fokozottan védett fajnak számít, egyedszámát a világon 12800-30800 közé teszik. Az említett dokumentum a kerecsensólymok élete és a szélerőművek közötti lehetséges összefüggéseket vizsgálta.<sup>128</sup>

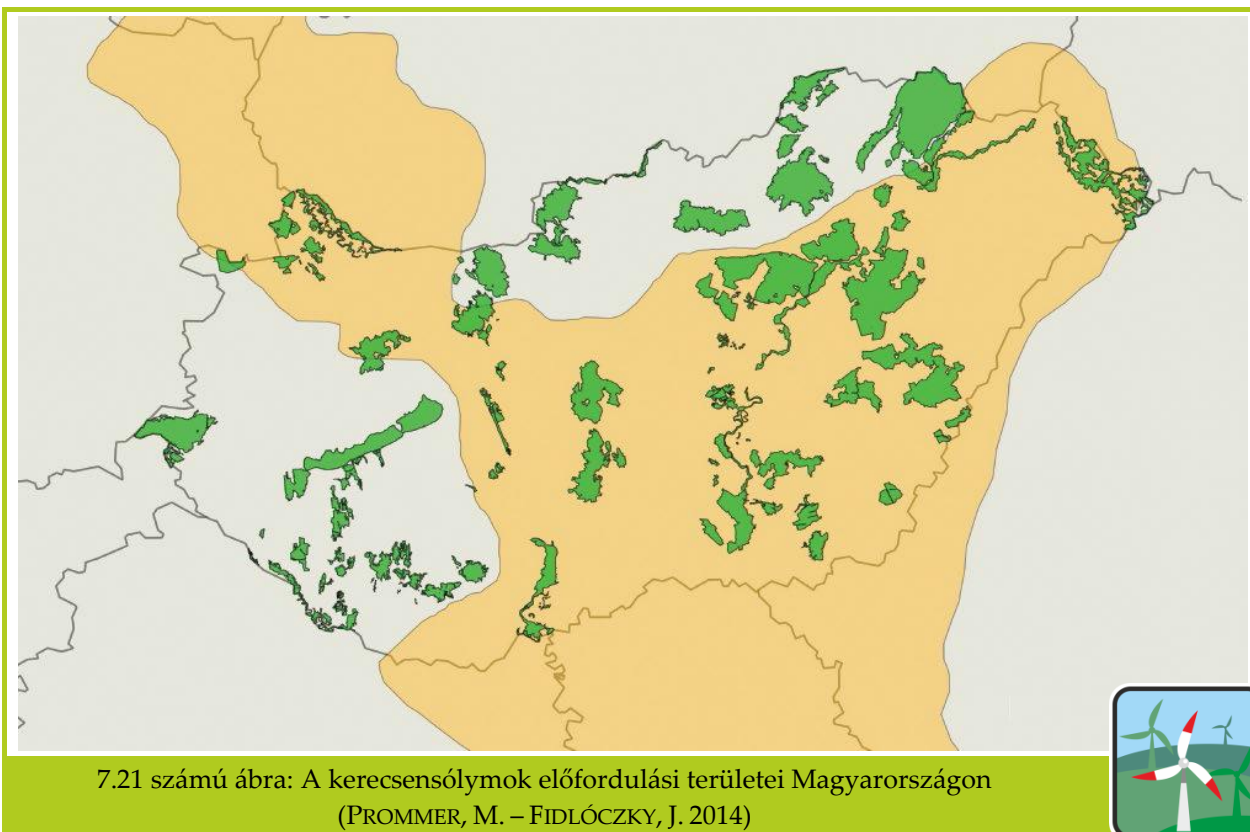
A madarak útvonalairól és vonulásáról a műholdas nyomkövetés biztosítja a legpontosabb adatokat, ezért Magyarországon több kerecsensólymot láttak el nyomkövetővel, hogy a

<sup>127</sup> Forrás: PROMMER, M. – FIDLÓCZKY, J. 2014: Útmutató szélerőmű parkok telepítésének bírálatához – Bükki Nemzeti Park Igazgatóság. Eger. 2014. 22 p.

<sup>128</sup> Forrás: PROMMER, M. – FIDLÓCZKY, J. 2014: Útmutató szélerőmű parkok telepítésének bírálatához – Bükki Nemzeti Park Igazgatóság. Eger. 2014. 22 p.



mozgásukat elemezni lehessen. A megjelölt kerecsensólymok közül egyes családok a már meglévő szélenergia parkoktól kevesebb, mint 3 km-es távolságra fészkelnek. A LIFE09 NAT/HU/000384 számú – „A kerecsensólyom védelme Északkelet Bulgáriában, Magyarországon, Romániában és Szlovákiában” elnevezésű program keretében kimondottan a szélenergia művek kerecsensólymokra gyakorolt hatásaira is következtetni lehet. Sajnos számos madár már a jelölést (nyomkövető) követő néhány héten belül elpusztult mérgezésben, áramütésben, vagy vezetékkel való ütközés következtében. Ezeket a madarakat nem vették figyelembe a vizsgálatok során.



A vizsgálatok során számos következtetést vontak le, amelyek a tanulmányban olvashatók.<sup>129</sup> Zalaegerszeg szempontjából lényeges, hogy itt nem számoltak kerecsensólyom előfordulással, azonban más nagytestű ragadozó madarak előfordulását nem lehet kizárni. Azt javasoljuk, hogy a jövőben telepített szélenergia művek tervezését minden esetben előzze meg a madarakra és az élővilágra gyakorolt hatások vizsgálata, még akkor is, ha erre a jogszabályok nem köteleznék a kivitelezőt.

<sup>129</sup> Forrás: PROMMER, M. – FIDLÓCZKY, J. 2014: Útmutató szélenergia parkok telepítésének bírálatához – Bükk Nemzeti Park Igazgatóság. Eger. 2014. 22 p.

## Repülő állat figyelő rendszerek

Németországban a halálos vagy sérüléssel végződő ütközések elkerülése érdekében a szélerőműveken detektorokat helyeznek el, amelyek képesek felismerni a denevérek és a madarak nagyarányú jelenlétét. Ezek jelenlétében a detektor automatikusan parancsot küld a szélerőmű park vezérlőegységébe és a megfelelő szélturbinákat leállítja. Így a veszélyhelyzetek minimalizálhatóak, ha a rendszer úgy ítéli meg, hogy csökkent a kockázat visszakapcsolja az erőműveket és folytatódhat a termelés. A detektorok használata esetén a termelésből történő kiesés kevesebb, mint az idő ~1%-a<sup>130</sup>, azonban a halálozási arány 70%-al csökkenthető.<sup>131</sup>

Ilyen típus például a Biotape Aviscan Radar<sup>132</sup>, a Biotape Chirotech<sup>133</sup>, a MERLIN Avian Radar System<sup>134</sup> stb.

---

<sup>130</sup> Forrás: [http://ventderaison.eu/commun/documents/annexe\\_4\\_6\\_Fauvillier.pdf](http://ventderaison.eu/commun/documents/annexe_4_6_Fauvillier.pdf)

<sup>131</sup> Forrás: [http://www.biotope.fr/sites/biotope.fr/files/documents/biotope\\_chirotech\\_fr.pdf](http://www.biotope.fr/sites/biotope.fr/files/documents/biotope_chirotech_fr.pdf)

<sup>132</sup> Forrás: <http://www.biotope.fr/en/innovation/aviscan-radars>

<sup>133</sup> Forrás: <http://www.biotope.fr/en/innovation/chirotech>

<sup>134</sup> Forrás: <http://www.detect-inc.com/avian.html>

## 8. Biogáz/biometán termelés prognózis



### 8.1 Zalavíz Zrt. biogáz/biometán üzeme

Első körben az került megvizsgálásra, hogy a Zalavíz Zrt.-nél meglévő biogáz/biometán üzem termelése növelhető-e olyan mértékben, amellyel számottevően hozzá tudna járulni a város hosszútávú megújuló energia ellátásához.

A vonatkozó számításainkat az 8.1 Táblázat tartalmazza.

		Terv	2014 év	Többlet potenciál	2014 + potenciál
Fermentor térfogat	m <sup>3</sup>	2,880	2,880	2,880	2,880
Betáplálás	to/nap	<b>180</b>	<b>120</b>	<b>60</b>	<b>180</b>
Betáplálás	to/év	65,700	43,800	21,900	65,700
Száranyag (DM)	%	4%	4%	4%	4%
Szerves száranyag (oDM)	%	90%	90%	90%	90%
Száranyag	to DM/év	2,628	1,752	876	2,628
Szerves száranyag	to oDM/év	2,365	1,577	788	2,365
Biogáz hozam	m <sup>3</sup> /to oDM	<b>450</b>	<b>300</b>	<b>450</b>	<b>400</b>
Biogáz termelés	m <sup>3</sup> /év	1,064,340	473,040	354,780	946,080
Metán tartalom	%	64%	64%	64%	64%
Metán termelés	m <sup>3</sup> /év	681,178	302,746	<b>227,059</b>	605,491
Biogáz fűtőérték	kWh	6,811,776	3,027,456	2,270,592	6,054,912
Átalakítási hatások áram	%	34%	34%	34%	34%
Villamos energia	kWh	2,316,004	1,029,335	<b>772,001</b>	2,058,670
Átalakítási hatások hő	%	44%	44%	44%	44%
Bruttó hőenergia	kWh	2,997,181	1,332,081	999,060	2,664,161
Üzemóra szám		7,000	7,000	7,000	7,000
Gázmotor teljesítmény	kW	331	147	110	294
Átlagos tartózkodási idő	nap	16	24		16
Fajlagos biogáz termelés	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> /nap	1,01	0,45		0,90

8.1 számú táblázat: Zalavíz biogáz üzem kapacitás tartaléka

Az elemzésből azt a következtetést kellett levonni, hogy a meglévő üzem jelentős bővítésére nincsenek meg a lehetőségek:

- a fermentor (rothasztó) térfogat csak a tervezési határokig terhelhető,
- az addicionálisan bevihető alapanyagok összetételét és minőségét illetően komoly technológiai korlátok vannak (gyakorlatilag csak folyékony halmazállapotban szivattyúzható anyagok jöhetnek számításba),
- a többlet alapanyag bevitelnek korlátot szabnak a víztisztítás szempontjai (többlet vízmennyiség, nitrogén- és foszforterhelés,
- kiegészítő üzemegységek elhelyezésére és új alapanyag tárolóterek kiépítésére nincs elegendő hely.

Fentiek értelmében a Zalavíz Zrt biogáz/biometán üzemét csak a tervezett keretek között lehet tovább működtetni, ezért a továbbiakban már csak egy új, nagy kapacitású biogáz/biometán üzem létesítésének feltételeivel foglalkozunk.

## 8.2 Új biogáz/biometán üzem alapanyagai

### 8.2.1 Mikro alga tenyészet

Az algák energetikai hasznosításával világszerte széles körű kutatás foglalkozik. Az érdeklődés annak tulajdonítható, hogy az algák képesek pozitív válaszokat adni azokra a gondokra, amelyek az első- és második generációs biomasszával kapcsolatban jelentkeznek.

Az első generációs bioüzemanyagokat emberi és állati fogyasztásra is alkalmas alapanyagokból (pl. kukorica, szója, repce, cukornád) állítják elő. A második generációs csoportba azokat a bioüzemanyagokat sorolják, amelyeknek termeléséhez hulladék anyagokat, illetve magas cellulóz tartalmú alapanyagokat használnak fel (utóbbiak tenyésztésénél mind mennyiségi, mind minőségi szempontból alacsonyabb területigény jelentkezik). Mindazonáltal, a lignocellulóz alapú bioüzemanyag termelés – az alapanyag lebontással szembeni magas ellenálló képessége miatt – ma még nem tekinthető gazdaságosnak.

A harmadik generációs bioüzemanyagokat makro- és mikro algákból állítják elő. A makro algák egy hektárra eső biomassza hozama 2-20-szor nagyobb, mint a hagyományos energianövényeké, és nem igényel termőföld minőséget. A mikro algák biomassza tömege 24 órán belül kétszereződik meg.

Az algák előnyei:

- tenyésztésük nincs versenyben a szántóföldért az élelmiszer és takarmánytermesztéssel,
- az algák növekedési üteme lényegesen gyorsabb,
- az alacsony lignin tartalom nem teszi szükségessé nagy energiafelhasználással járó előkészítési eljárások alkalmazását,
- az energetikai hasznosítás a biofinomító koncepció keretében jól összehangolható egyéb alkalmazásokkal.

Másrészről vannak kedvezőtlen adottságok is:

- az alga biomassza magas víztartalma,



- a kémiai összetétel időszaki változása,
- az anaerob fermentáció szempontjából kedvezőtlen C/N arány,
- magas tenyésztési költségek.

A jelenleg is folyó kutatási/fejlesztési tevékenység célja, hogy gyakorlati megoldásokat találjanak az említett kérdésekben, így például

- fejlődnek tovább a víztelenítési/koncentrálási eljárások,
- keresik a legalkalmasabb receptúrákat a C/N arány optimalizálására,
- az algatenyésztés hatékonyságának növelésével csökkentik az előállítási költségeket.

Az intenzív kutatás/fejlesztés előre láthatóan 5-10 éven belül azt fogja eredményezni, hogy az algatenyésztés biogáz céljára versenyképesé válik.

Az eddigi kutatások azt mutatták, hogy biogáz alapanyagként elsősorban a mikro algákkal lehet számolni, az alkalmazás számos előnnyel jár:

- a mikro algák tenyésztéséhez nincs szükség tiszta vízre, a fermentációs maradék híg fázisa is felhasználható (miközben a tápanyagok megőrződnek),
- a mikro algák szárazanyag tartalmának fele szénatom, amely a széndioxid elnyeléséből származik (100 tonna alga biomassa kb. 183 tonna széndioxidot használ fel) – a széndioxid igény fedezésére kitűnően alkalmas a biogáz földgáz minőségre tisztítása során leválasztott széndioxid,
- emiatt a mikro algák felhasználásával a biogáz termelés negatív széndioxid mérleget eredményez, azaz a folyamat több széndioxidot von ki a környezetből, mint amennyit termel,
- a mikro algák fermentációja során keletkező biogáz metán tartalma 70% körül van, szemben a silókukorica esetében jellemző 52%-al,
- a fermentációs maradék kiváló minőségű talajjavító anyag.

**Következtetésként megállapítható, hogy a mikro algák anaerob fermentációja egyike a legalacsonyabb energia igényű és leginkább környezetbarát bioenergia termelési módoknak.**

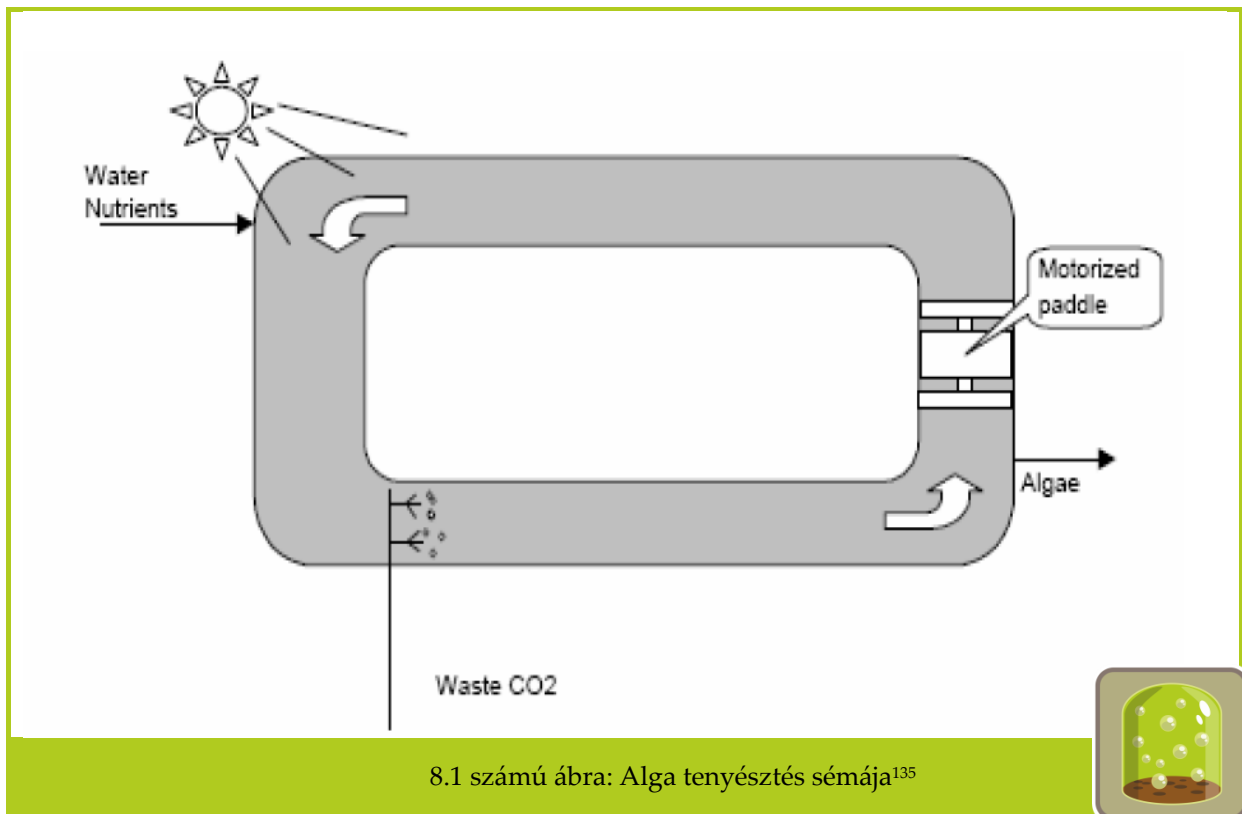
**A zalaegerszegi projekt esetében a mikro alga biomassa magas víztartalmát, valamint az anaerob fermentáció szempontjából alacsony C/N arányt úgy kompenzáljuk, hogy az alga biomasszát magas szárazanyag tartalmú és magas C/N aránnyal rendelkező növényi szubsztrátumokkal (kukoricaszár, fű, széna) együtt dolgozzuk fel.** A tervezett receptúra szerint a bevitt szárazanyag mennyiség 20-40 %-át adják az algák, ilyen körülmények között az anaerob fermentálási biológiai rendszer képes alkalmazkodni az algák kémiai összetételének ingadozásaihoz.

A mikro algák tenyésztése alapvetően 2 módon valósítható meg:

- versenypálya formájú sekély medencékben („raceway ponds”) vagy
- fényáteresztő falú fotobioreaktorokban.

Tekintettel a fotobioreaktorok magas költségeire – a jelenlegi ismereteink szerint – **Zalaegerszegen az alacsonyabb beruházási- és üzemeltetési költségekkel járó, ovális**

**kialakítású medencék alkalmazásával számolunk.** Ezeknek működési elvét az alábbi sematikus ábra mutatja be:



ahol,

*Water, Nutrients* – víz, tápanyagok

*Motorized paddle* – motorral hajtott lapátok

*Waste CO<sub>2</sub>* – hulladék széndioxid

A 0,2-1,0 méter mély medencékben a folyadék zárt körben folyamatosan áramlik, a mozgatót a lapátok biztosítják. Az alga hozam függ a fény intenzitásától, a hőmérséklettől, a folyadék pH értékétől, a széndioxid és tápanyag ellátástól és természetesen arra is figyelni kell, hogy a medencében ne legyenek az algák életkörülményeit negatívan befolyásoló anyagok és élősködők.

Az algatenyésztés megvalósítható olyan területen, amelyet egyébként más célokra nem lehet használni. A területnek nem kell egybefüggőnek lennie, kialakíthatók medence blokkok is. A létesítmény külső megjelenését az alábbi ábra illusztrálja.

<sup>135</sup> Forrás: A. Wellinger IEA Bioenergy task 37 Algal Biomass



8.2 számú ábra Mikroalga farm  
távlati képe<sup>136</sup>

Kívánatos, hogy az alga medencék a biogáz üzem közelében helyezkedjenek el, hiszen nagymennyiségű vizet kell forgatni: a víz nagy részét a biogáz üzem fermentációs maradékának híg fázisából célszerű biztosítani. A közelséget az is indokolja, hogy ez által csökkennek a széndioxid szállítás költségei is.

A mikro algák apró mérete miatt technológiai kihívásként jelentkezik a besűrítés, azaz a víztartalom csökkentése. A medencékből kikerülő biomassza víztartalma 94 – 99,5% között van. A biogáz üzem fermentoraiba betáplált anyagot 5% körüli szárazanyag tartalomra kell beállítani, ami viszonylag alacsony költséggel, ülepitéssel vagy flotálással elérhető. A betakarítás optimalizálására vonatkozóan is vannak kutatások/fejlesztések folyamatban. Az egyik ilyen lehetőség az alkalmas felületre csatlakozó biofilm kialakítása, ami természetes koncentrációt és könnyebb betakarítást eredményez, laboratóriumi körülmények között 16-17%-os szárazanyag tartalmat értek el.

A medencékben eddig elért átlagos alghozam (szárazanyagra, 0,3 m medence mélységgel számolva) 10-25 g/m<sup>2</sup>/nap. 20 g/m<sup>2</sup>/nap mellett ez azt jelentené, hogy **a zalaegerszegi üzemhez betervezett évi 90.000 tonna 5%-os szárazanyag tartalmú biomassza megtermeléséhez kb. 64 hektár nettó területre (utak nélkül) lenne szükség.** Jövőbeni új kutatási eredmények a szükséges terület csökkentését hozhatják. Nyilvánvaló, hogy ezt a méretet fokozatos növeléssel célszerű elérni, a helyi adottságoknak megfelelő optimális tenyésztési feltételeket csak a gyakorlati tapasztalatok alapján lehet majd kialakítani.

<sup>136</sup> Forrás: A. Wellinger IEA Bioenergy task 37 Algal Biomass

A mikro algákra jellemző 6–10:1 C/N arány elmarad az anaerob fermentáció számára kívánatos 20–30:1 aránytól. Alacsony szén részarány mellett a nitrogén a fermentációs masszában ammónium-ion ( $\text{NH}_4^+$ ) formában dúsul fel, ami növeli a pH értéket és a metántermelő mikroorganizmusokra (metanogénekre) mérgező hatással van. A megfelelő C/N arány beállításának legegyszerűbb módja magas C/N aránnyal rendelkező más alapanyagok együttes feldolgozása. Mind laboratóriumi kísérletek, mind nagyüzemi gyakorlati tapasztalatok igazolják, hogy a biogáz fermentorok mikroba populációja bizonyos határok között képes alkalmazkodni a magasabb nitrogén-terheléshez, amennyiben az fokozatosan növekszik.

A C/N arány kézbentartása különösen fontos akkor, ha az anaerob fermentációt magasabb (termofil) hőmérséklet tartományban valósítják meg. A mikro algák sejtfa magassabb hőmérsékleten jobban hozzáférhetővé válik, ezért a termofil üzemhőmérsékleti szint tartása célszerű.

A jelenlegi ismeretek szerint szükség van a mikro algák előkészítésére a fermentáció előtt, minthogy a sejtfa elzárja az utat a lebontó enzimek elől. Pozitív viszont az, hogy a mikro algák előkészítése sokkal alacsonyabb költséggel és energia felhasználással jár, mint a lignocellulóz tartalmú anyagok esetében. Az egyik kutatási irány olyan algafajták kifejlesztése, illetve azonosítása, amelyeknek sejtfa protein alapú és így könnyen lebontható. A ma használatos előkészítési technológiák közül az ultrahangos kínálkozik a legjobb megoldásnak, minthogy a 80 fokos hőkezelés a magas víztartalom miatt energetikai megfontolásokból nem célszerű.

A mikro alga tenyésztés költségeire vonatkozóan kevés gyakorlati adat áll rendelkezésre. A projektben ezért **azt a megközelítést alkalmaztuk, hogy az alga fajlagos ( $1 \text{ m}^3$  metánra eső) bekerülési költségét a biogáz iparban etalonként használt silókukorica fajlagos bekerülési költségével azonos szinten állítottuk be.** Ezt a megközelítést üzletileg óvatosnak tekintjük, minthogy ez által a mikro alga bevonásához a receptúrába nem kapcsolunk gazdaságossági előnyöket.

### 8.2.2 Kukoricaszár

A biogáz/biometán ipar fejlődésének gátat szab az, hogy a trágyákon és szerves hulladék anyagok mellett, illetve azok kiegészítéseként alapanyagként általánosan használt silókukorica termesztése ugyanazokon a termőterületeken folytatható, amelyek hagyományosan az élelmiszer- és takarmánytermelést szolgálják. Ezen túlmenően feladatként jelentkezik az egységnyi biogáz/biometán termeléshez szükséges energianövény alapanyag előállítás költségeinek csökkentése is, ami értelemszerűen a drága silókukorica ilyen irányú használata ellen szól.



A biogáz/biometán ipar alapanyag bázisa jelentősen kiterjeszhető és a biogáz/biometán termelés gazdaságossága lényegesen javítható abban az esetben, ha az anaerob fermentáció során hasznosítani lehet olyan nagy mennyiségben keletkező növénytermesztési melléktermékeket, mint a kukoricaszár, napraforgószár, gabona szalma, stb.

Ezeket a magas cellulóz tartalmú, növényi eredetű alapanyagokat természetes formájukban a mikrobák csak nagyon lassan tudják lebontani, ezért nem alkalmasak biogáz célú fermentációra.

A kukoricaszár anaerob fermentációra való előkészítésére fizikai, kémiai, biológiai és kombinált technológiai megoldások közül lehet választani. A legígéretesebb megoldás 2 (mechanikai és biológiai) lépésből áll. Az első lépcső - mechanikai – részeként az anyagot megfelelő méretre aprítani kell annak érdekében, hogy a soron következő feltárásban résztvevő biológiai eszközök (mikrobák, gombák, stb.) számára könnyebben elérhető legyen.

A biológiai kezelési fázisban különböző cellulózbontó baktériumokat vagy gombafajokat lehet alkalmazni. A mikrobák hatékony működéséhez, a lignocellulóz szerkezet fellazításához és részleges hidrolíziséhez optimális részecske mérettartomány és optimális környezeti feltételek szükségesek. A biológiai előkezelés megvalósítható mind száraz, mind nedves környezetben. A nedves közegben történő aerob lignocellulóz előkezelés nem csak a kémiai szerkezet megbontására alkalmas, de egyben nedvesíti is a száraz, hidrofób növényi biomasza részecskéket. Ezzel meggátolható a biomasza felúszása és a biogáz reaktor működését fizikailag gátló, az anaerob fermentációs folyamatot lassító kéregképződés a fermentorban. (A kéreg kialakulása az ipari léptékű biogáz termelésben gyakori üzemeltetési nehézséget okoz magasabb lignocellulóz tartalmú alapanyagok feldolgozása esetén.) Az aprítást és előkezelést követően a kukoricaszár biomasza pépes, nedvesített és szivattyúzható állapotba kerül.

**Az elképzelések szerint a zalaegerszegi biogáz üzem alapanyag ellátásában a kukoricaszár jelentős részarányt képvisel. A betervezett 10.000 tonna éves mennyiség begyűjtéséhez hektáronkénti 9 tonna hozammal számolva körülbelül 1.080 hektárra van szükség.**

### 8.2.3 Zöld felületekről begyűjtött biomasza

Egy biogáz üzem lehetőséget kínál arra, hogy a környezetében található zöld felületekről begyűjtött biomaszát hasznosítsák anélkül, hogy ez az érintett talaj tápanyag ellátását veszélyeztetné. A következő zöld felületekről lehet szó

- Természetvédelmi területek (Natura 2000) gondozása,
- Tájképgondozás,
- Használaton kívüli területek, legelők,
- Gátak, árterületek,
- Parkok, sportpályák, játszóterek, golfpályák, temetők,
- Szántóterületek, erdők, Közutak széle, stb.

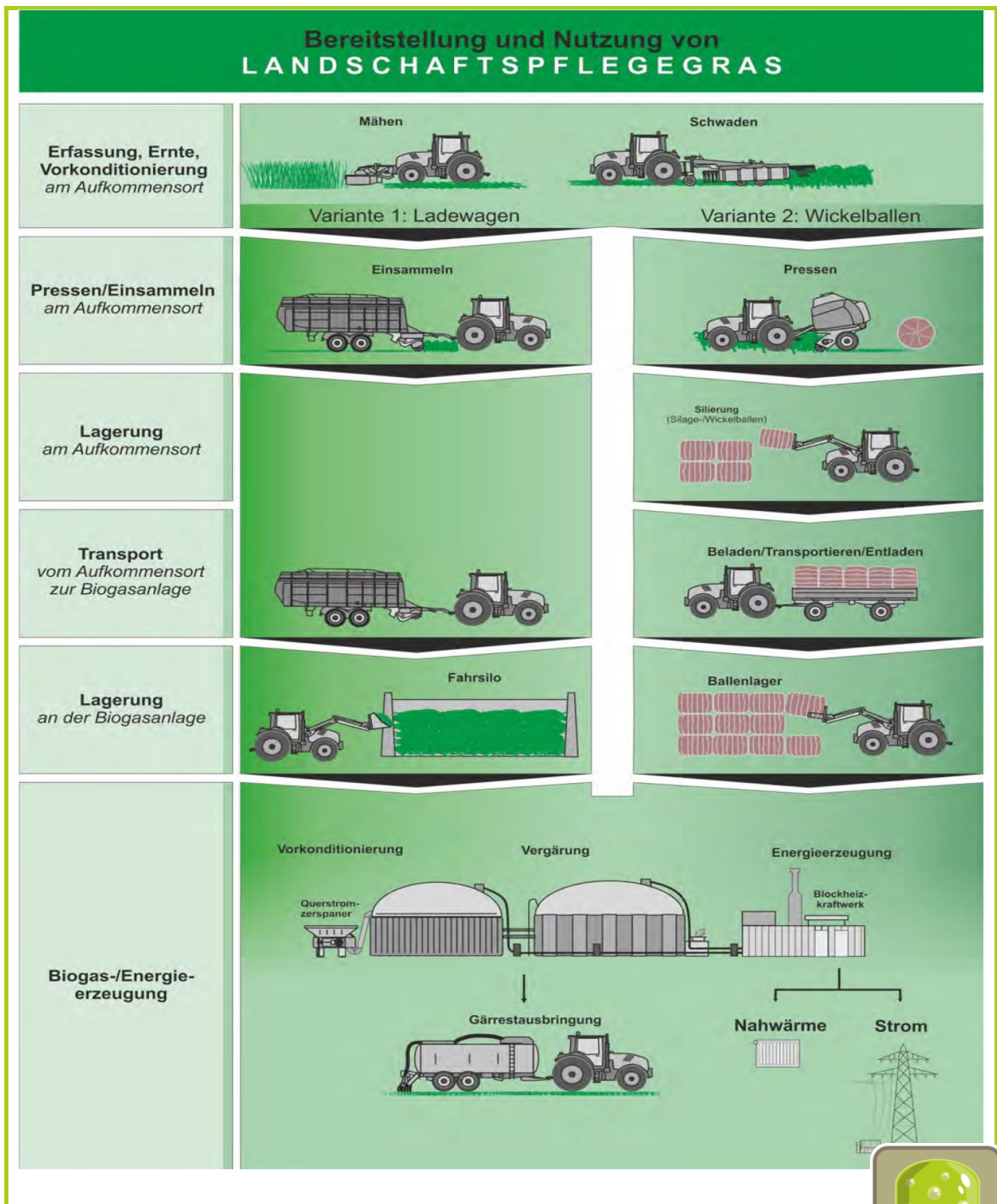
A biomassa begyűjtése számos célt követhet. A szóban forgó anyagok alacsony energiasűrűsége és korlátozott hektáronkénti hozama miatt az energetikai hasznosítás önmagában még nem nyereséges, a pozitív hatások komplex értékelésére van szükség. A begyűjtés és biogáz üzemi feldolgozás célszerű lehet az alábbi megfontolások alapján:

- A biomassa helyszíni, természetes rothadása által kiváltott üvegház hatású gáz kibocsátás csökkentése, természetvédelem,
- A levágott fű elhelyezési költségeinek csökkentése (depóniatelep helyett biogáz üzem),
- Gondozott tájkép kialakítása (ami mind a helyben lakók, mind a látogatók számára vonzóvá tesz),
- Többlet érték teremtés és többletfoglalkoztatás helyben.

A területek zöldmassza hozama szempontjából különbséget kell tenni az extenzíven vagy intenzíven gondozott felületek között. Az extenzíven kezelt felületeken évi 1-2 vágásra kerül sor, trágyázás, öntözés nincs. Ezzel szemben az intenzíven gondozott részeken a vágás gyakoribb, évente legalább 3 alkalommal, de helyenként akár hetente is. Ilyen helyeken elképzelhető a trágyázás, talajerő utánpótlás, illetve az öntözés is (pl. sportpályák). Az extenzív területekről begyűjtött anyag értelemszerűen magas rost-, lignin- és szárazanyag tartalmú (és így inkább száraz-, mint nedves fermentációra megfelelő). Az intenzív területekről származó zöld anyag víztartalma magasabb, lignocellulóz tartalma alacsonyabb és az anyag anaerob lebontásra lényegesen alkalmasabb.

**Megítélésünk szerint a zalaegerszegi biogáz projekt kapcsán csak az intenzíven (évente legalább 4-5 vágással, trágyázással) kezelt, állandóan zölden tartott területekről célszerű biomasszát begyűjteni.** Az ilyen területeken (12% begyűjtési és tárolási veszteség levonásával) évi 25 tonna friss biomassa hozam is elérhető, szemben az extenzív területek 12 tonna körüli hozamával. A különbség még nagyobb, ha azt is figyelembe vesszük, hogy az intenzív területeken termő biomassa fajlagos (1 tonna szerves szárazanyagra eső) biogáz hozama mintegy 20%-al magasabb. Tekintettel arra, hogy a költségek jelentős részét a begyűjtés, szállítás és tárolás teszi ki, az intenzív területek hasznosítása egyértelműen gazdaságosabb. A hatékonyság jelentősen növelhető akkor, ha a fermentációs maradék egy részét ilyen területeken elhelyezve talajerő utánpótlásról is gondoskodnak.

Németországi elemzések és tapasztalatok azt mutatják, hogy a biomassa begyűjtés és tárolás természetes zöld területekről bálázás formában hatékonyabb és olcsóbb, mint a hagyományos silózással. További előny, hogy a bálás megoldás nem igényel külön tárolóteret és az igények szerinti felhasználás is jobban szabályozható. Ezt szemlélteti az alábbi ábra:



8.3 számú ábra: Tájgondozásból eredő fű/széna begyűjtése<sup>137</sup>

Ahol:

Bereitstellung und Nutzung  
von Landschaftspflegegras

Erfassung/Ernte/Vorkonditionierung

Mähe

Schwaden

Variante 1 Ladewagen

tájgondozásban keletkező fű begyűjtése és  
hasznosítása

begyűjtés/betakarítás/állapotmegőrzés

kaszálás

rendre vágás

1. Változat: nyitott pótkocsi



<sup>137</sup> Forrás: L. Leible at al. KIT Scientific Report 7691 Biogas aus Landschaftspflegegras

<i>Variante 2 Wickelballen</i>	<i>2. Változat: bálázás</i>
<i>Pressen/Einsammeln</i>	<i>prézelés/begyűjtés a keletkezés helyén</i>
<i>am Aufkommensort</i>	
<i>Lagerung am Aufkommensort</i>	<i>tárolás a keletkezés helyén</i>
<i>Silierung</i>	<i>silózás</i>
<i>Transport vom Aufkommensort</i>	<i>szállítás a keletkezés helyétől a biogáz üzemig</i>
<i>zur Biogasanlage</i>	
<i>Beladen/Transportieren/Entladen</i>	<i>felrakás/szállítás/lerakás</i>
<i>Lagerung an der Biogasanlage</i>	<i>tárolás a biogáz üzemben</i>
<i>Fahrsilo</i>	<i>silótároló</i>
<i>Ballenlager</i>	<i>bálatároló</i>
<i>Biogas/Energieerzeugung</i>	<i>biogáz/energia termelés</i>
<i>Vorkonditionierung</i>	<i>előkezelés</i>
<i>Querstromzerspanner</i>	<i>aprító gép</i>
<i>Vergärung</i>	<i>fermentáció</i>
<i>Energieerzeugung</i>	<i>energiatermelés</i>
<i>Blockheizkraftwerk</i>	<i>blokkfűtőerőmű</i>
<i>Gärrestaubsbringung</i>	<i>fermentációs maradék kiszállítás</i>
<i>Nahwärme</i>	<i>távfűtés</i>
<i>Strom</i>	<i>villamos áram</i>

Az anaerob fermentáció biológiai hatékonysága érdekében szükség van a zöld biomassza előkészítésére, amivel csökkenthető a lebontáshoz szükséges idő és kismértékben a fajlagos biogáz hozam is növekszik. A zalaegerszegi projektben a biomassza előkészítő berendezés – a kukoricaszár miatt – mindenképpen szerepel, így a zöld felületekről begyűjtött biomassza kezelése nem igényel többlet beruházást.

22 tonna/ha friss zöld massa hozammal és 35%-os szárazanyag tartalommal számolva 180 hektáron évi 3.600 tonna biogáz alapanyag gyűjthető be, amelyből a zalaegerszegi projekt biogáz termelésének mintegy 7.3%-a termelhető meg.

#### 8.2.4 Másodvetések

A biogáz üzem alapanyag ellátásának tervezésénél egyik alapvető célkitűzés volt az, hogy a primer szántóföldi növénytermesztéstől ne vonjunk el termőterületet. A korszerű agronómiai gyakorlatban egyre nagyobb szerepet kapnak a másodvetések, amelyek

- lehetővé teszik egy második termés betakarítását ugyan arról a területről,
- biztosítják a talaj felső rétegének védelmét a két primer termés közötti időszakban,
- a munkaerő és a haszongépek jobb kihasználását eredményezik.

A biogáz iparban használatos másodvetések egy részére vonatkozó adatokat az alábbi táblázat foglalja össze.



Magyar név	Latin név	DM %	oDM %	Metán tartalom	Metán Nm <sup>3</sup> /to oDM	Metán Nm <sup>3</sup> /to FM	Termés to/ha	Metán Nm <sup>3</sup> /ha
Zöld napraforgó	Helianthus annuus	20	88	55	300	52,8	20	1 056
Zöld rozs	Secale cereale	25	88	54	325	71,5	25	1 788
Mustár	Sinapis alba	18	84	56	315	47,6	17	810
Nyári árpa	Hordeum vulgare	34	93	53	280	88,5	17	1 505
Nyári zab	Secale cereale	25	92	53	285	65,6	25	1 639
Nyári tritikále	Triticum x Secale	28	93	53	280	72,9	22	1 604
Olajretek	Raphanus salivus	15	90	52	330	44,6	35	1 559
Mézontófű	Phacelia tanacetifolia	11	90	55	300	29,7	40	1 188

8.2 számú táblázat Másodvetések átlagos adatai

A zalaegerszegi projekt számításaiban 4 termény (zöld napraforgó, zöld rozs, nyári árpa és nyári tritikálé) átlagos hektáronkénti hozamát (21 tonna), átlagos szárazanyag tartalmát (26.8%) és átlagos szerves szárazanyag tartalmát (90.5%) vettük figyelembe. E paraméterek mellett a hektáronkénti átlagos metán hozam 1.500 m<sup>3</sup> nagyságrendű, ami természetesen lényegesen elmarad a silókukoricával elérhető szinttől. Következésképpen gazdaságossági szempontból a másodvetések feldolgozása nem kínál előnyt a silókukoricával szemben. A koncepcióban évi 10.000 tonna másodvetésből származó biomasszával számoltunk, amelynek megtermeléséhez kb. 525 hektár szükséges.

### 8.2.5 Biohulladék

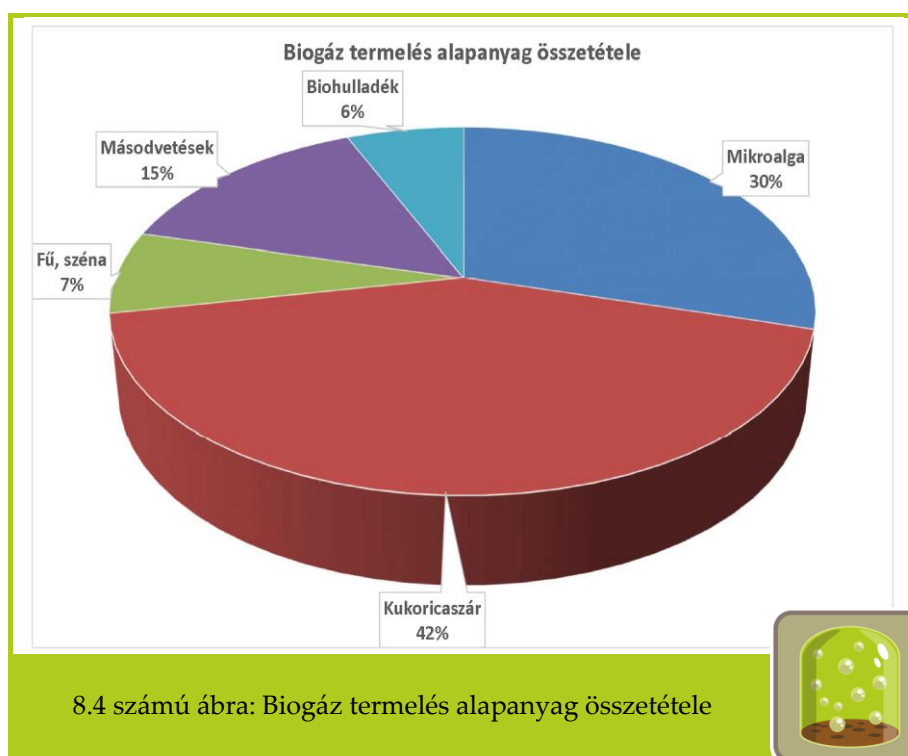
Az emberi tevékenységből származó biohulladék (lebontható szerves anyag) ártalmatlanítására, kezelésére és hasznosítására a biogáz technológia kínálja a legjobb megoldást. A koncepció összeállításánál abból indultunk ki, hogy a következő évtizedekben a lakosság környezettudatosságának erősödése révén ezek az anyagok nem a depóniatelepekre és a szennyvízbe kerülnek, hanem szelektáltan összegyűjtve hozzájárulnak a biogáz üzem alapanyag ellátásához. A hatékony összegyűjtést szolgálják majd a lebontható csomagolóanyagok, amelyek a lakosság számára kényelmessé teszik a biohulladék kezelését. Ilyen feltételek mellett a zalaegerszegi biogáz üzembe nem csak a városból, hanem a város vonzáskörzetében található többi településről is biohulladék érkezik, aminek éves összmennyiségét 4.000 tonnára becsültük. Ez a mennyiség a biogáz termelés mintegy 6.4%-ához szolgáltat forrást.

## 8.2.6 Összesítés

A számba vehető alapanyagok lehetséges mennyiségének és várható minőségének figyelembe vétele alapján az alábbi alapanyag receptúrával számoltunk:

Alapanyag	Mennyiség to/év	Száranyag hozam, to/ha	Területigény ha	Metán Nm <sup>3</sup> /év	Metán %
Mikro alga	90,000	75.0	72	1,590,435	29.5%
Kukoricaszár	10,000	7.5	1,080	2,291,539	42.4%
Fű, széna	4,000	7.0	200	392,683	7.3%
Másodvetések	10,000	5.1	525	780,490	14.5%
Biohulladék	4,000			344,520	6.4%
<b>Összesen</b>	<b>118,000</b>			<b>5,399,667</b>	<b>100.0%</b>

8.3 számú táblázat: Metán termelés tervezett alapanyagai és azok területigénye



### 8.3 Biogáz termelés számítása

A biogáz termelés számításánál a 8.4 Táblázatban feltüntetett minőségi mutatókból indultunk ki.

Alapanyagok	DM, %	oDM, %	Biogáz Nm <sup>3</sup> /to oDM	CH <sub>4</sub> tart., %
Mikroalga	6%	99%	425	70%
Kukoricaszár	81%	93%	585	52%
Fű, széna	35%	93%	580	52%
Másodvetések	26.8%	90.5%	620	52%
Biohulladék	22%	90%	750	58%
<b>Átlag</b>	<b>15.6%</b>			

8.4 számú táblázat Biogáz termelés alapanyagainak minősége

A 8.4 Táblázatban szereplő paraméterek alapján évi 118.000 tonna alapanyagra van szükség a bruttó 5.4 millió m<sup>3</sup> szintű metántermeléshez. A biogáz keletkezés megoszlását az 8.5 Táblázat mutatja be. A biogáz mennyiségeknél fontosabbak a metán mennyiségek, a mikro algából elérhető 70%-os metánkoncentráció lényegesen magasabb, mint a növényi anyagokra jellemző 52%.

Alapanyagok	to/év	DM to/év	oDM to/év	Biogáz Nm <sup>3</sup> /év	Metán Nm <sup>3</sup> /év
Mikroalga	<b>90,000</b>	5,400	5,346	2,272,050	1,590,435
Kukoricaszár	<b>10,000</b>	8,100	7,533	4,406,805	2,291,539
Fű, széna	<b>4,000</b>	1,400	1,302	755,160	392,683
Másodvetések	<b>10,000</b>	2,675	2,421	1,500,943	780,490
Biohulladék	<b>4,000</b>	880	792	594,000	344,520
<b>Mindösszesen</b>	<b>118,000</b>	<b>18,455</b>	<b>17,394</b>	<b>9,528,958</b>	<b>5,399,667</b>

8.5 számú táblázat Biogáz alapanyagok mennyisége

A 8.4 és 8.5 Táblázatokból következően a napi átlagos biogáz termelés (365 napra számítva) 26.100 m<sup>3</sup> szinten várható. A 8.6 Táblázatból az is kitűnik, hogy a számításokban az átlagos tartózkodási időt 32 nap szinten állítottuk be. Ez a mutató lényegesen különbözik a biogáz üzemek mai gyakorlatában megfigyelhető 45-50 naptól. A tartózkodási idő lerövidítésének lehetőségét a következő megfontolások indokolják:

- Termofil üzemhőmérséklet alkalmazása,
- Alapanyagok mechanikai és biológiai előkészítése a fermentációra,
- További biotechnológiai fejlődés, amely a fermentációs folyamat hatékonyságának növelését eredményezi.

Napi alapanyag mennyiség	323.3	t/nap
Tartózkodási idő	31.6	nap
Fermentor térfogat	10,200	m <sup>3</sup>
Napi átlagos gáztermelés	26,107	m <sup>3</sup> /nap
Órai átlagos gáztermelés	1,088	m <sup>3</sup> /óra
Biogáz tároló kapacitás	8	óra
Biogáz tároló kapacitás	8,702	m <sup>3</sup>

8.6 számú táblázat Biogáz üzem mutatói

A biogáz üzemek tervezésénél széles körben használják a térterhelés mutatót, amely az egységnyi fermentor térfogatra naponta bejuttatott szerves szárazanyag mennyiséget adja meg. Amint a 8.7 Táblázatból látható, ez a mutató a zalaegerszegi projekt esetében napi 4.67 kg szerves szárazanyag (oDM) 1 m<sup>3</sup> fermentor térfogatra. A fent említett feltételek (termofil hőmérséklet, hatékony alapanyag előkészítés) miatt ez az érték nem okozhat működési nehézségeket.

#### Térterhelés számítás

Szerves szárazanyag	17,394	to/év
Szerves szárazanyag	17,393,875	kg/év
Fermentor térfogat	10,200	m <sup>3</sup>
Napok száma	365	
<b>Térterhelés (kg oDM/m<sup>3</sup>/nap)</b>	<b>4.67</b>	<b>kg/m<sup>3</sup>/nap</b>

8.7 számú táblázat: Fermentorok térterhelése

#### Fajlagos biogáz termelés

Napi biogáz termelés	26,107	m <sup>3</sup> /nap
Fermentor nettó térfogat	10,200	m <sup>3</sup>
<b>Fajlagos biogáz termelés (1 m<sup>3</sup> fermentor térfogatra)</b>	<b>2,56</b>	<b>m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>/nap</b>

8.8 számú táblázat: Fajlagos biogáz termelés

A fermentációs térfogat hatékony kihasználásának mutatója az egy m<sup>3</sup> fermentor térfogatra jutó napi biogáz termelés volumene. **A koncepció szerint a zalaegerszegi üzemben 2.56 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>/nap érték adódik, amely azt mutatja, hogy a tervezett technológia hatékonysága megfelel a mai legmagasabb szintnek és meghaladja a mai átlagot.**



## 8.4 Biometán termelés biogázból

A későbbiekben bemutatott megfontolások miatt a megtermelt biogáz mennyiség teljes egésze nem áll rendelkezésre a biogáz tisztító (biometán termelő) üzemegység számára. Ennek oka az, hogy az elgondolás kialakítása során célként tekintettük a külső energiaforrások felhasználásának kiiktatását. Ilyen okokból a biogáz egy része egy kapcsolt villamos- és hőenergia termelő (u.n. kogenerációs, angol rövidítéssel CHP) egység tüzelő anyagaként kerül felhasználásra. A később bemutatott hőenergia mérleg egy biogáz üzemű kazán beépítését is szükségessé teszi, erre a kazánra különösen akkor van szükség, amikor a Power-to-Gas egység nincs üzemben.

A metán mérleg a 8.9. Táblázat szerint várható:

Bruttó termelés	5,399,667	m <sup>3</sup> /év
CHP fogyasztás	303,162	m <sup>3</sup> /év
Biogáz kazán	245,000	m <sup>3</sup> /év
Upgrading	4,851,504	m <sup>3</sup> /év
Veszteség	0.2	%
Nettó termelés	4,841,801	m <sup>3</sup> /év

8.9 számú táblázat: Metán mérleg

## 8.5 Biogáz/biometán üzemanyag- és energiamérlegei

A biogáz üzem anyagmérlegét a 8.10 Táblázat tartalmazza. A keletkező, folyadék fázisú fermentációs maradék fázisbontását (szeparálását) irányoztuk elő. A különválasztás számos előnnyel jár:

- a mikro algatenyésztés számára kedvezőbb a híg fázis recirkulációja, ez által elkerülhető a szilárd részecskék kiülepedése a tenyésztő medencékben,
- a fermentációs maradék 25% szárazanyag tartalmú sűrű fázisa jól tárolható és szántóföldön könnyen teríthető biotrágyaként hasznosítható,
- a híg fázis szükség esetén a fermentáció alapanyagainak hígítására is felhasználható.

Anyagmérleg		
Betáplálás bruttó	118,000	t/év
Biogáz mennyisége	11,435	t/év
Fermentációs maradék	106,565	t/év
Recirkuláció alga tenyésztésre	79,313	t/év
Fermentációs maradék híg fázis	13,753	t/év
Fermentációs maradék sűrű fázis	13,500	t/év
Fermentációs maradék tárolás	180	nap
Fermentációs maradék híg fázis tároló	6,782	m <sup>3</sup>

8.10 számú táblázat: Biogáz üzem anyagmérlege

A betervezett kapcsolt villamos- és hőenergia termelő (CHP) egység (német szóhasználatból fordítva: blokkfűtőerőmű) méretét úgy választottuk meg, hogy a termelt villamos energia éves szinten fedezze a biogáz/biometán üzemcsoport villamos energia igényét. A gyakorlatban a szigetüzem megvalósítása nem reális és szükség lesz az üzemek villamos hálózati csatlakozására, amellyel akkor is biztosítható az áramellátás, amikor a CHP egység nem üzemel. Más szóval: a saját villamos energiatermelés éves szinten (és nem minden pillanatban) lesz mérlegben az éves villamos energiafogyasztással. A CHP egység adatait a 8.11 Táblázat, a tervezett villamos energia mérleget a 8.12 Táblázat tartalmazza.

<b>Blokkfűtőerőmű (CHP) adatok</b>		
Névleges villamos energia kapacitás	275	kW
Átalakítási hatásfok (villamos)	41.0	%
Névleges hőenergia kapacitás	330	kW
Átalakítási hatásfok (hőenergia)	44.0	%
Üzemóra szám (100%-ra számítva)	4,500	óra/év
8.11 számú táblázat: CHP egység adatai		

<b>Villamos energia mérleg</b>	kWh/év	%
Villamos energia termelés (CHP)	1,237,500	100.00
Biogáz üzem saját fogyasztás	247,500	20.00
Biogáz tisztító saját fogyasztás	968,360	78.25
Villamos energia tartalék	21,640	1.75
8.12 számú táblázat: Villamos energia mérleg		

A hőenergia ellátás tekintetében is az éves mérleg szerinti önellátás volt a tervezés alapvető szempontja. A hőenergia mérleg ezért 3 forrást vesz számításba:

- a CHP egységben kapcsoltan termelt hőenergiát,
- a biogáz üzemű kazánban termelt hőenergiát,
- a Power-to-Gas üzemből átadott hőenergiát.

Megjegyzés: annak érdekében, hogy a Power-to-Gas üzemből származó hőenergia ellátás feltételezése ne torzítsa el a gazdaságossági számításokat, ez a hőmennyiség szerepel a költségtényezők között.

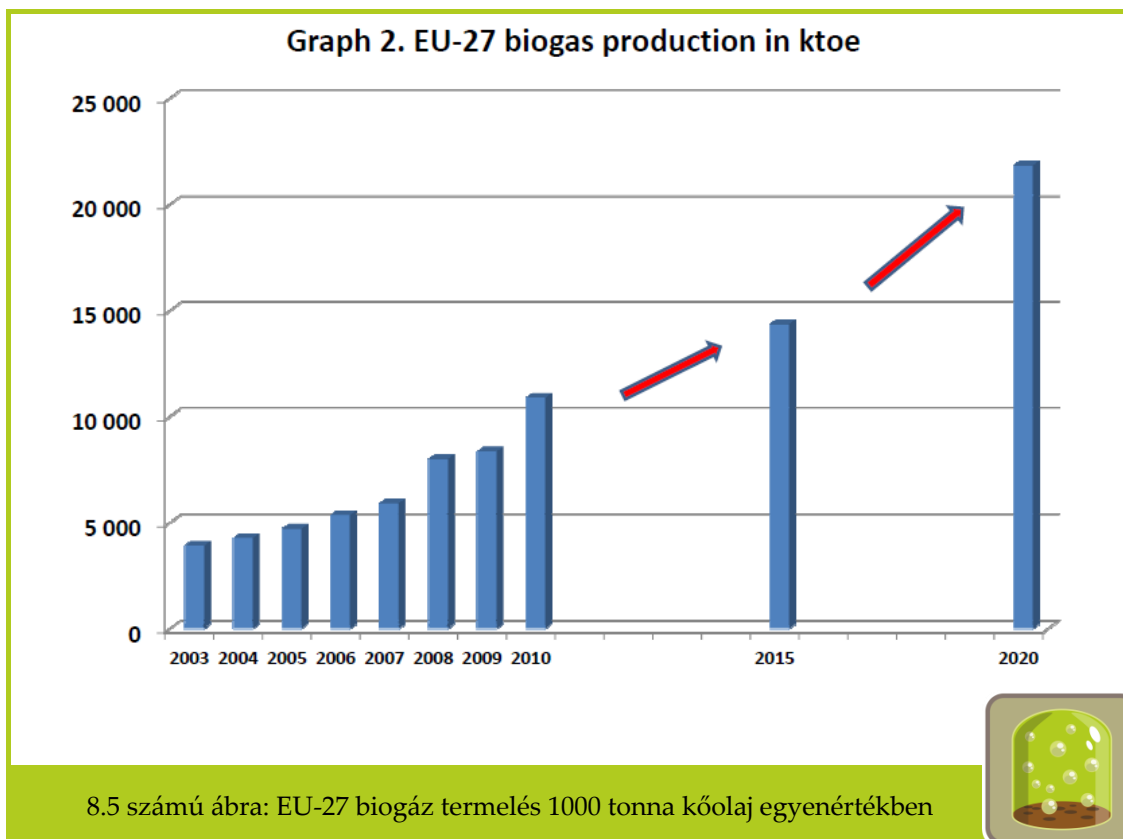
<b>Hőenergia mérleg</b>	kWh/év	%
Hőenergia termelés CHP	1,328,049	13.6%
Hőenergia termelés kazán	2,254,000	23.0%
Hőenergia a Power-to-Gas üzemből	6,200,000	63.4%
<b>Hőenergia ellátás</b>	<b>9,782,049</b>	<b>100.0%</b>
Biogáz üzem saját fogyasztás	4,249,470	43.5%
Biogáz tisztító saját fogyasztás	5,325,982	54.5%
Veszteség (2.0%)	195,641	2.0%
<b>Hőenergia felhasználás</b>	<b>9,771,093</b>	<b>100.0%</b>
Hőenergia mérleg	10,956	
8.13 számú táblázat: Hőenergia mérleg		

## 8.6 Technológia kiválasztása

### 8.6.1 Biogáz/biometán ipar fejlődési tendenciái

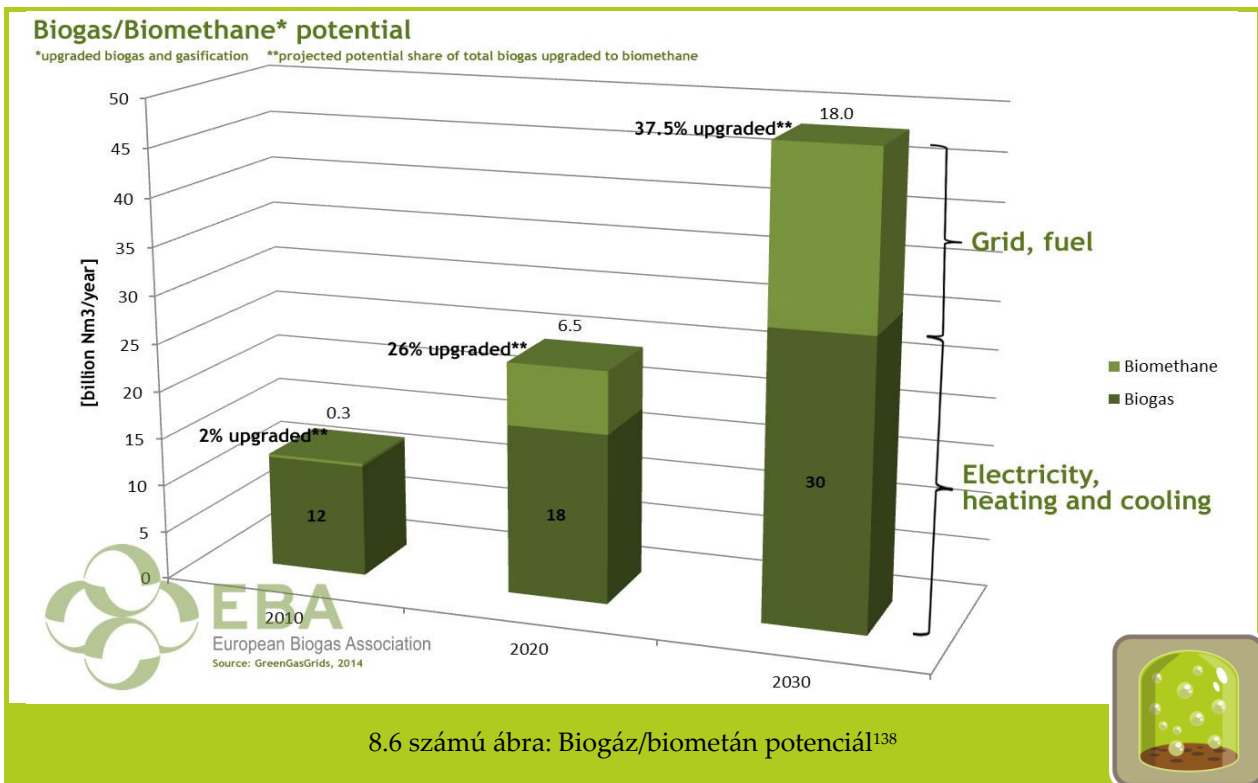
#### Mennyiségi fejlődés

Az európai biogáz ipar mennyiségi fejlődését az EUROBSERV'er statisztikai adatai és az EU tagországok kormányai által készített Nemzeti Megújuló Energia Cselekvési Tervek (NREAP – National Renewable Energy Action Plan) alapján összeállított alábbi grafikon szemlélteti. (ktoe - 1000 tonna kőolaj egyenérték)



Fűtőértékben mérve és térfogatban kifejezve az EU tagországok 2013 évi biogáz termelése mintegy 15.7 milliárd m<sup>3</sup> földgáznak felelt meg, és a termelés (az NREAP-ok szerint) 2020-ra 28 milliárd m<sup>3</sup> szintre emelkedhet. Indokolt megjegyezni, hogy ez a termelésbővülés csak akkor valósul meg, ha a tagországok kormányai hatékony támogatási rendszereket tartanak fenn. Másképpen megközelítve: a biogáz technológia középtávú műszaki fejlődésétől reálisan nem lehet elvárni azt, hogy a mennyiségi előirányzatok pusztán a piaci versenyképesség alapján megvalósuljanak.

Az Európai Biogáz Szövetség előrejelzése szerint a biogáz/biometán termelés 2030-ra elérheti a 48-50 milliárd m<sup>3</sup> földgáz egyenértéket. Ezt szemlélteti az alábbi ábra.



8.6 számú ábra: Biogáz/biométán potenciál<sup>138</sup>

Ahol:

Billion m<sup>3</sup>/year

Milliárd m<sup>3</sup>/év

Upgrading

Biogáz tisztítás földgáz minőségre

Grid, fuel

Földgázvezeték rendszer/üzemanyag

Electricity, heating and cooling

Villamos energia, fűtés és hűtés

A grafikon azt mutatja, hogy a biometán részaránya a 2012 évi 0.3% szintről 2020-ra 6.5%-ra, 2030-ra 37.5%-ra emelkedhet. A biometán előnyeinek (földgáz szállító- és tároló rendszer igénybe vételének lehetősége, közvetlen motorhajtó anyag felhasználás) figyelembevételével várható, hogy a 2016-2030 között Európában épülő biogáz üzemek egyre nagyobb hányada a biometánt, és nem a helyben termelt villamos energiát tekinti majd célterméknek.

Az európai biogáz ipar gyakorlatában a biogázt azért használják ma még túlnyomó részben helyben villamos energia termelésére, mert a támogatási rendszerek kifejezetten a megújuló villamos energia előállítására ösztönöznek. Az EU tagországok többségében (köztük Magyarországon is) mind a mai napig csak megújuló forrásokból előállított villamos áramra vannak kötelező átvételi árak, földgáz minőségre tisztított biogázra (a továbbiakban „biometán”) nincsenek. Ez a szabályzás indokolatlanul helyezi háttérbe a biometánt, amelyet a földgáz szállító- és elosztó rendszeren keresztül közel olyan jól lehet elosztani, mint az áramot – sőt a földgáz esetében a meglévő rendszerekben hosszú időszakra szóló tárolás is megoldott.

<sup>138</sup> Forrás: Green Gas Grids European Biomethane Roadmap ([www.greengasgrids.eu](http://www.greengasgrids.eu))



A közelmúltban néhány európai kormány változtatott ezen a helyzeten és kötelező átvételi árakat vezetett be biometán földgáz hálózati betáplálására is. Ennek hatására ezekben az országokban (FR, DK, IT, UK) a biometán termelés intenzív növekedése várható. 2014 végén Európa 15 országában mintegy 300 biogáz tisztító (biometánt előállító) üzem működött, 12 országban valósítottak meg földgáz vezetéki betáplálást, 12 országban a biometánt közvetlenül, üzemanyagtöltő állomásokon bio-üzemanyagként hozzák forgalomba (ide tartozik Magyarország is a zalaegerszegi szennyvíztelepen működő biometán termelés és töltőállomás révén).

## **Technológiai fejlődés**

### Biogáz

A biogáz előállításának meghatározó folyamata a szerves anyagok anaerob (oxigéntől elzárt) fermentációja. Ebben a biotechnológiai eljárásban a műszaki fejlődés nem lehet olyan gyors és látványos, mint a szélenergia és különösen a napenergia esetében. Ennek fő oka az, hogy a biológiai folyamatok felgyorsításának, a hatékonyság- és termelékenység növelésének természetes korlátai vannak. Mindazonáltal a biogáz előállítására szolgáló anaerob fermentációs technológia is fejlődik, az Európában jelenleg működő mintegy 14.600 biogáz üzem tapasztalatai jelentősen hozzájárulnak a fejlesztéshez.

A biogáz előállítás (anaerob fermentáció) fejlődési tendenciái:

- a magasabb termofil (kb. 55 °C) üzemhőmérséklet alkalmazása a mezofil (kb. 38 °C) helyett,
- alapanyagok hatékony előkészítése a fermentáció felgyorsítása és a lebomlás hatékonyságának növelése céljából - hidrolízis, hőkezelés, mechanikai előkészítés, ultrahangos, biológiai (enzimes) előkezelés, enzím, stb.
- alapanyag alternatívák kiszélesítése (pl. száraz kukoricaszár, fű/pázsit, töltések, útpadkák, árkok gondozásából származó biomassa feldolgozása),
- biotechnológiai szerviz (nyomelemek pótlása),
- biológiai intenzifikálás (enzimek, mikrobák adagolása),
- folyamatvezérlés korszerűsítése.

A hatékonyság növelését célzó fejlesztések egy része többlet beruházási, másik része többlet üzemeltetési költségekkel jár, így a nettó önköltség csökkentése viszonylag korlátozott (10-30% nagyságrendű). A biogáz önköltségének nagyarányú csökkentése elsősorban nem az anaerob fermentációt érintő műszaki fejlődéstől, hanem a minél alacsonyabb költséggel biztosítható alapanyagok részarányának növelésétől várható. Ilyen szempontból különösen fontosak azok a fejlesztések, amelyek a közvetlenül a biogáz üzem számára termesztett energianövények (silókukorica) kiváltását teszik lehetővé - például a szemre termesztett kukorica után visszamaradó szár feldolgozásával.

Az alapanyag bázis kiszélesítésére irányuló fejlődési tendencia egyértelműen megjelenik a zalaegerszegi projektben is, ahol a receptúra egyáltalán nem tartalmaz primer energia növényeket.

### Biometán

A biogáz tisztítás/nemesítés fizikai-kémiai technológiái az elmúlt években jelentősen fejlődtek és ezen a területen további lényeges hatékonyság javulás várható. A fejlesztések eredményeképpen

- csökkent a fajlagos villamos energia felhasználás,
- nőtt a termelt metán tisztasága (99,0 – 99,5% is elérhető),
- csökkent a folyamat metánvesztése (ami korábban pl. a membrános és fizikai abszorpciók eljárások esetében több százalék nagyságrendű is lehetett).

A folytatódó műszaki fejlődés révén a következő években a biogáz tisztítás hatékonysága tovább nő, a fajlagos beruházási- és üzemeltetési költségek csökkennek.

A biogáz tisztítás területén tapasztalt műszaki fejlődés tendenciái értékelve a zalaegerszegi beruházás esetében több hatékony technológia között lehet választani, ezzel foglalkozik a 2.3. fejezet.

A projekt keretében kidolgozott biogáz üzemi elgondolás figyelembe veszi mind a biogáz ipar eddigi fejlődésének tapasztalatait, mind a fő fejlesztési tendenciákat. Ennek megfelelően a javasolt biogáz üzem az alábbiak szerint tér el a jelenlegi átlagos szinttől:

- az üzem alapanyag receptúrájában nem szerepelnek olyan energianövények, amelyek élelmiszertermelésre közvetlenül felhasználhatók,
- a magasabb üzemhőmérséklet megválasztása, a legkorszerűbb fermentor kialakítás alkalmazása és az alapanyagok fermentációra előkészítése révén a hatékonyság (1 m<sup>3</sup> fermentor térfogatra jutó biogáz termelés) megfelel a jelenlegi tudásszint szerint elérhető legmagasabb foknak,
- a biogáz termelés mintegy 25%-a (?) mikro algákból származik, amelyeknek előnyeit a az alapanyag ellátás fejezetben mutatjuk be,
- a céltermék nem villamos energia, hanem biometán, tehát olyan energiahordozó, amely alacsony költségekkel tárolható és az igényekhez rugalmasan alkalmazkodva használható fel.

### **8.6.2 Anaerob fermentációs technológia biogáz termelésére**

A jelenleg használt biogáz technológiák nagyon változatosak, azonban minden ma használatos biogáz célú fermentációs technológia közös jellemzője az, hogy az alkalmazott megoldásokat a konkrét alapanyag összetételhez igazítják. Ennek megfelelően különválnak a szennyvíziszapot feldolgozó rothasztók, az állati trágyát hasznosító berendezések, ill. az energianövények fermentációjára specializált biogáz üzemek.

A biogáz technológiákat csoportosítani lehet több más szempont szerint is:

- a) Az üzemhőmérséklet tekintetében megkülönböztetünk mezofil (36 - 41 °C) illetve termofil (55 +/- 1 °C) biogáz üzemeket, a mai gyakorlatban a mezofil berendezések vannak túlnyomó többségben, de találhatóak vegyes (mezofil+termofil) biogáz üzemek is.
- b) A fermentációs lépcsők szerint az egylépcsős és kétlépcsős technológiák közel azonos számban valósulnak meg, de vannak már 3 lépcsős (hidrolízis fázist külön választó) megoldások is.
- c) A fermentorok lehetnek fekvő (henger vagy téglatest) vagy álló (henger, "körte") elrendezésűek, anyaguk vasbeton vagy korrózióvédett acéllemez.
- d) A fermentációs massa keverése történhet mechanikai (lapátos, propelleres) keverőkkel, külső szivattyús recirkulációval vagy biogáz befúvással.
- e) A termelt biogáz kéntelenítését vagy a fermentor feletti gáztérben biológiai úton, vagy külön kéntelenítő toronyban biológiai úton, vagy aktív szenes adszorpcióval, vagy vegyszerek alkalmazásával oldják meg.
- f) Fix tetős fermentorok esetén a biogázt külső tárolókban tárolják, a másik gyakori megoldás a fermentorok felett elhelyezett (szimpla- vagy kettős falú) gázkupola.

**A javasolt technológia folyamatos üzemű, nedves közegben, termofil üzemhőmérsékleten megvalósuló, két lépcsős anaerob fermentáció.** A technológia szerves részét képezi az alapanyagok előkészítése az anaerob fermentációra, amelyre különösen szükség van a mikro alga biomassa, a kukoricaszár és a zöldterületről begyűjtött biomassa esetében. Az előkészítés legcélszerűbben aprítással és aerob biológiai kezeléssel (hidrolizáló mikrobákkal) oldható meg.

**Fermentor konfigurációként a Biogest osztrák cég által alkalmazott és folyamatosan tovább fejlesztett Power-Ring koncepció alkalmazását javasoljuk.** A Power-Ring egy vasbeton testben gyűrűként megépített kétlépcsős fermentor, amelyben főfermentorként (első lépcsőként) a külső gyűrű, míg utófermentorként (második lépcsőként) a belső henger szolgál. A konstrukciót az alábbi ábra szemlélteti.



1 Main fermenter 2 Post fermenter  
3 Feed system 4 Central pumping station

8.7 számú ábra: Power-Ring fermentor<sup>139</sup>

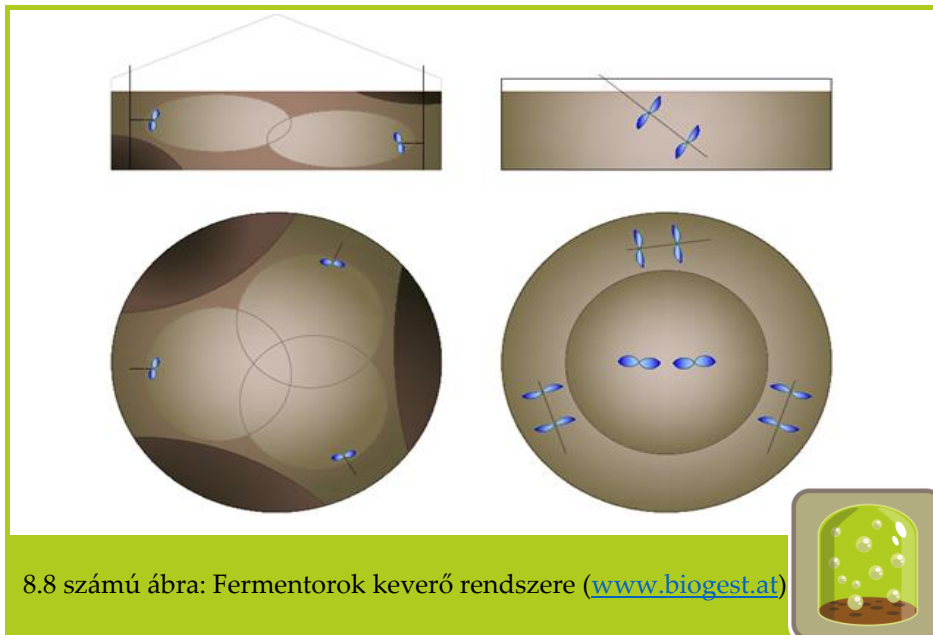
Ahol:

1. Főfermentor
2. Utófermentor
3. Szilárd alapanyag adagoló rendszer
4. Központi szivattyú állomás

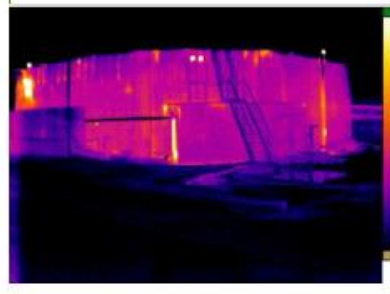
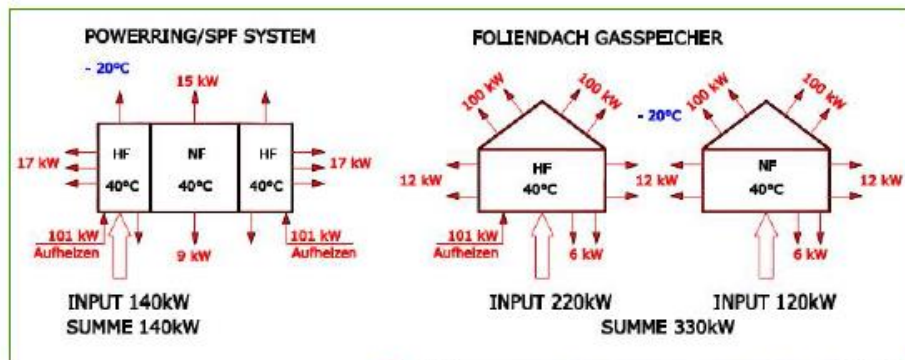
A Power-Ring lényeges előnyei – a hagyományos álló hengeres kiképzéshez viszonyítva a következőkben vannak:

- hatékony keverő rendszer, amely biztosítja azt, hogy az anyag a külső gyűrűben körben haladva folyamatosan bomlik le
- alacsony hőenergia fogyasztás abból következően, hogy a
  - vízszintes, hőszigeteléssel is ellátott fermentor tetőn keresztül a hővesztés sokkal kisebb, mint a hagyományos gázkupolákon keresztül,
  - a külső gyűrű által védett belső hengernek egyáltalán nincs szüksége fűtésre,
- az átfolyás a főfermentorból az utófermentorba természetes gravitációs úton, energiafogyasztás nélkül valósul meg,
- a fermentációs maradék tárolótartály felett elhelyezett kettős falú biogáz tároló kupola a keletkezett teljes mennyiség összegyűjtését biztosítja,
- a fermentor blokk terület igénye lényegesen alacsonyabb.

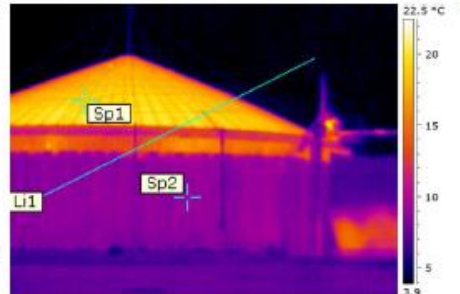
<sup>139</sup> Forrás: [www.biogest.at](http://www.biogest.at)



8.8 számú ábra: Fermentorok keverő rendszere ([www.biogest.at](http://www.biogest.at))



Heat losses: digester with concrete roof



Heat losses: digester covered with gasholder

8.9 számú ábra: Fermentorok hővesztesége ([www.biogest.at](http://www.biogest.at))

Ahol:

*Powerring/SPF system*

*Powerring/SPF rendszer*

*Foliendach Gasspeicher*

*Membrántetős gáztároló*

*Input*

*Bemenet*

*Summe*

*Összeg*

*Heat losses: digester with concrete roof*

*Hőveszteség: fermentor beton fedéllel*

*Heat losses: digester covered with gasholder*

*Hőveszteség: fermentor gázkupolával*



A Power-Ring fermentor rendszer üzemeltetését termofil hőmérséklet tartományban tervezzük, amit a konstrukció kiváló hőtechnikai adottságai lehetővé tesznek. Termofil hőmérsékleten az átlagos tartózkodási idő 30-40%-al csökkenthető, a térterhelési mutató (egységnyi fermentor térfogatra jutó szerves szárazanyag betáplálás naponta) akár 50%-al is növelhető. Ilyen módon az anaerob fermentáció egyetlen műtárgyban megvalósítható, amelynek tervezett paraméterei a következők:

Külső átmérő	m	45
Belső átmérő	m	26
Külső magasság	m	7
Folyadékszint	m	6,5
Főfermentor térfogat	m <sup>3</sup>	6 753
Utófermentor térfogat	m <sup>3</sup>	3 451
Teljes térfogat	m <sup>3</sup>	10 204

8.14 számú táblázat Fermentor méretei

A termelt biogáz várható összetételét az alábbi táblázat tartalmazza.

Összetevő	Mértékegység	Koncentráció
Metán	térfogat %	56 – 58
Széndioxid	térfogat %	39 – 41
Víz	térfogat %	2 (5°C)
Hidrogén	térfogat %	< 1
Kénhidrogén	ppm	< 150
Ammónia	ppm	< 100

8.15 számú táblázat Biogáz összetétele

A biogázra vonatkozó irodalmi adatok:

Biogáz fűtőértéke: 5,1 - 6,5 kWh/m<sup>3</sup>

Sűrűségarány a levegőhöz képest: 0,9

Gyulladás hőmérséklet: 700 °C

Max. égési sebesség levegőben: 0,25 m/sec

Gyulladás tartomány, gáz a levegőben: 6 ... 12 %

A fermentorok folyadék fázisából kikerülő biogáz vízgőzzel telített, ezért a biogázt elégetés előtt vízteleníteni kell. A biogáz a két fő komponens (metán és széndioxid) mellett nyomokban egyéb gázokat is tartalmaz. Ezek közül a legfontosabb a kénhidrogén, mely a fermentorban, az azt követő csővezetékben és a gázhasznosító berendezésekben is korróziót okoz, a biogáz kénhidrogén tartalma elérheti akár az 500 ppm értéket is, felhasználás előtt ezért a nyers biogázt kénteleníteni is kell.

A kéntelenítés számos eljárással megoldható. A biogáz üzemek gyakorlatában leginkább a legalacsonyabb költségekkel járó biológiai kéntelenítés terjedt el. A biológiai kéntelenítés történhet a fermentor gázterében (belső kéntelenítés) vagy külső kéntelenítő toronyban (külső kéntelenítés). A külső kéntelenítés legfontosabb előnye a belső megoldással szemben, hogy az

aerob baktériumoknak szükséges levegőbe adagolás pontosabban szabályozható és ez által a biogázba kerülő oxigén és nitrogén mennyisége alacsonyabb szinten tartható (azaz a metán kevésbé hígul fel a levegő gázkomponenseivel).

A kéntelenítés megválasztásánál figyelembe kell venni a termelt biogáz hasznosításának módját is. Gázmotorban történő elégetés esetén a biológiai kéntelenítésből származó nitrogén nem okoz gondot. Más a helyzet azonban akkor, **ha a céltermék biometán, amelynek tulajdonságait nem ronthatja a nitrogén tartalom, ekkor előtérbe kerül a kémiai úton megvalósított kéntelenítés, amely a zalaegerszegi projekt esetében is a célszerű megoldás.**

A fermentor gázteréből kikerülő biogáz nedvességtartalma közel 100%. A vízgőzzel telített biogáz felhasználásra nem alkalmas, ezért a benne található vizet le kell választani. A gázhűtő berendezés terhelésének csökkentése érdekében célszerű a biogáz vezetékét a földbe helyezni és az így kiváló kondenzvizet összegyűjteni. A nagy gázáramokkal dolgozó biogáz üzemekben (mint amilyen a zalaegerszegi is lesz) a gáz hűtésére nem elégszenek meg a talajba fektetett vezetékkel, hanem a nedvességtartalom csökkentését külön hűtőberendezésekkel oldják meg. A biogáz hőmérséklete a hűtőberendezésben a harmatpontra csökken, a gázból kiváló kondenzvizet elvezetik egy külön tartályba, ahonnan vagy visszakerül a fermentorba, vagy pedig a lebontási maradék folyékony fázisának tárolójába.

A hűtésen alapuló elektromos víztelenítő berendezések hátránya, hogy működésük energiaigényes, előnye viszont az, hogy a gáz nedvességtartalmát folyamatosan és megbízhatóan azonos szinten tudják tartani.

### 8.6.3 Biogáz tisztítás, biometán előállítása

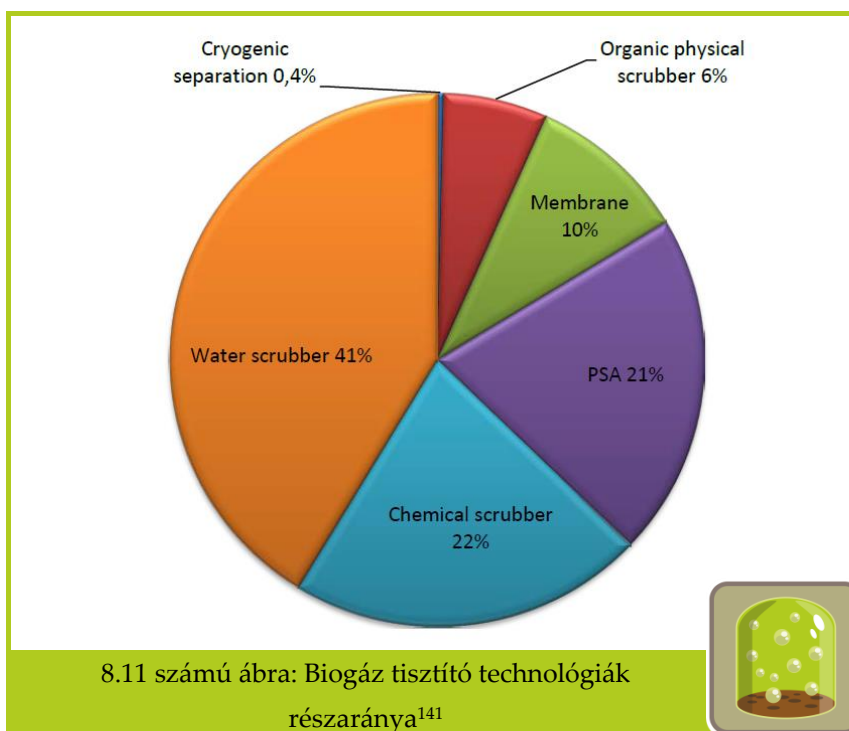
A biogáz tisztítási/nemesítési technológiák a gáziparban használt megoldások adaptálása révén jöttek létre. Legelőször a vizes mosást alkalmazták, ezt követte a nyomásváltásos adszorpció (PSA) felhasználása biometán előállítására. Az oldószeres fizikai- és kémiai abszorpciós technológiákkal is működnek berendezések. Az utóbbi néhány évben különösen az aminos (kémiai) abszorpció és a membrán technológia alkalmazása került előtérbe – következtében annak, hogy ezekben a fejlesztések révén nagymértékű hatékonyság javulást lehetett elérni. A cseppfolyósított földgáz (LNG) üzemanyag célú felhasználásának elterjedésével összhangban a jövőben a kriogén technológia is előtérbe kerülhet, jelenleg csak egy ilyen berendezés működik ipari méretben.

A vizes és oldószeres fizikai abszorpció lényege az, hogy a közeg megköti a széndioxidot (és esetleg más komponenseket – mint a kénhidrogént – is), míg a metán megtisztítva távozik. Az oldószeres (leggyakrabban különféle aminok elegyéből összeállított oldószert alkalmaznak) kémiai abszorpció során a széndioxid és az oldószer között kémiai kötés jön létre (amelyet a regenerációs toronyban a hőmérséklet emelésével oldanak fel). A nyomásváltásos adszorpció során a széndioxidot a célszerűen megválasztott molekulaszita (általában aktivált szén) fogja

fel, amely ugyancsak regenerálható. A membrános változatban a membrán általában visszafog minden más komponenst a gázelegyből és csak a metán molekulákat engedi át (a legfrissebb fejlesztések éppen a membrán szelektivitásának növelésére szolgáltak). Az alábbi képek a biogáz tisztító üzemek számára kifejlesztett membránt szemléltetik:



Az egyes biometán technológiák részaránya jelenleg a következő ábra szerinti, a grafikon az üzemek száma (és nem az összesített kapacitás) alapján készült.



Feliratok:

PSA – nyomásváltásos adszorpció

Water scrubber – vízes abszorpció

Chemical scrubber – kémiai abszorpció

Membrane - membrán

Organic physical scrubber –fizikai abszorpció szerves oldószerekben

Cryogenic separation – kriogén szétválasztás

<sup>140</sup> Forrás: [www.sepuran.com](http://www.sepuran.com)

<sup>141</sup> Forrás: M. Beil előadás VDI Biomethane Conference Frankfurt 2013 március 19-20.

Egy adott telephelyen tervezett biogáz tisztító üzem technológiájának kiválasztásánál számos helyi adottságot kell mérlegelni, köztük:

- a rendelkezésre álló biogáz mennyiségét (a biometán üzem szükséges kapacitását),
- a biogáz összetételét (metán-, kénhidrogén- és oxigén tartalom),
- a biometánnal szemben az adott helyen támasztott minőségi igényeket,
- a biometán helyi felhasználásához, illetve továbbításához szükséges nyomás szintet,
- rendelkezésre álló helyi energiaellátási infrastruktúrát és az egyes energiahordozók költségét,
- a metán veszteségre vonatkozó környezetvédelmi előírásokat, stb.

A szempontok között szerepelhet az is, hogy van-e széndioxid igény a piacon és – ha igen – milyen tisztasági fokon. Például a biometán célra megvalósított Power-to-Gas technológia a biogáz tisztításából származó széndioxidot fel tudja használni.

Az alábbi táblázatok az egyes technológiák lényeges sajátosságait illusztrálják:

	Áramigény kWh/m <sup>3</sup> BG	Hőigény kWh/m <sup>3</sup> BG	Vegyszer igény	Előzetes Kéntelenítés
PSA (adszorpció)	0,16 - 0,25	-	-	Szükséges
Fizikai abszorpció (víz)	0,18 - 0,30	-	-	-
Fizikai abszorpció (oldószer)	0,23 - 0,27	0,10 - 0,15	kell	-
Kémiai abszorpció	0,09 - 0,11	0,50 - 0,70	kell	Szükséges
Membrán	0,23 - 0,26	-	-	Szükséges

8.16 számú táblázat Biogáz tisztító technológiák igényei<sup>142</sup>

	Hőmérséklet °C	Nyomás bar	Metán veszteség, %	Metán kinyerés, %
PSA (adszorpció)	környezeti	4 - 7	1,0 - 2,5	97,5 - 99,0
Fizikai abszorpció (víz)		4 - 10	0,5 - 2,0	98,0 - 99,5
Fizikai abszorpció (oldószer)	40 - 50	6 - 7	< 1,5	> 98,5
Kémiai abszorpció	106 - 160	0,05 - 4	< 0,1	> 99,9
Membrán	környezeti	7 - 20	0,5 - 1,0	99,0 - 99,5

8.17 számú táblázat Biogáz tisztító technológiák paramétereit<sup>143</sup>

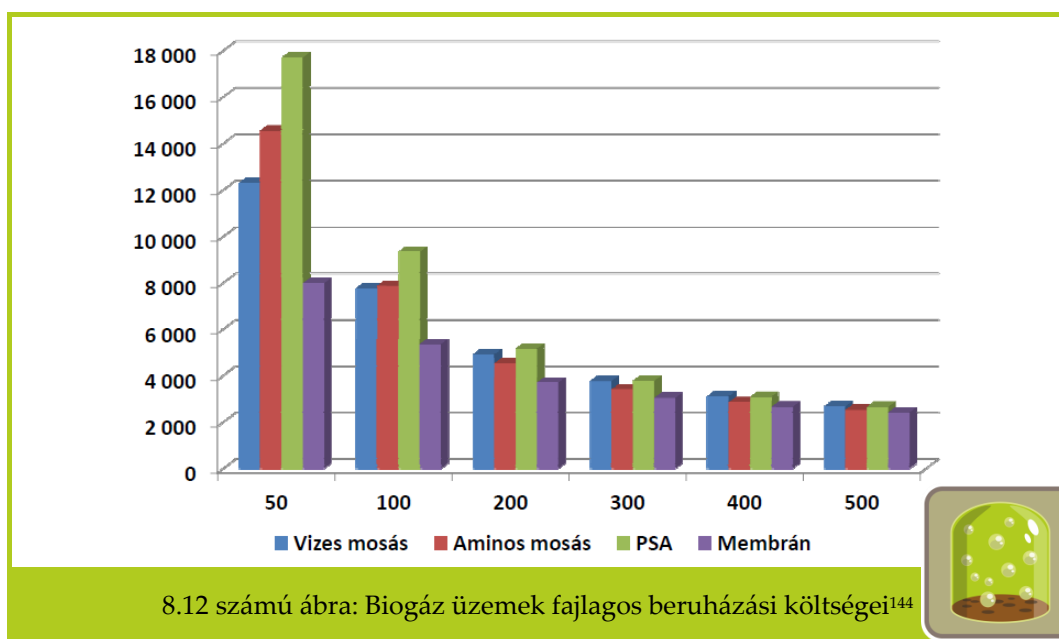
A fajlagos beruházási költségek az üzemméret és a választott technológia függvényében a következő grafikon szerint alakulnak. A 8.12 számú ábrán a vízszintes tengelyen a biogáz tisztító/nemesítő üzem kapacitása szerepel, Nm<sup>3</sup>/óra mértékegységben. A függőleges tengely a fajlagos beruházási költségeket mutatja EUR-ban, 1 Nm<sup>3</sup>/óra kapacitásra vonatkoztatva.

<sup>142</sup> Forrás: Dr. Kovács Attila előadás Biometán Konferencia Szeged, 2013. október 10.

<sup>143</sup> Forrás: Dr. Kovács Attila előadás Biometán Konferencia Szeged, 2013. október 10.

A grafikonból levonható legfontosabb következtetések:

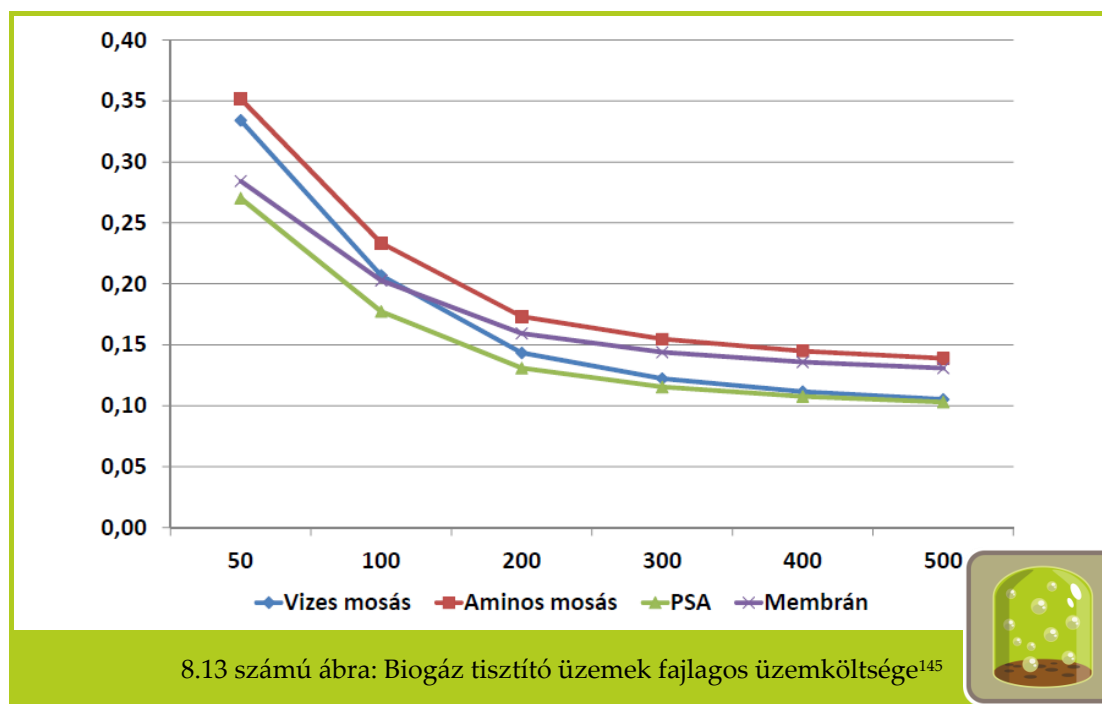
- kis méretekben a fajlagos beruházási költségek a membrános technológia esetében a legalacsonyabbak,
- az aminos mosás és a PSA technológiák az alacsony kapacitásoknál – a magas fajlagos beruházási költsége miatt – gyakorlatilag nem jöhetnek számításba,
- a vizes mosás a kisebb üzemméret tartományban versenyképes lehet a membrános technológiával,
- nagyobb üzemméreteknel a technológiák közötti fajlagos beruházási költség különbségek kiegyenlítődnek, 500 Nm<sup>3</sup>/óra és ennél nagyobb kapacitásoknál ebben a mutatóban már nincs lényeges különbség.



A következő grafikon a fajlagos üzemköltségek átlagos szintje és az üzemméret, illetve a széndioxid leválasztási technológia közötti összefüggéseket szemlélteti. A vízszintes tengelyen itt is a biogáz tisztító/nemesítő üzem kapacitása szerepel, Nm<sup>3</sup>/óra mértékegységben. A függőleges tengely a fajlagos üzemköltségeket mutatja EURcent/Nm<sup>3</sup> mértékegységben.

<sup>144</sup> Forrás: saját számítás Biomethane Calculator felhasználásával ([www.bio-methaneregions.eu](http://www.bio-methaneregions.eu))



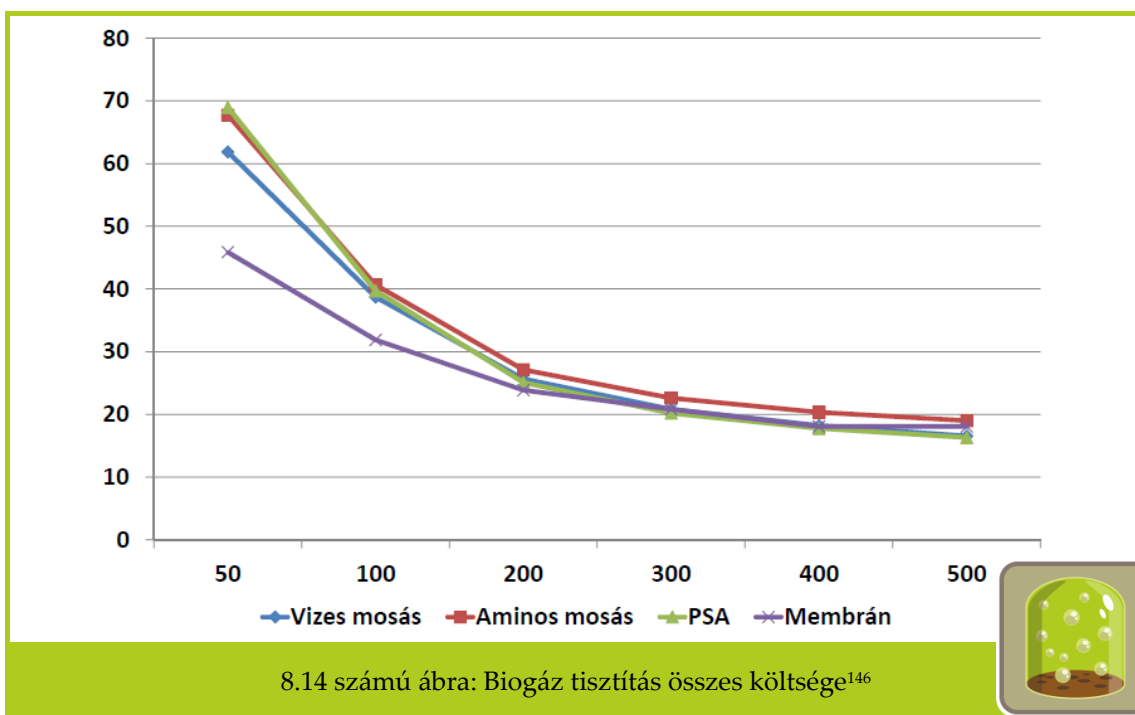


A harmadik grafikon a fajlagos beruházási és üzemeltetési költségek összevonásával azt mutatja be, hogy miként változnak a biogáz tisztítás (nemesítés) összköltségei a kapacitás és az alkalmazott technológia függvényében. A vízszintes tengelyen a biogáz nemesítő üzem kapacitása szerepel, Nm<sup>3</sup>/óra mértékegységben. A függőleges tengely a nemesítés fajlagos összköltségét mutatja EURcent/Nm<sup>3</sup> mértékegységben – a biogáz önköltsége nélkül.

Az összevont költségeket tartalmazó grafikon egyértelműen azt erősíti meg, hogy

- 150 Nm<sup>3</sup>/óra kapacitásig a membrános technológia egyértelműen előnyösnek tűnik a másik három technológiai megoldáshoz viszonyítva;
- 200 Nm<sup>3</sup>/óra kapacitástól a költségszintek kiegyenlítődnek, az adott telephelyen legcélszerűbb technológia kiválasztása csak konkrét ajánlatok és részletes elemzés alapján célszerű.

<sup>145</sup>Forrás: saját számítás Biomethane Calculator felhasználásával ([www.bio-methaneregions.eu](http://www.bio-methaneregions.eu))



Hangsúlyozni szükséges, hogy a fenti három grafikon elméleti adatok alapján készült. A grafikonok által illusztrált összefüggések reálisak, azonban az ábrákról leolvasható számadatokból nem lehet megalapozott döntéseket hozni.

A fenti elemzésből mindenesetre azt a következtetést le lehet vonni, hogy **a zalaegerszegi üzem tervezett méretében – gazdaságossági szempontból – valamennyi biogáz tisztítási technológia számításba vehető.**

Az összevont költségeket tartalmazó grafikon egyértelműen azt erősíti meg, hogy

- c) 150 Nm<sup>3</sup>/óra kapacitásig a membrános technológia egyértelműen előnyösnek tűnik a másik három technológiai megoldáshoz viszonyítva;
- d) 200 Nm<sup>3</sup>/óra kapacitástól a költségszintek kiegyenlítődnek, az adott telephelyen legcélszerűbb technológia kiválasztása csak konkrét ajánlatok és részletes elemzés alapján célszerű.

A tanulmányban a kémiai abszorpciós (aminos mosás) technológia alkalmazásával számoltunk azon megfontolás alapján, hogy valószínűsítettük a biogáz és biometán technológia összekapcsolását a Power-to-Gas technológiával. Utóbbi lényege

- hidrogéntermelés elektrolízissel, alacsony költségű villamos energia felhasználásával és
- hidrogén-széndioxid szintézis metán előállítására (kémiai vagy biológiai eljárással).

A Power-to-Gas technológiához különösen jól illeszthető a kémiai abszorpciós biogáz tisztítási eljárás, minthogy az aminos oldószer regenerálásához szükséges magas hőmérsékletet (120-160 °C) az elektrolízis során keletkező hőenergia biztosítja. A kémiai abszorpció kitűnő

<sup>146</sup> Forrás: saját számítás Biomethane Calculator felhasználásával ([www.bio-methaneregions.eu](http://www.bio-methaneregions.eu))

szelektivitásának köszönhetően a termelt széndioxid magas tisztaságú és így megfelel a metán szintézis igényeinek.

Az energiamérleget, a beruházási- és üzemeltetési költségekre vonatkozó előrejelzést a kémiai abszorpció (aminos mosás) technológiára vonatkozó adatok alapján állítottuk össze.

## 8.7 Üzemi blokkok

Jelen tanulmány fejezet nem terjed ki a Power-to-Gas technológia megvalósíthatóságának, gazdaságosságának kérdéseire, mindössze azt vizsgáltuk meg, hogy mely üzemméretek mellett logikus a különféle technológiák összekapcsolása (más szóval: mikor legerősebb a szinergiahatás). Az összeillesztésnél meghatározónak tekintettük azt a szempontot, hogy a biogáz/biometán egység megtermelje a szükséges széndioxidot a Power-to-Gas keretében megvalósuló metán szintézishez. Azt állapítottuk meg, hogy az üzemcsoport célszerűen a következő egységekből állhatna (az üzemcsoportban megtermelhető éves biometán mennyiség 7 millió m<sup>3</sup>):

	Kapacitás		Üzemóra/év		Termelés
Biogáz (anaerob fermentáció)	1,150	m <sup>3</sup> biogáz/óra	8,200	9,529	ezer m <sup>3</sup> biogáz/év
Biogáz tisztítás (upgrading)	600	m <sup>3</sup> bioCH <sub>4</sub> /óra	8,200	4,842	ezer m <sup>3</sup> bioCH <sub>4</sub> /év
Blokkfűtőerőmű (CHP)*	275	kW el	4,500	1,243	MWh el/év
Biogáz kazán**	400	kW th	6,000	2,254	MW th/év
Power-to-Gas***	10.0	MW el	4,000	2,167	ezer m <sup>3</sup> bioCH <sub>4</sub> /év

8.18 számú táblázat: Üzemcsoport elemei

- \* az anaerob fermentáció és a biogáz tisztítás éves villamos energia fogyasztásának fedezésére  
 \*\* az anaerob fermentáció és a biogáz tisztítás PtG és CHP feletti hőenergia igényének fedezésére  
 \*\*\* becsült adatok, nem része a tanulmánynak

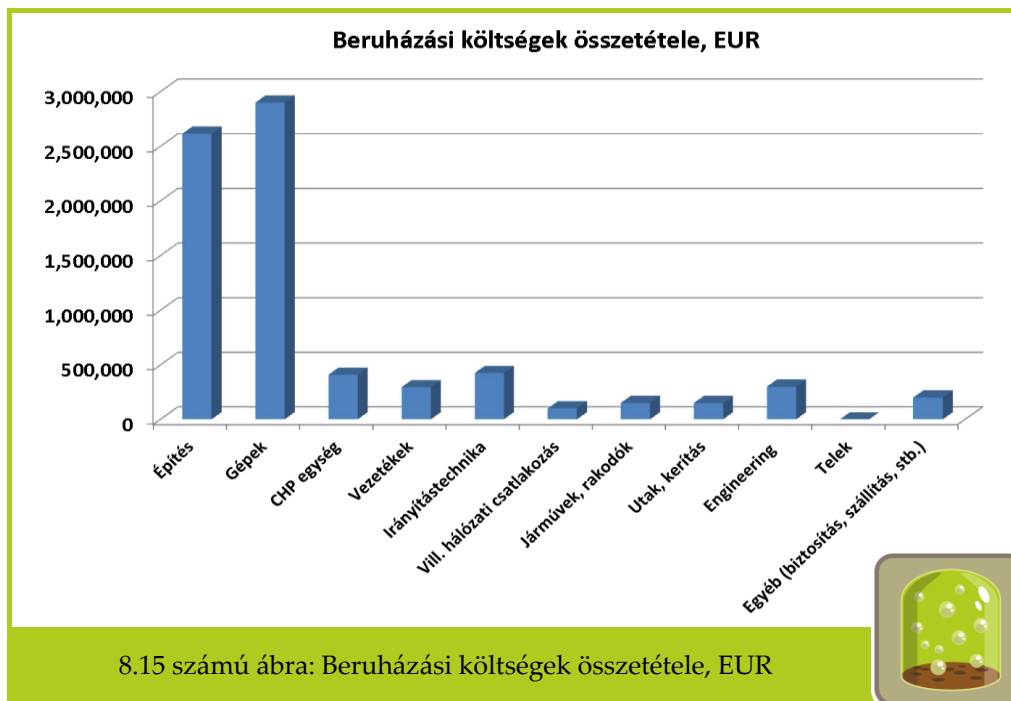
Biogáz CHP-be	535,000	m <sup>3</sup> /év
Metán CHP-be	303,162	m <sup>3</sup> /év
Metán termelés	3,031,624	kWh/év
CHP 100% üzemóra szám	4,500	óra/év
CHP villamos hatásfok	41.0%	
Villamos energia termelés	1,242,966	kWh/év
CHP kihasznált kapacitás	276	kWel

8.19 számú táblázat Üzemcsoport biogáz felhasználása

## 8.8 Várható beruházási költségek

	EUR	Részarány, %
Építés	2,615,000	34.7%
Gépek	2,900,000	38.4%
CHP egység	410,000	5.4%
Vezetékek	295,000	3.9%
Irányítástechnika	425,000	5.6%
Vill. hálózati csatlakozás	100,000	1.3%
Járművek, rakodók	150,000	2.0%
Utak, kerítés	150,000	2.0%
Engineering	300,000	4.0%
Telek	0	0.0%
Egyéb (biztosítás, szállítás, stb.)	200,000	2.7%
<b>Beruházási költségek összesen</b>	<b>7,545,000</b>	<b>100.0%</b>

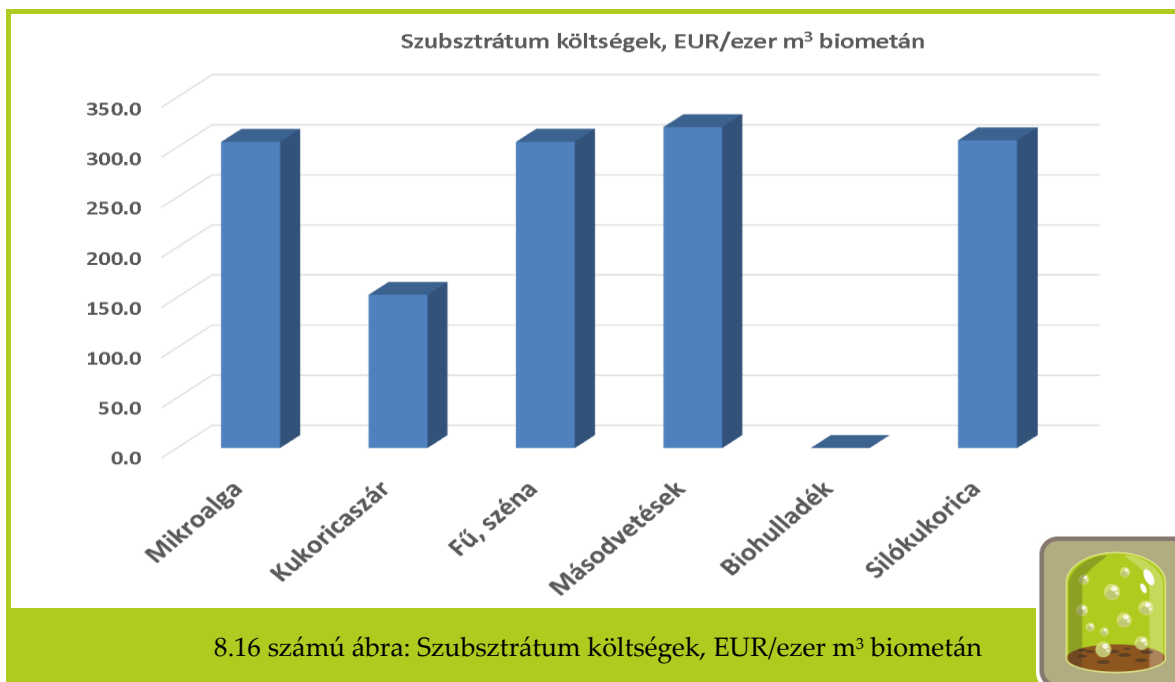
8.20 számú táblázat: Beruházási költség prognózis



## 8.9 Várható működési költségek

Alapanyag	Metán	Költség	Költség	Mennyiség	Költség
	Nm <sup>3</sup> /to FM	EUR/to	EUR/ ezer m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	to/év	EUR/év
Mikroalga	17,7	5,4	305,6	90 000	486 000
Kukoricaszár	229,2	35,0	152,7	10 000	350 000
Fű, széna	98,2	30,0	305,6	4 000	120 000
Másodvetések	78,0	25,0	320,3	10 000	250 000
Biohulladék	86,1	0	0	4 000	0

8.21 számú Táblázat Alapanyag költségek



8.16 számú ábra: Szubsztrátum költségek, EUR/ezer m<sup>3</sup> biometán

## Karbantartási költségek

Blokkfűtőerőmű	40,500	EUR/év
Gépek (benne alkatrészek)	163,400	EUR/év
Építmények, utak	13,820	EUR/év
<b>Karbantartás összesen</b>	<b>217,720</b>	<b>EUR/év</b>

8.22 számú táblázat Karbantartási költségek

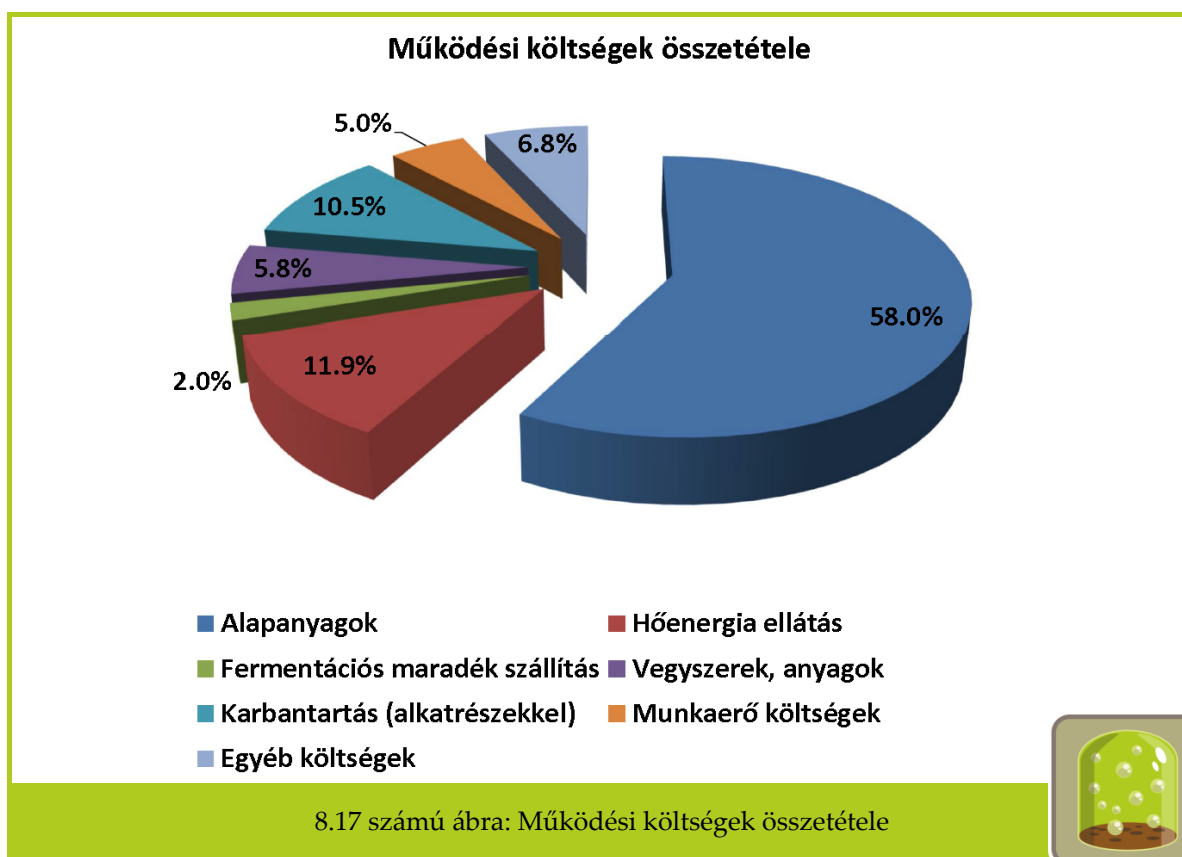


Egyéb költségek	EUR/év		
Biotechnológiai szerviz	18,000	1,500	EUR/hó
Biztosítás	36,000	0.60%	Beruházásra
Bankköltségek	16,000	0.40%	Pénzmozgásra
Könyvelés, adminisztráció	36,000	3,000	EUR/hó
Általános költségek	36,000	3,000	EUR/hó
<b>Egyéb költségek összesen</b>	<b>142,000</b>		

8.23 számú táblázat Egyéb költségek

Költségek összesítése	EUR/év	%
Alapanyagok	1,206,000	57.99
Hőenergia ellátás	248,000	11.92
Fermentációs maradék szállítás	41,300	1.99
Vegyszerek, anyagok	120,000	5.77
Karbantartás (alkatrészekkel)	217,400	10.45
Munkaerő költségek	105,000	5.05
Egyéb költségek	142,000	6.83
<b>Összesen</b>	<b>2,079,700</b>	<b>100.00</b>

8.24 számú táblázat Működési költségek előrejelzése



## 8.10 Biometán önköltségének előre jelzése

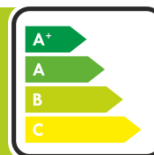
	EUR/év	EUR/ezer m <sup>3</sup>	Részarány
Alapanyagok	1,206,000	249.1	39.4%
Működési költségek	625,700	129.2	20.4%
Hőenergia a PtG-ból	248,000	51.2	8.1%
Amortizáció	754,500	155.8	24.7%
Finanszírozás	226,350	46.7	7.4%
<b>Összesen</b>	<b>3,060,550</b>	<b>632.1</b>	<b>100.0%</b>

8.25 számú táblázat Biometán önköltsége alapesetben

	EUR/év	EUR/ezer m <sup>3</sup>	Részarány
Alapanyagok	1,447,200	298.9	40.9%
Működési költségek	671,563	138.7	19.0%
Hőenergia a PtG-ból	248,000	51.2	7.0%
Amortizáció	904,200	186.7	25.5%
Finanszírozás	271,260	56.0	7.7%
<b>Összesen</b>	<b>3,542,223</b>	<b>731.6</b>	<b>100.0%</b>

8.26. számú táblázat Biometán önköltsége 20%-al magasabb alapanyag költség és 20%-al magasabb beruházási összeg esetén

## 9. Energiahatékonyság



### 9.1 LED köztérvilágítás

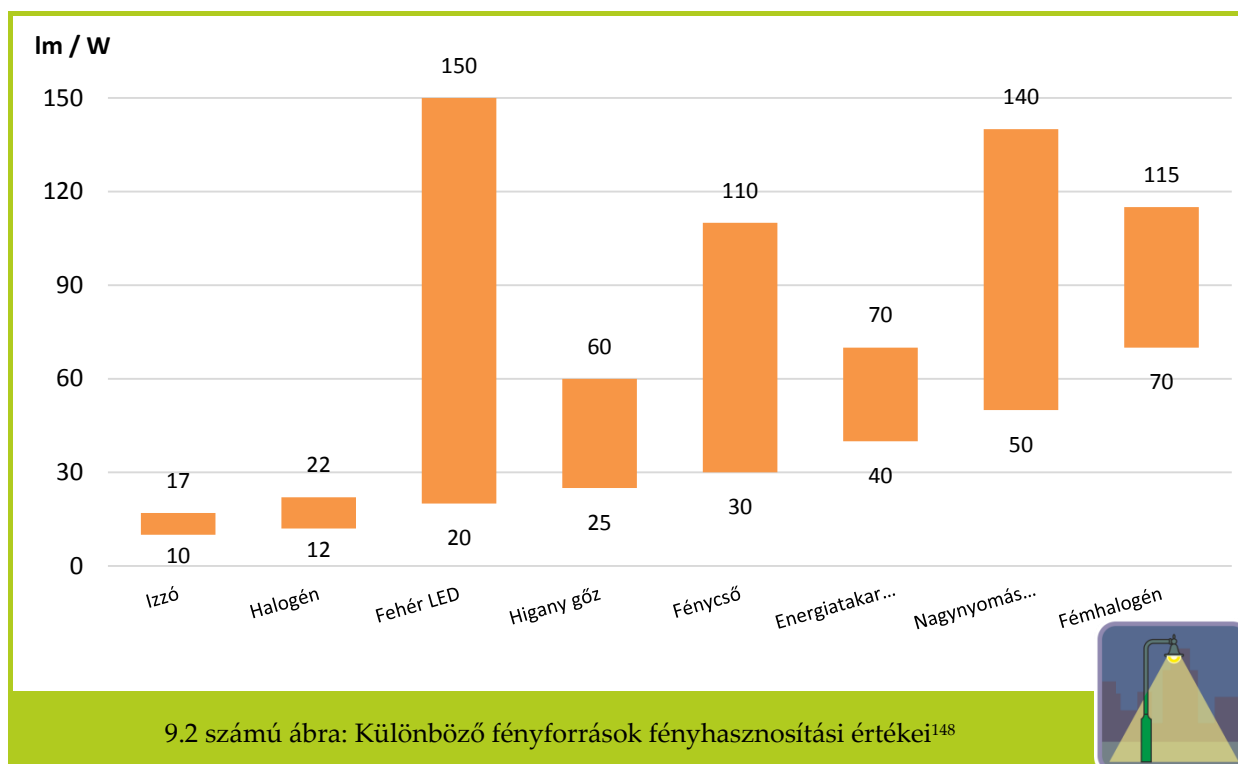
Energiahatékonysági átalakításoknál rendre igaz, hogy a nagyobb üzemóraszámú berendezések hatékonyabbra cserélésével nagyobb megtakarítás is érhető el. A köztérvilágítás pedig egy tipikusan nagy üzemóraszámú (kb. 4000 óra/év) fogyasztó, így korszerűsítése nagy energia megtakarítást is jelent. LED világítótestekről lévén szó, többet is jelenthet a korszerűsítés, mint fogyasztás-csökkentést. A LED kedvezőbb színhőmérsékletének, a lámpatestbe építhető extra funkcióinak, és a fény irányíthatóságának segítségével a megtakarításon túl a komfort körülményekben és szabályozásban is előrelépést tapasztalhatunk. Zalaegerszegen már a közterületi lámpák túlnyomó részét kicserélték LED technológiára, de a LED-ek fejlődése folyamatos, ezért fontos hogy részleteiben áttekintsük a témát.



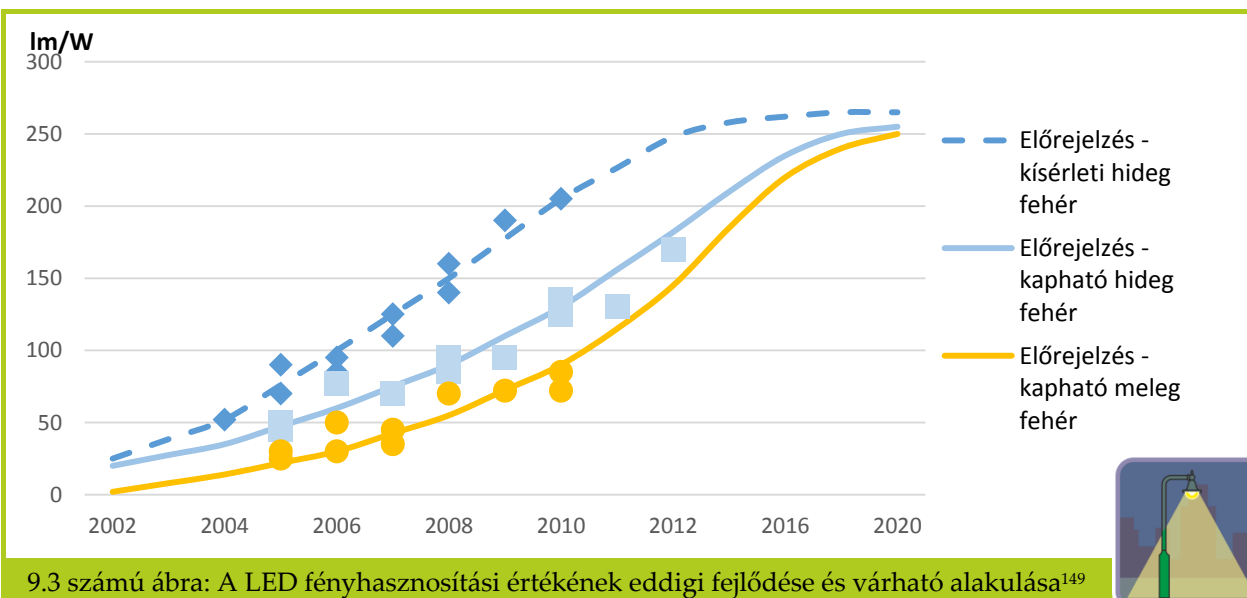
9.1 számú ábra: LED-es világítás Zalaegerszegen<sup>147</sup>

A fogyasztás csökkenést a világítótestek fényhasznosításával írhatjuk le, aminek mértékegysége lumen/watt (lm/W). Ez megmutatja, hogy a világítóttest milyen hatékonyan tud az elektromos áramból fényt előállítani. A magasabb lm/W értékű fényforrás ugyanannyi áramból több fényt állít elő, tehát alapvető célunk a jelenleginél magasabb lm/W értékű fényforrás beszerzésére való ösztönzés. Az 9.2 ábrán szemléltetjük a különböző fényforrások fényhasznosítási értékeit.

<sup>147</sup> Forrás: [http://zaol.hu/data/cikk/170/825/cikk\\_1700825/KAT\\_7695.jpg](http://zaol.hu/data/cikk/170/825/cikk_1700825/KAT_7695.jpg)



Ahogy a 9.2 ábra mutatja, a LED világítótestek fénysznosítási lm/W értéke már manapság is a legmagasabbak közé tartozik, bár a technológia fejlesztése még bőven zajlik és ezért az is látszik, hogy a LED-ek fénysznosítási értéke még széles skálán (20-150 lm/W) változhat. Az viszont már most látszik (9.3 ábra), hogy minden jelenleg ismert fénysforrást meg fog előzni, ezért mindenképp a LED-re való áttérést javaslunk a köztér-világításnál és minden hosszú üzemidejű világítási feladatnál.



<sup>148</sup> Forrás:

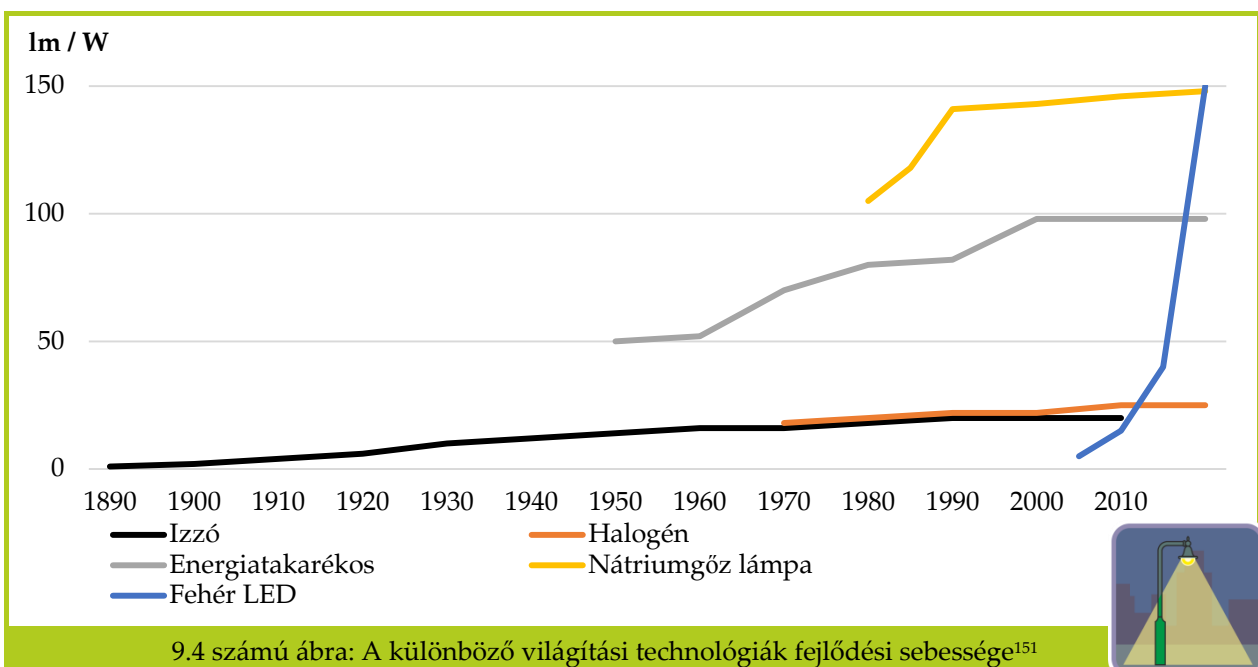
[http://www.lighthouseww.com/myfiles/image/lm\\_W%20Comparison%20Graph%20DifLightSourceswf800x600\(1\).jpg](http://www.lighthouseww.com/myfiles/image/lm_W%20Comparison%20Graph%20DifLightSourceswf800x600(1).jpg)

<sup>149</sup> Forrás: [http://electroi.com/content/dam/eiq/online-](http://electroi.com/content/dam/eiq/online-articles/2012/02/1202SSTfuryDay3F6.gif/jcr_content/renditions/cq5dam.thumbnail.319.319.png)

[articles/2012/02/1202SSTfuryDay3F6.gif/ jcr\\_content/renditions/cq5dam.thumbnail.319.319.png](http://electroi.com/content/dam/eiq/online-articles/2012/02/1202SSTfuryDay3F6.gif/jcr_content/renditions/cq5dam.thumbnail.319.319.png)

A hagyományos wolframszálas izzók lm/W értéke mindig is nagyjából azonos volt (9.2 ábra, körülbelül 10 lm/W) teljesítménytől függetlenül, ezért világítótest választásnál egy 2× nagyobb teljesítményű (watt) izzó 2× nagyobb fényerőt is jelentett. Ma viszont már nem a watt-ban kifejezett teljesítmény értékét kell nézni, hanem a lm/W értéket, mert az azóta megjelent új fényforrások és különösen a LED-ek kiválasztásakor a lm/W érték elég eltérő értéket mutathat azonos wattos teljesítménynél is. Manapság (2016-ban) új LED fényforrás vásárlásakor a 130 lm/W-nál magasabb értéket tartjuk elfogadhatónak, viszont irányadónak már inkább a 150 lm/W-os fényhasznosítási értéket javasoljuk. Ezen ajánlásokat azonban kezeljük óvatosan, mert az ajánlott érték pár év múlva is már több 10 lm értékkel megnőhet, ahogy fejlődik a technológia. Viszonyításképpen a fényhasznosítás elméleti maximuma 680 lm/W, a labor körülmények között elért maximum eddig 303 lm/W, amit természetesen LED fényforrással értek el. Az előző 9.3 ábrán a többi technológia közül kiragadva látható a LED-ek fényhasznosításának fejlődése, külön színekkel jelölve a laborban elért legjobb eredményeket és a piacon kapható legjobb termékeket színhőmérséklet szerint külön választva. A színhőmérsékletről később még szó lesz.<sup>150</sup>

Kiválasztásnál fontos figyelemmel lenni a LED-ek magas élettartamára, ami kb. 50000h. Ez 4000 óra/év-es üzemidő esetén 12,5 évet jelent, tehát várhatóan ennyi ideig nem kell a cseréjükkel foglalkozni. Ez azt is jelenti, hogy magasabb lm/W értékűre cserélésükig legalább ennyi idő fog eltelni, ezért nem érdemes olyan fényforrásokba beruházni, ami 3-4 év múlva már elavult típusnak fog számítani. Ez a jelenség más fényforrásnál nem volt ennyire szempont, mert fejlődési ütemük lassabb volt, de a LED-eké gyors, amit a 9.4 ábrán arányaiban is megvizsgálhatunk.



<sup>150</sup> Forrás: <http://www.cree.com/News-and-Events/Cree-News/Press-Releases/2014/March/300LPW-LED-barrier>

<sup>151</sup> Forrás: [http://www.energycircle.com/sites/default/files/imagecache/Inline\\_Full\\_Width/images/stories/20253/led-light-efficiency-chart.png](http://www.energycircle.com/sites/default/files/imagecache/Inline_Full_Width/images/stories/20253/led-light-efficiency-chart.png)



## **CRI, Színvisszaadás**

A fényhasznosításon kívül a LED-re való áttérés más kedvező tulajdonságokat is magában rejt. Egyik ilyen a LED által kibocsátott fény színvisszaadó képessége, mert ilyen tekintetében megelőzi a többi energiatakarékos világítási megoldást. A színvisszaadást a CRI (color rendering index) értékkel jellemezzük, maximális értéke 100, és felhasználási területtől függ, hogy milyen értéket tartunk elfogadhatónak. Köztérvilágítás célra a 65 feletti CRI értéket javasoljuk, melyre a LED-ek többsége is képes.

## **Színhőmérséklet**

A színhőmérséklet tekintetében a LED-ek széles skálát lefednek, színhőmérsékleti értékeik a melegfehértől (2200K – mint a hagyományos izzóé) a hidegfehérig (10000K – mint az égbolt természetes fénye) terjednek. A színhőmérséklet megválasztásánál szintén figyelembe kell venni a felhasználási területet, de általánosságban igaz, hogy a végleteket kerülni kell, különösen a felső tartományt. Köztér-világításhoz a 4000K körüli tartományt ajánljuk (4000K ± 300K), melyet semleges fehérnek (neutral white) hívnak.<sup>152</sup>

## **Fény iránya**

Egy fényforrás irányításának elégtelensége fényszennyezést okoz. Ennek minimalizálása nem csak azért fontos, mert zavarhatja az embereket, hanem azért is, mert a fényforrást jobban irányítva fogyasztásnövekedés nélkül növelhetjük a megvilágítást. A LED technológia ebben is segíthet, mert hatékonyság növelést a LED technológiáján túl, fényének jobb irányíthatósága is hoz. Ezt a napelemes köztérvilágítási fejezetben ábrával is szemléltetjük.

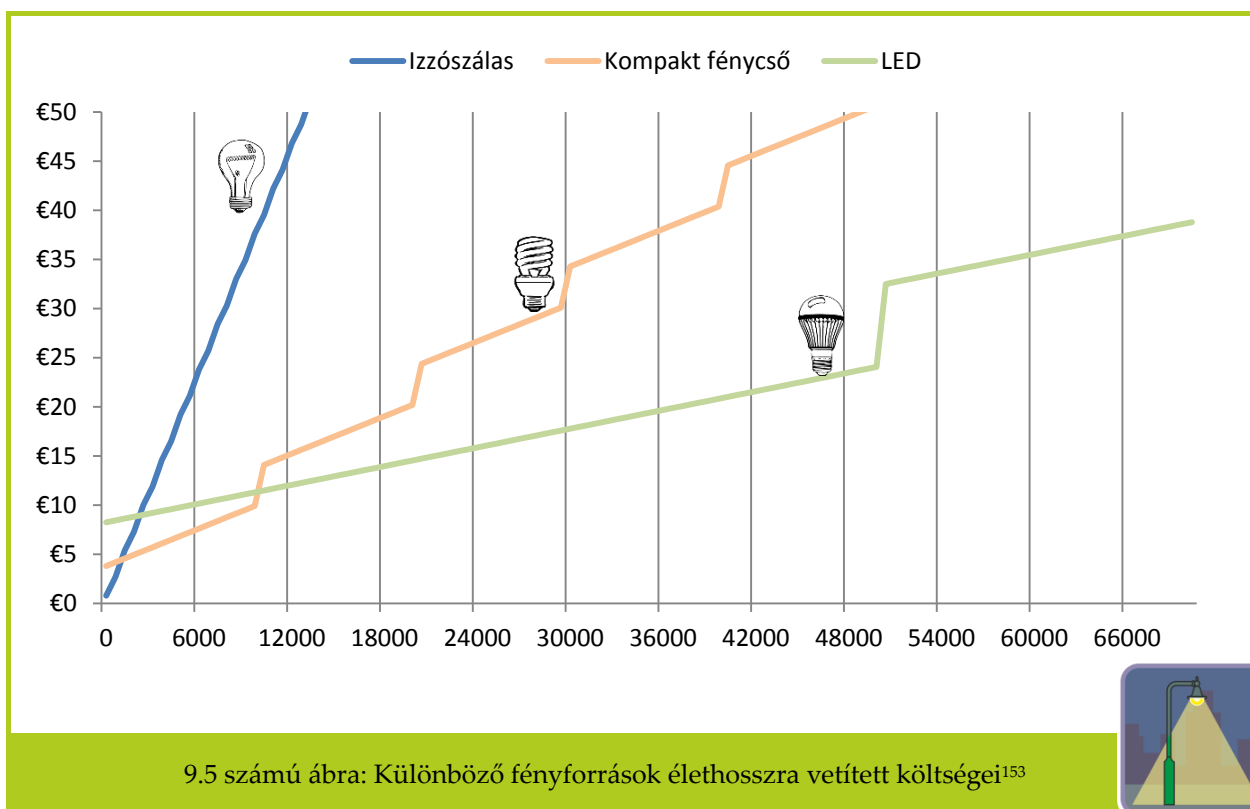
Az eddig tárgyalt tulajdonságok alapján összehasonlíthatóak a LED fényforrások és kiválasztható a legalkalmasabb. Ehhez segítséget több folyamatosan frissülő adatbázis is nyújt:

- <http://www.lightingfacts.com/Products>
- <http://www.ledbenchmark.com/list.php>
- <http://www.olino.org/advice/us/>

Az eddig felsorolt műszaki szempontok mellett a kiválasztást érthető okokból gazdasági szempontok is befolyásolják. Ha az eddigiek nem lettek volna valaki számára elég meggyőzőek, akkor a 9.5 ábra megmutatja, hogy a LED nem csak műszaki, hanem gazdasági szempontból is a jelenleg elérhető legjobb választás. A vízszintes tengelyen egy vizsgált lámpatest üzemelési éveinek múlása látható, a függőleges tengelyen a lámpatestbe helyezett fényforrás költsége (beszerzési és üzemeltetési költség).

---

<sup>152</sup> Forrás: <http://www.leotek.com/education/documents/Leotek.LED.Streetlight.Guide.V7-101613.pdf>



9.5 számú ábra: Különböző fényforrások élethosszra vetített költségei<sup>153</sup>

A 9.5 ábra helyes értelmezéséhez ki kell tűznünk egy üzemórát, amíg a berendezés üzemeltetését tervezzük, majd a vízszintes tengelyen ezen az értéken maradva (tehát csak fölfelé mozogva) meg kell nézni melyik fényforrás vonala helyezkedik el legalul. A kitűzött üzemórát használva a fényforrásokat, a legalsó az, amelyik a legkevesebb költséggel jár.

A diagramról az is leolvasható, hogy mennyi idő (üzemóra) alatt jövünk ki nullára, azaz hogy mennyi az az üzemóra amennyit használva a két különböző fényforrást, ugyanannyi költséggel járnak. Ez az a hely a diagramon, ahol a két összehasonlítandó fényforrás vonala egymást metszi. Látható hogy, bár a LED beszerzési költsége a legmagasabb, de élettartama és fogyasztása messze a kedvezőbb a többi lehetőségnél.

Az 9.5 ábrát bárki önmagának is egyszerűen megrajzolhatja tetszőleges típusú fényforrások összehasonlításához, ha ismeri az összehasonlítandó fényforrások pár jellemzőjét:

- beszerzési árát,
- élettartamát (mennyi idő múlva kell újat venni),
- teljesítményét (energiafogyasztás),
- és a villamosenergia árát.

A vízszintes és függőleges tengelyek metszékétől (origótól) először felfelé indulunk, ami az első fényforrás beszerzési költségét jelenti, utána ettől a ponttól jobbra és fölfelé, ami az idő múlását és a közben felhasznált villamosenergia árát mutatja, egészen az élettartam végéig. Az élettartam végén újra felfelé ugrás következik, ami a csere fényforrás beszerzési költsége, majd újra egy emelkedő szakasz. A vízszintes tengely hosszát (vizsgált időszakot) a

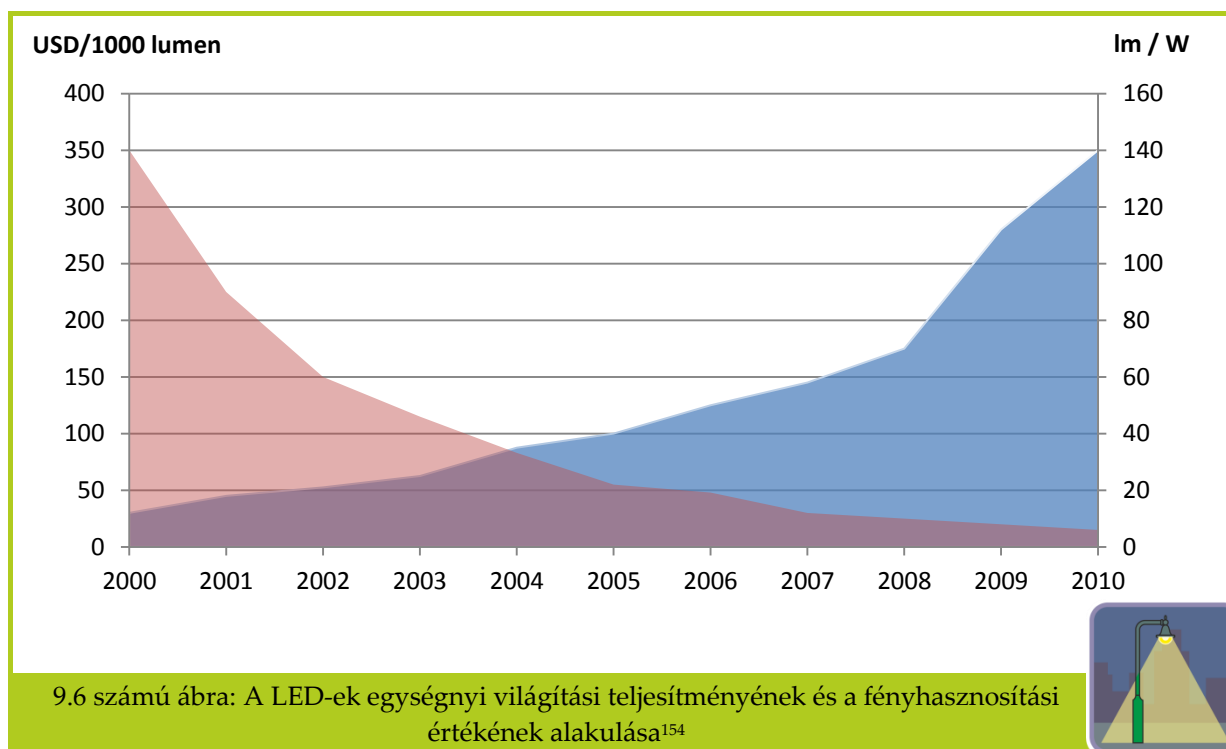
<sup>153</sup> Forrás: [http://www.semi.org/en/sites/semi.org/files/Yole\\_LED\\_cost\\_slide\\_SEMI-SST\\_LED\\_preview%5B1%5D.jpg](http://www.semi.org/en/sites/semi.org/files/Yole_LED_cost_slide_SEMI-SST_LED_preview%5B1%5D.jpg)

leghosszabb élettartamú fényforrás élettartamánál hosszabbra érdemes választani, hogy igazságos összehasonlítást végezzünk. Az összehasonlítandó fényforrások mindegyikére megrajzolva az origóból kiinduló görbét, a számítás eredményeképpen kiderül, hogy (nagy üzemóraszámú berendezéseknél, mint például a közvilágítási fényforrások) általában nem az a legolcsóbb megoldás ahol a beszerzési költség a legkisebb, hanem az ahol a fényforrás teljesítménye (az elfogyasztott villamosenergia) a legkisebb.

Ha csak azonos típusú, például LED fényforrások egymással történő összehasonlítása a célunk, akkor azokat egyszerűbben is összevethetjük, ha ismerjük a fényforrás:

- beszerzési árát,
- és fényhasznosítási értékét (lm, lumen).

A két értéket (az árat a fényhasznosítással) elosztva megkaphatjuk, hogy melyik az a típus, amelyik a legjobb ár/érték arányt képviseli, és a legkisebb eredményt adja az osztást elvégezve. Tájékoztatás céljából a 9.6 ábra mutatja, hogy a LED-ek fejlődésével, hogyan csökkent ez az arányszám az idő függvényében.

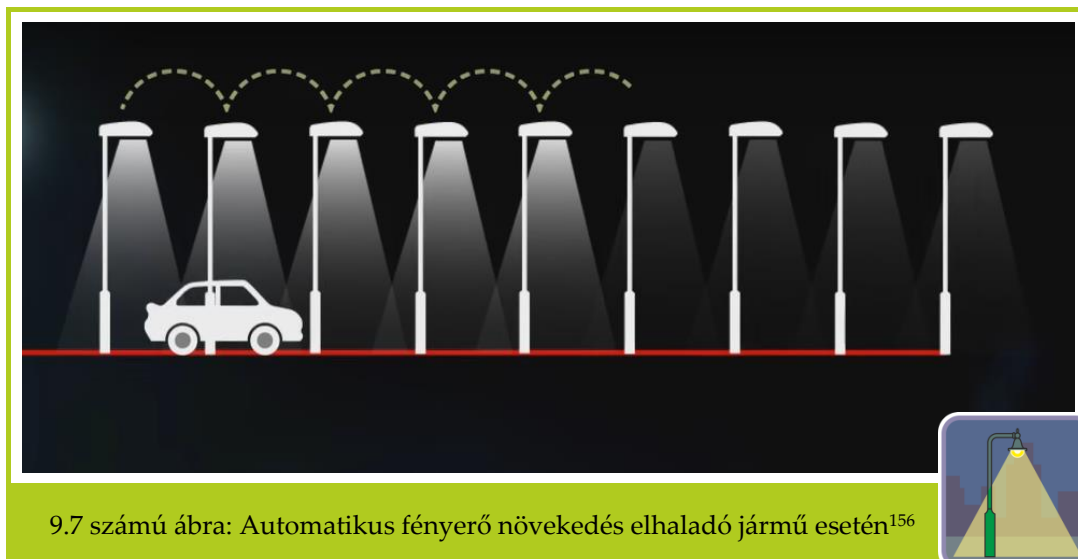


<sup>154</sup> Forrás: [http://www.theclimategroup.org/assets/files/LED\\_report\\_web1\(3\).pdf](http://www.theclimategroup.org/assets/files/LED_report_web1(3).pdf)

### 9.1.1 Adaptív (forgalomhoz igazodó) köztér-világítás

A LED fényforrások alkalmazásával lehetőség adódik fejlett funkciók alkalmazására is. A legfontosabb a fényerő visszaszabályozás képessége, mely jelenlét érzékelés segítségével felismeri az olyan időszakokat, amikor a megvilágított területen nem tartózkodik senki. Ilyenkor csökkenthető a fényforrás fényereje, mellyel tovább csökken a környezet fényszennyezése és a villamosenergia fogyasztás, ezáltal nő a fényforrás élettartama. Az egymás után elhelyezkedő fényforrások kommunikációjával mindez észrevétlenül működhet, mert valahol mozgást érzékelve a távolabbi lámpák fényereje már előre emelkedni kezdhet, így mire odaér az adott személy vagy jármű, már felerősödik a megvilágítottság, elhaladást követően pedig visszahátrahívódik. A MSZ 20194-1:2000 köztérvilágításról szóló szabvány már most is lehetővé teszi, hogy adaptív módon változhasson az úttesten mért megvilágítási szint. A TVILIGHT cég Hollandiában megvalósult esettanulmányainak elemzése alapján a visszaszabályozással a lámpák fogyasztása a felére csökken, így az adaptív köztérvilágítás egy olyan fejlesztés, ami a LED-es világításra való áttérésen túl komolyan hozzájárul a költségek, és az energiafogyasztás továbbcsökkentéséhez.<sup>155</sup>

A lámpába épített kommunikációs képesség lehetővé teszi további funkciók elhelyezését is az oszlopokon. Ilyen például a távolról vezérelhetőség vagy akár további érzékelők használatával a forgalom vagy az időjárás megfigyelése, akár kamerával is. Ezek a kiegészítő funkciók a villanyoszlopok egészen új használati módját teszik lehetővé és megváltoztatják a módot, ahogy eddig egy villanyoszlopra tekintettünk.



<sup>155</sup> Forrás: [http://www.tvilight.com/products/citysense\\_street\\_light\\_sensor/](http://www.tvilight.com/products/citysense_street_light_sensor/)

<sup>156</sup> Forrás: <https://youtu.be/pCfVWA3bKcc>

### 9.1.2 Továbbfejlesztési lehetőségek

Zalaegerszegen a közelmúltban történt közvilágítás korszerűsítés során a General Electric (GE) következő LED-es lámpatestei kerültek telepítésre:

típus	menyiség
Evolve (ERS) LED	2300 db
Odyssey LED	2100 db
Okapi LED	50 db

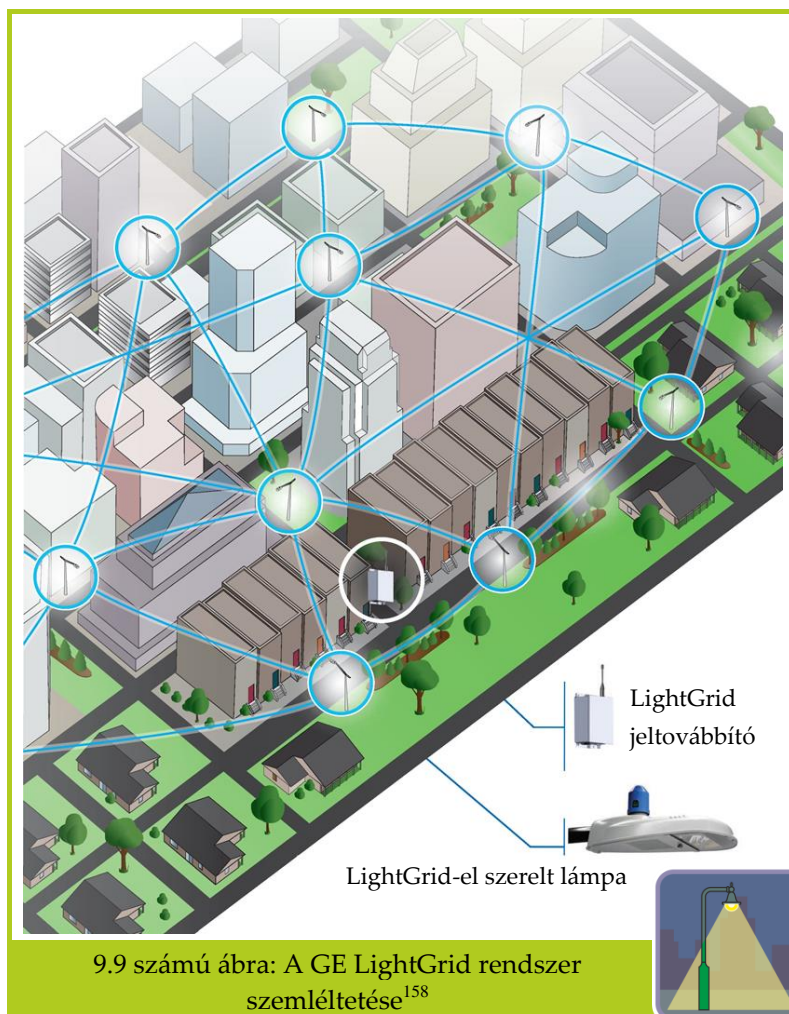
A GE márkájú lámpatestek választása nem csak azért szerencsés, mert Zalaegerszegen is jelen van a General Electric egy üzemegységével, hanem azért is, mert a GE a LED lámpákon kívül kínál olyan kiegészítő egységeket is az erre előre felkészített köztéri lámpáihoz, amelyekkel a lámpák továbbfejleszthetők, funkciógazdaggá tehetők. Erre nem minden gyártó kínál lehetőséget és a továbbfejlesztésre előre fel nem készített LED-es lámpa csak teljes csere vagy jelentős módosítás után válik erre alkalmassá.

- Az Evolve (ERS) típusú utcai világítótest rendelkezik olyan kiegészítő foglalattal, melybe szerelhető egy kommunikációs egység, ami a lámpákat hálózatba kapcsolja össze. Az egységet LightGrid-nek hívják és a lámpák tetején lévő ANSI C136 foglalatra csatlakoztatható. Ezzel lehetővé válik az egyes lámpák interneten keresztül történő vezérlése, programozása, távfelügyelete és fogyasztásmérése.
- Mindhárom Zalaegerszegen használt LED-es lámpába gyárilag beépítették a fényerőszabályzás képességét (akár DALI rendszeren keresztül is). Ezek a lámpák tehát a megfelelő mozgásérzékelő és kommunikációs egységekkel kiegészítve, csere nélkül használhatók egy intelligens közvilágítási rendszerben.



<sup>157</sup> Forrás: <http://hg.hu/cikkek/varos/16392-aramot-termelo-kozvilagitast-fejleszt-a-ge-magyarorszagon>





Az adaptív köztér-világítást olyan helyeken érdemes először bevezetni, ahol éjszaka nagyon kevés mozgás jellemző, mert itt használhatjuk ki előnyeit a legjobban. Véleményünk szerint ilyen helyek az éjszaka zárva tartó üzletek parkolói lehetnek, például a Zala Pláza, a Tesco, a Praktiker vagy a Zala Park üzletközpont. Megfigyeléseink szerint ezen parkolók többségének világítása még nem LED-es, így az áttéréskor figyelemmel kell lenni arra, hogy olyan LED-es lámpatest kerüljön kiválasztásra, amelyik támogatja a fényerő szabályozást (dimmelést), de még ajánlottabb közvetlenül adaptív módon működő lámpatestek választása. Az adaptív világítás ez után következő bevezetési helyei lehetnek a kis forgalmú külvárosi utcák és lakóparkok utcái, ahol a forgalomhoz igazodó megvilágítás szintén nagy megtakarítást jelent majd.

### 9.1.3 A LED-es köztérvilágítás megvalósult példái máshol:

#### Birmingham – Egyesült Királyság

Itt valósult meg Európában az eddigi legnagyobb városi LED telepítés, amely 90.000 utcai lámpát érint. A hatékony közvilágítási stratégia intelligens hálózati vezérlőkre épül, így

<sup>158</sup> Forrás: [http://www.gelighting.com/LightingWeb/na/images/94439-GE-LightGrid-Wireless-Lighting-Control-Systems-Brochure\\_tcm201-65709.pdf](http://www.gelighting.com/LightingWeb/na/images/94439-GE-LightGrid-Wireless-Lighting-Control-Systems-Brochure_tcm201-65709.pdf), <http://goo.gl/tPAXL3>

hajnalban és alkonyatkor a világítási szint lecsökken. A dinamikus világítási rendszer kezelni tudja a fényforrások fényáram-csökkenését is. A valós idejű monitoring rendszer lehetővé teszi a teljesítmény adatok gyűjtését a világításvezérlés későbbi optimalizálása érdekében.



A köztéri világítás fogyasztása várhatóan 50%-al esik vissza, ami évi ~2 millió £ megtakarítást fog eredményezni. A fényforrások élettartama kb. 100 000 óra.

### Hódmezővásárhely

2010-ben és 2011-ben több mint 6000 új, LED-es közvilágítási lámpatestet szereltek fel Hódmezővásárhelyen. Az elért energia-megtakarítás 35%, és az új világítási megoldás szinte karbantartásmentes. Az új LED-es világítási megoldással jelentősen megnövekedett a világítási szint, és javult a vizuális komfort és a biztonság érzése is.



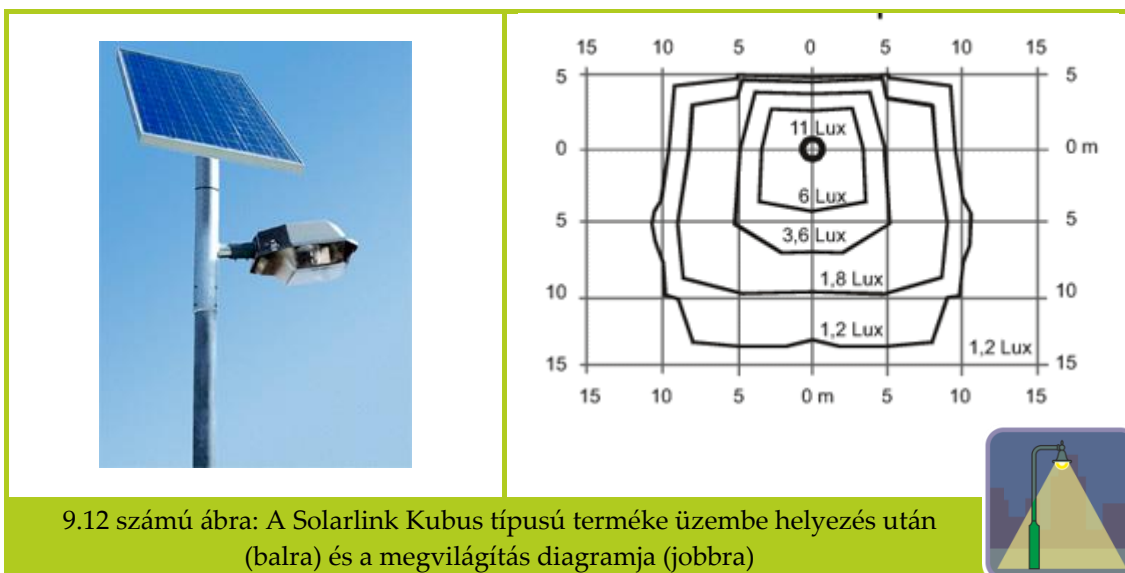
## 9.2 Napelemes köztérvilágítás

A következőkben szeretnénk bemutatni a Zalaegerszegrre adaptálható napelemes köztérvilágítás fontosságát. A szigetüzemben működő napelemes lámpák főleg a villamosenergia-hálózattól távol eső közterületek esetében kiemelt fontosságúak. Ilyen közterület lehet például egy kerékpárút (pl.: Zalaszentivánon már megvalósult) vagy akár egy, a beépített területtől távol eső látványosság, műemlék.

### 9.2.1 Néhány kivitelezésre ajánlott típus

A felsorolásban szereplő napelemes közterekre ajánlott lámpatestek nem foglalják magukban a piacon fellelhető összes típust, ide ezek a típusok csak tájékoztató jelleggel kerültek be. A dokumentum a telepítés jogszabályi vonatkozásaira, a költségekre és a technikai paraméterekre is kitér.

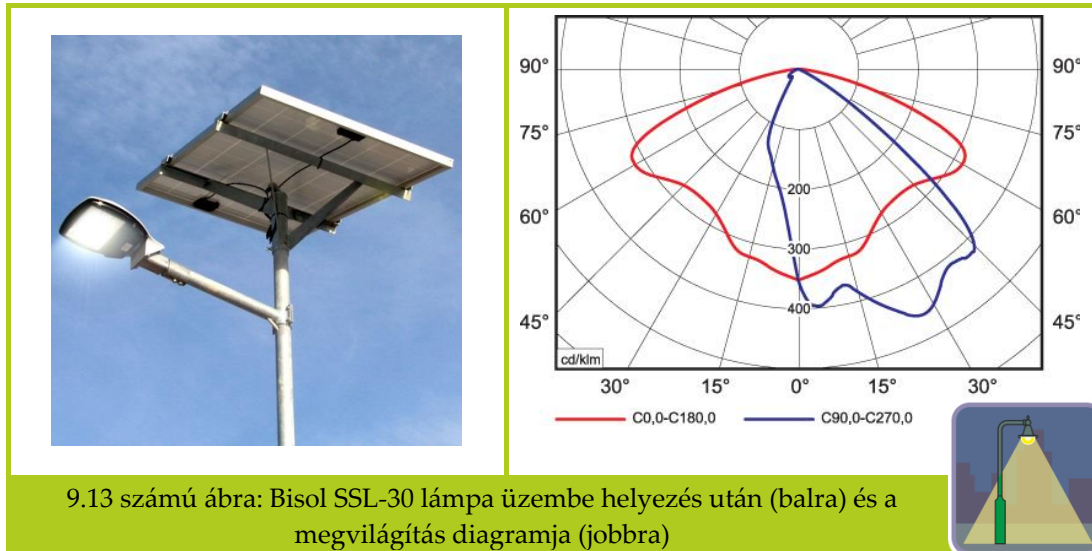
- **Solarlink Kubus**



A gyártó egy csomagban kínálja a lámpaszerkezetet, a napelem-tartó szerkezetet, a 120 W-os napelemet, a fényerőszabályzó modult, a kábelezést és az akkumulátort. A lámpa oszlop nélkül vásárolható, de rendelhető hozzá 4, illetve 3,5 méteres oszlop is. Külön kérésre a gyártó távirányítót és mozgásérzékelőt is kínál a termékhez.<sup>159</sup>

<sup>159</sup> Termék elérhetősége 2015. augusztus 27-én: <http://goo.gl/8FbcjA>

- **Bisol SSL-30**



9.13 számú ábra: Bisol SSL-30 lámpa üzembe helyezés után (balra) és a megvilágítás diagramja (jobbra)

Földmunka és hálózat nélkül telepíthető rendszer. 7 méter magas oszloppal rendelhető felárért. A föld feletti dobozos verzió magasabb költséggel rendelkezik, de még így is rendkívül versenyképes. A gyártónak más területen komoly referenciái vannak. A gyártó egy prémium minőségű 250 Wp teljesítményű napelemet ajánl a lámpatest mellé. AGM deep cycle (mélykisütésű) akkumulátorokat használnak, és ezzel táplálják a 30 W teljesítményű LED fényforrást, ami 100 000 órát is képes működni.<sup>160</sup>

A gyártó kivitelezett egy komplett rendszert egy szlovén ipari park területén. A termék újnak számít a piacon, de minden elemre az átlagosnál több garanciát vállalnak és mindegyik alkatrészét az Európai Unió területén gyártják.



9.14 számú ábra: Különböző fényszennyezési szintek

A Bisol terméke nem okoz fényszennyezést (ULOR=0). A fényszennyezés és a veszteség nélküli világítás szempontjából a hibás és optimális kialakítások az ábrán láthatóak.

<sup>160</sup> Termék elérhetősége 2015. augusztus 27-én: <https://goo.gl/9eQYtD>



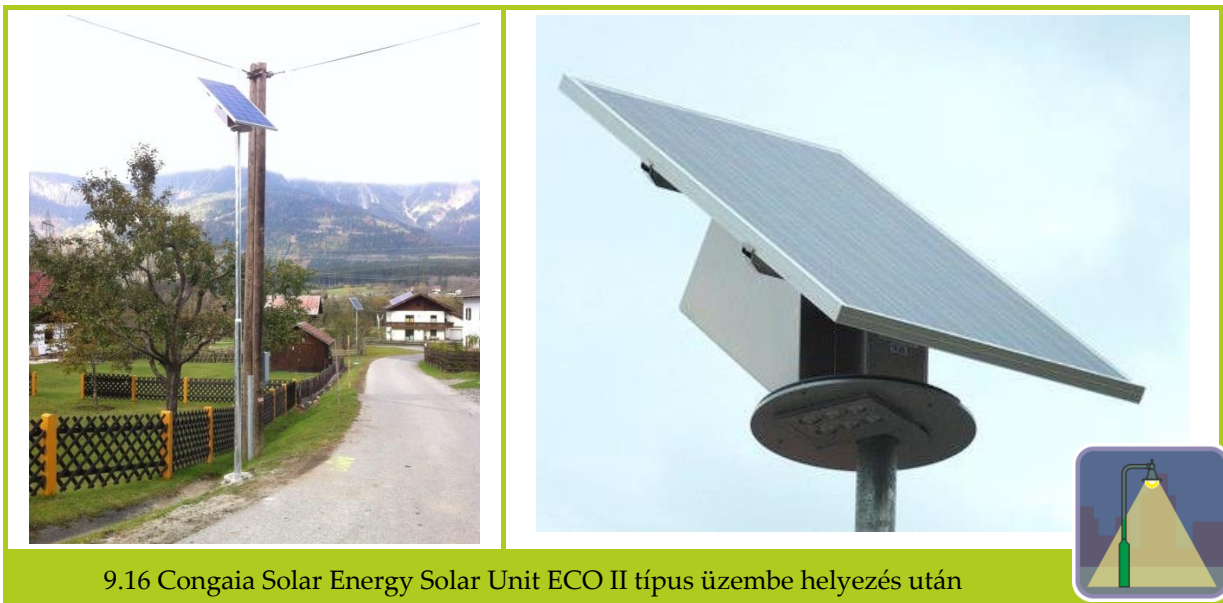
- **BBE Solar SP90**



9.15 számú ábra: BBE Solar SP90

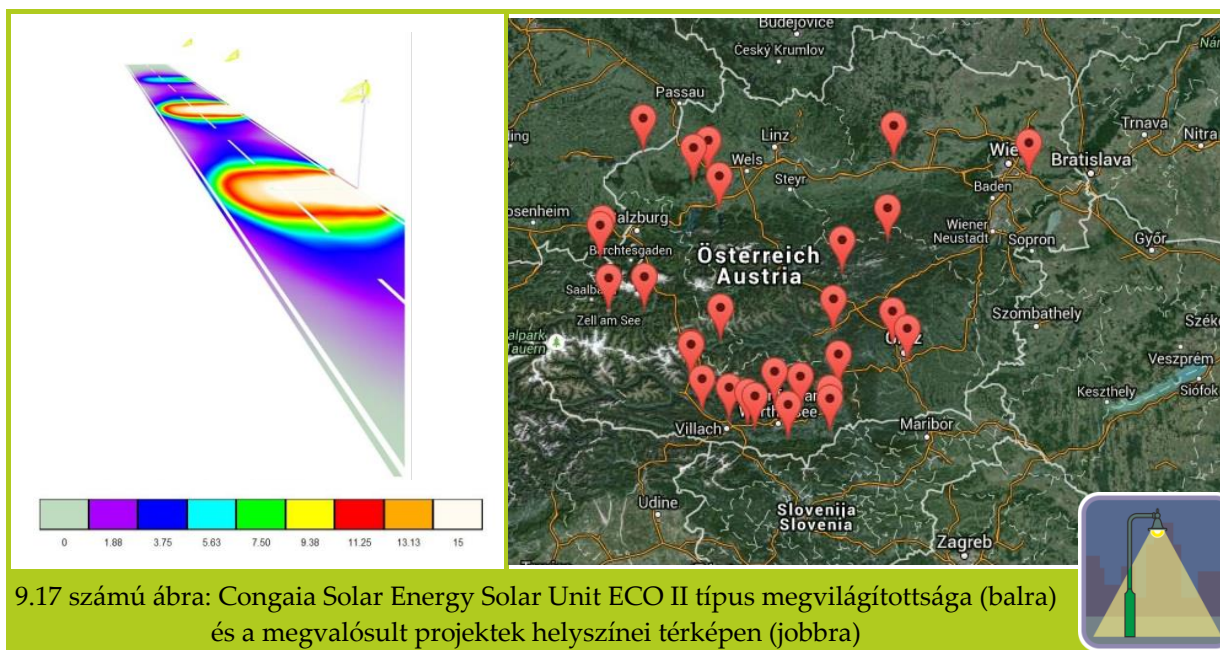
A megvalósult projektek közül kiemelendő a kínai gyártó lámpatestje Szlovákiában. Tovább fejleszthetőség szempontjából ez a típus nem tartozik az ígéretes megoldások közé. A kínai gyártó számos típust kínál, mind a lámpatesteket, mind pedig a napelemeket illetően.

- **Congaia Solar Energy Solar Unit ECO II**



9.16 Congaia Solar Energy Solar Unit ECO II típus üzembe helyezés után





Az osztrák gyártó számos referenciával rendelkezik. A típus rendkívül kompakt és jó a megjelenése, Németországban és Ausztriában már rengeteg helyre telepítettek.<sup>161</sup>

- **Geo Technik LT-SOLAR45-2**



A német gyártó az összes alkatrészt leszállítja a típushoz (oszlop, napelem, akkumulátor, LED fényforrás), minden előre van kábelezve, csak összeszerelés szükséges. 20 év garanciát vállalnak a termékre. Két darab 30 W teljesítményű fényforrást kínálnak hozzá. Ez a termék is az általunk javasolt akkumulátor típusokat használja.<sup>162</sup>

<sup>161</sup> Termék elérhetősége 2015. augusztus 27-én: <http://www.congaia-solarworld.com/english/solar-unit-eco/>

<sup>162</sup> Termék elérhetősége 2015. augusztus 27-én: <http://goo.gl/L8KUaK>

- **Krinner napelemes közvilágítási megoldásai:**

A németországi Krinner elsősorban a talajcsavaros rögzítési megoldásairól vált híressé. Ebben a koncepcióban a köztérvilágítás oszlopait nem kell alapozni, a rögzítésüket egy talajcsavarral oldják meg. **Zalaegerszeg esetében is ezt a telepítési módszert javasoljuk.** Ennek előnyei: alapozásmentes rögzítés, gyors kivitelezési idő (~30 perc oszloponként), kevesebb munkadíj, az oszlopok később áthelyezhetőek, bármilyen talajtípusba kivitelezhető, kisebb zajterhelés és földmunka hiánya, fagyos időben is kivitelezhető.



9.19 számú ábra: A Krinner napelemes köztérvilágítás oszlopai ~30 perc alatt elhelyezhetőek a talajcsavaros megoldásnak köszönhetően<sup>163</sup>

Javasolt típusok: Hawk Eye 3.0, Soled XP szigetüzemű változat, Worksun.

Ezeknek a típusoknak a gyártó szerint körülbelül **8-10 év a megtérülési ideje**.<sup>164</sup>

## 9.2.2 Napelemes köztérvilágításra javasolt akkumulátorok

Az autópályák üzemeltetési tapasztalatai alapján mi nem ajánljuk az ólom-savas akkumulátorok használatát, mert sok helyen éppen a téli időszakban tanúsított negatívumok miatt álltak át üzemanyagcellára. Viszont az ólomsavas akkumulátorok között is vannak már olyanok, amelyek  $-20^{\circ}\text{C}$  fokos hőmérsékletnél is képesek 60%-os kapacitáson működni. Magyarországon ez jó értéknek számít, hiszen hosszú időszakon keresztül nem fordul elő ilyen alacsony középhőmérséklet. Ilyen akkumulátort használ a Bisol terméke is.

Az akkumulátorok közül mindenképpen az AGM vagy GEL (zselés) típusúakat javasoljuk, amelyek előnyei közé tartozik többek között a gondozásmentesség, a teljes elszigetelhetőség (nincs gázkibocsájtás, maximálisan szivárgásmentes), az alacsony költségek, a döntött felszerelhetőség és a hideg környezetben való alkalmazhatóság. A téli félévben a napi középhőmérséklet lényegesen alacsonyabb, a nappalok (töltési időszak) rövidebbek, az éjszakák hosszabbak, a felhőkitettség pedig lényegesen magasabb. Hideg környezetben az ólom-savas akkumulátorok kapacitása romlik, azonban az általunk javasolt AGM és GEL

<sup>163</sup> Forrás: [www.krinner.com](http://www.krinner.com)

<sup>164</sup> Forrás: [www.krinner-dystrybucja.pl](http://www.krinner-dystrybucja.pl)

akkumulátorok legújabb típusainál a kapacitás nagy mínuszokban (mínusz 10-15°C) sem csökken 70% alá. **Olyan típust érdemes választani, amelynél a gyártó garanciát vállal arra, hogy a kapacitás hidegebb időszakokban sem esik 60-70% alá.** Az akkumulátorok föld alá telepítésével bizonyos mélységekben (~1,2 méter) a hideg okozta kapacitásromlás elhanyagolható. Mivel a tervezett helyszín (a zalaegerszegi skanzen területén tervezett kerékpárút) árvízvédelmi területen van, ezért a földbe süllyesztett típusokat nem javasoljuk.

A kiváló alternatívát jelentő lítium-ion akkumulátorok ára jelenleg lényegesen magasabb a sealed AGM és GEL típusú akkumulátorokénál. A jövőben a lítium-ion akkumulátorok árának csökkenése várható, ezért az univerzális töltésvezérlők beszerelését javasoljuk. Ez lehetővé teszi, hogy a most vásárolt AGM vagy GEL típusú deep cycle (mélykisütésű) akkumulátorok helyett később a lítium-ion akkumulátorok zavartalanul beszerelhetőek és üzemeltethetőek legyenek. A legújabb AGM és GEL típusú deep cycle akkumulátorok élettartama 6-10 év közé tehető.

A napelemes köztérvilágításnak nincs kialakult minőség tanúsítási folyamata, külön a napelemeknek, a fényforrásoknak, illetve a töltésvezérlőknek igen.

### 9.2.3 A telepítés jogszabályi vonatkozásai

A telepítés ideje az egyes lámpák esetében körülbelül 10 nap, ami magában foglalja az alapozás földmunkáját és betonozását, a szükséges kötési időt, a kandeláber összeszerelését és üzembe helyezését. A kandeláber elhelyezése nem igényel építési hatósági engedélyt, azonban a közterületen való elhelyezés szempontjából szükség lehet engedélyre.

Közterületen történő elhelyezés esetén a helyben szokásos közterületi foglalási engedély beszerzése szükséges a területileg illetékes Jegyzőtől. Amennyiben a magyar állam tulajdonában lévő közút területén történik az elhelyezés a Magyar Közút Kht. vagyongazdálkodási és útkezelői hozzájárulása szükséges. Saját tulajdonú, nem közterületi funkciójú ingatlanon történő elhelyezés esetén semmilyen hatósági engedély, illetve hozzájárulás nem szükséges. Bérelt ingatlanon történő elhelyezés esetén a tulajdonos hozzájárulása szükséges amennyiben a bérleti szerződés másképp nem rendelkezik.

Szigetüzemű telepítés esetén rendszerhasználati díjak (átviteli-rendszerirányítási díj, rendszerszintű szolgáltatási díj, elosztási díj, közvilágítási elosztási díj) nem fizetendőek. A költségeket és a paramétereket összefoglalóan a táblázat tartalmazza.

Típus neve	Solarlink	Bisol	Geo Technik	BBE	TRV	Congaia
Fényforrás (W)	16	30	30	28	21	30
Fényerősség (lm)	1150	3200	3000	2800	1500	3200
Napelem (W)	120	265	2x100	150	95	150
Akkumulátor (Wh)	n.a.	1620	n.a.	1800	1200	1300
Autonómítás (h)	60	27	80	50	100	72
Ár (€/klm)	2130,1	405,9	1010,0	n.a.	945,0	n.a.

9.1 számú táblázat: Napelemes LED köztéri lámpák összehasonlítása

### 9.3 A hőszigetelés megválasztásának gazdaságossági szempontjai

A hőszigetelés - mint az energiahatékonyság része -, az energia önellátás egyik kulcseleme, mivel a fűtés energiaigénye általában a legnagyobb rész az éves energiaigényeink közül. Ezért ez a zalaegerszegi felújításoknál is alapkérdés. Minden hőszigeteléssel megtakarított energia legnagyobb előnye, hogy sem megtermelni, sem később eltárolni nem kell. Közhely, de igaz: a legjobb energia az, amit el sem használunk.

A hőszigetelő anyagok ma már funkcióban, minőségben, árban, számottevő mértékben eltérnek egymástól. Nem elegendő a szigetelő anyagokat vastagság szerint megkülönböztetni, mivel ugyanazon vastagságú anyagok nem képesek egymás funkcióit betölteni, és az azonos funkciójú anyagok hővezetési tényezője – vagy másfelől nézve hő ellenállása – is nagyságrendi eltérést mutathat.

A hétköznapi életben még ma is járatos vastagság szerinti megkülönböztetés. Ennek oka, hogy sokáig a hőszigetelő anyagok hővezetési tényezője évtizedekig alig tért el egymástól, illetve kevés számú hőszigetelő anyag volt elérhető a piacon.

#### 9.3.1 Homlokzati hőszigetelés gazdaságossági szempontjai

Amikor a hétköznapokban az épületek hőszigeteléséről beszélünk legtöbbször az oldalfal szigetelés jut eszünkbe. Ennél a témánál gyakran a szigetelés vastagságát tekintik a költségek szempontjából legfontosabbnak, ugyanakkor a falszigetelés megválasztásának számos továbbgyűrűző hatása van. Félrevezető a szigetelést a jelenlegi fűtésrendszer alapján számított megtérülés alapján vizsgálni, hiszen a nem elegendő mértékű hőszigetelés továbbfejlesztési utakat zár el. Ez az ún. **belakatozás jelenség**, avagy Lock-in. Például, ha most csak 12 cm átlagos minőségű oldalfal szigeteléssel látok el egy épületet a járulékos költségek miatt (munkadíj, állványozás, nemes vakolat stb.) 15-20 évig biztosan nem fogom újra szigetelni -, ezáltal 15-20 évet elvesztek az energia-önellátás elérésében. Míg 18-20 cm szintén átlagos szigeteléssel fokozatosan van áttérési lehetőség az önellátásra. Egy felújítási lépésben áttérhetek alacsony hőmérsékletű hőleadókra (pl. fan-coil kiépítése, vagy padlófűtés kialakítása), egy újabb lépésben hőszivattyúra stb. Hüvelykujj szabály homlokzati hőszigetelésnél, hogy **a 2× vastagabb hőszigetelés nem 2× akkora költséget jelent, hanem mindössze kb +20-30% költségtöbbletet**.

Általában a szigetelés minőségétől függ az épületek fűtési idény hossza, jobban szigetelt épületben rövidebb a fűtési idény, jobb a hőérzet (a melegebb belső falak miatt), kisebb teljesítményű kazán szükséges, biomassza fűtésnél kisebb faapríték tároló kell, stb.

A szigeteléstől függ közvetve az épület kvázi energia függetlenné válásának lehetősége is. Mivel a fűtési energiaigény általában a legnagyobb hányad az épülethez köthető teljes éves energiafelhasználásból, ezért a hőszigetelés minőségétől függ, hogy el tudok-e annyi gazdaságos napelemet helyezni az épületen, hogy a – jellemzően hőszivattyús – fűtéshez szükséges elegendő villamos energiát megtermeljem, és a többi fogyasztóhoz is elegendő



villany maradjon. A hőszigetelés minőségétől függ, hogy alacsonyhőmérsékletű fűtést pl: padlófűtést ki tudok-e alakítani az épületben. Végző soron még az is a **hőszigetelés minőségének egyik továbbgyűrűző hatása**, hogy az **elektromos autó töltéséhez elegendő villanyhoz** maradt-e elegendő napelemnek szánt tetőterület.

### Anyagmegválasztás

Homlokzati szigetelésnél a legolcsóbb 20 cm vastag anyag kiválasztása félrevezető lehet, mivel az anyagok hővezetési tényezője ún. Lambda ( $\lambda$ ) értéke között 30% eltérés is lehet. Homlokzati szigetelések összehasonlításakor a legkedvezőbb költségű anyagot akkor választjuk, ha az anyagok árát átszámítjuk fajlagos €/m<sup>3</sup> vagy Ft/m<sup>3</sup> árra, majd a hővezetési tényezővel számított kívánt hőátbocsátási tényezőhöz (hétköznapi nevén U értékhez vagy régi nevén k értékhez) tartozó centiméter vastagsággal visszaszorozzuk a fajlagos m<sup>3</sup> árat. Az így megkapott most már m<sup>2</sup> felülethez tartozó árakat összehasonlíthatjuk egymással. Az összehasonlíthatóság még egy fontos szempontja, hogy figyelembe vegyük az adott anyagból kapható vastagságokat is, mert nem mindig elérhető a számunkra pont megfelelő vastagság.

Példa:

Hőszigetelő anyag	Hővezetési tényező	Fajlagos ár	Szükséges vastagság, U=0.15 W/m <sup>2</sup> K falminőséghez	Fajlagos anyagszükséglet	Összehasonlítási ár
	W/mK	€/m <sup>3</sup>	cm	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>
EPS1	0,038	50,00	24,6	0,25	<b>12,32</b>
EPS2	0,032	62,26	20,9	0,21	<b>12,99</b>
EPS3	0,030	65,16	19,5	0,20	<u>12,72</u>

9.2 számú táblázat: Különböző hőszigetelő anyagok összehasonlítása

A gyakorlatban az EPS3 anyagot érdemes választani, mivel 20 cm anyag – felár nélkül – beszerezhető, és a vastagságból adódó járulékos költségek (dűbelezés, bádgozások, párkányok, szállítás költség) is ennél az anyagnál lesz a legkevesebb.

### Vízálló szigetelő anyagok, ún. zártcellás szigetelő anyagok

Mélyépítésben és épületek lábuzatán gyakran alkalmazott szigetelő anyagok. Legfontosabb tulajdonságuk, hogy folyamatosan víznek kitett helyeken is alkalmazhatóak. Víz hatására nem romlik jelentősen a hőszigetelő tulajdonságuk.

**Gazdaságos helyettesítője** lehet lábuzatoknál a költségesebb ún. extrudált polisztirolhaboknak (XPS) – amelyek általában élénk kék vagy rózsaszín színűkről ismerhetőek meg – az **EPS-Perimeter (EPS-P) nevű anyag**, ami ugyan expandált polisztirolhab, de **zárt „cellafelszínű” ezért jobban ellenáll a fröccsenő víznek**. Alkalmazható lábuzatokhoz, és **alacsonyabb költség mellett elérhető**. Ebből az anyagból is az ún. horony-eresztékes vagy más néven nút-féderes vagy megint másképpen **lépcsős él képzésű** szigetelő táblákat javasoljuk beszerezni, mivel lábuzatnál a szigetelés



folytonosságának kiemelkedő szerepe van. Ugyanakkor **folyamatosan víznek kitett helyekre csak XPS anyag beépítését javasoljuk.**

A BACHL gyártó grafitos változatban (szürke anyag) is gyárt EPS-P lábazati szigetelést, ami fokozott hőszigetelési tulajdonságot, vagyis kisebb hővezetési tényezőt eredményez, mint ugyanez az anyag grafit nélkül.

Termékek:

Bachl Perimeter neo, ISOVER EPS PERIMETER, Austrotherm Expert Fix stb

### **Hőszigetelések rögzítésénél elérhető megtakarítások**

A hőszigetelések rögzítésénél egyaránt elérhető költség és hőveszteség, vagyis energiafelhasználás végső soron fűtési költség megtakarítás is.

A hőveszteség **költségek leszorításának** egyik módja, ha úgynevezett „**hőhidmentes**” **dűbelt** választunk, ma már azonos költség mellett elérhetők ilyen termékek: pl: EJOT H4 eco, pontszerű hőhidveszteségi tényezője ( $\chi$ ): 0,002 W/K

Hagyományos műanyag fejű horganyzott acélsaváros (szeges) dűbel, pontszerű hőhidveszteségi tényező ( $\chi$ ): 0,004 W/K

Egy ilyen korszerű 235mm hosszú dűbel ajánlott ára: 0,36 €/db<sup>165</sup>

Példa:

20cm vtg. grafitos EPS falszigetelés 6 db/m<sup>2</sup> hagyományos dűbellel  $U_{fal}=0,148$  W/m<sup>2</sup>K hőátbocsátási értékű falat eredményez, ugyanannyi szigeteléssel, de hőhid megszakított dűbellel  $U_{fal}=0,136$  W/m<sup>2</sup>K hőátbocsátási értéket eredményez. Vagyis korszerű dűbellel 18 cm vtg szigeteléssel ugyanolyan hőszigetelésű falat kapunk ( $U_{fal}=0,146$  W/m<sup>2</sup>K). Így adott esetben még kisebb is lesz a hőszigetelő rendszer költsége, mint hagyományos dűbellel. (szállítási költség megtakarítás, bádgozási költség megtakarítás, rövidebb dűbel, stb).

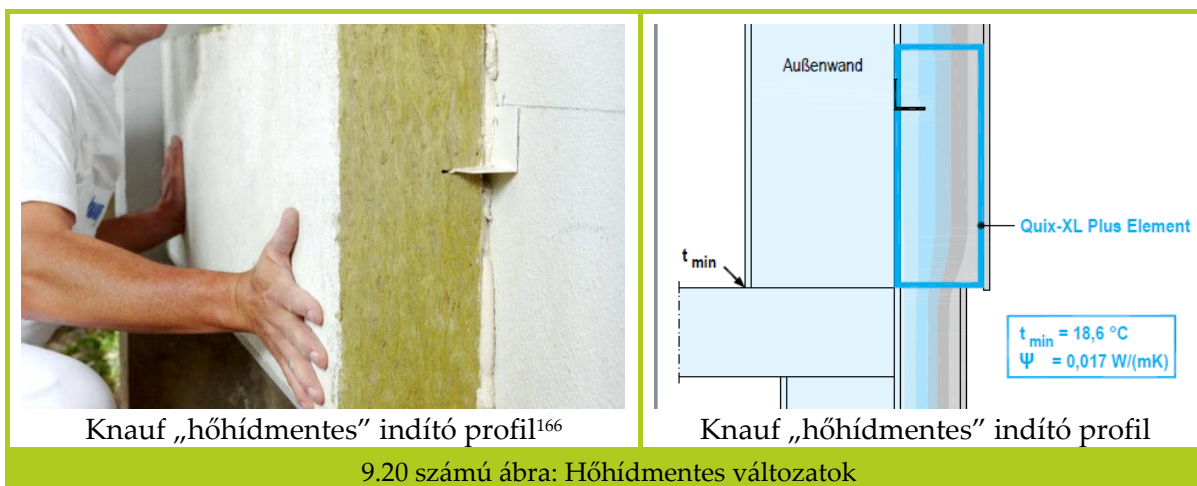
### **A szigetelés indítóprofil elhagyása vagy korszerűbb típus alkalmazása**

A hőszigetelés és a használatkori energiafelhasználás költségét egyaránt csökkenti, ha a nagy nyomószilárdságú 16+cm vtg. lábazati szigetelés egyben az oldalfal szigetelés alsó megtámasztását is adja -, így elkerülhető a ma még gyakori alumínium indító profilok beépítése. Az ALU anyagú indítóprofilok olyannyira jó hővezetők, – tehát káros hőhidak –, hogy gyakorlati értelemben olyan, mintha az indítóprofil felett és alatt ~20-20 cm-re nem lenne hőszigetelés kiépítve. Ami nemcsak anyagi veszteség, hanem később páralecsapódáshoz, penészesedéshez is vezethet az épületfal belső oldalán.

Amennyiben az indítóprofil beépítése elkerülhetetlen, javasoljuk a „hőhidmentes” változatok beépítését.

---

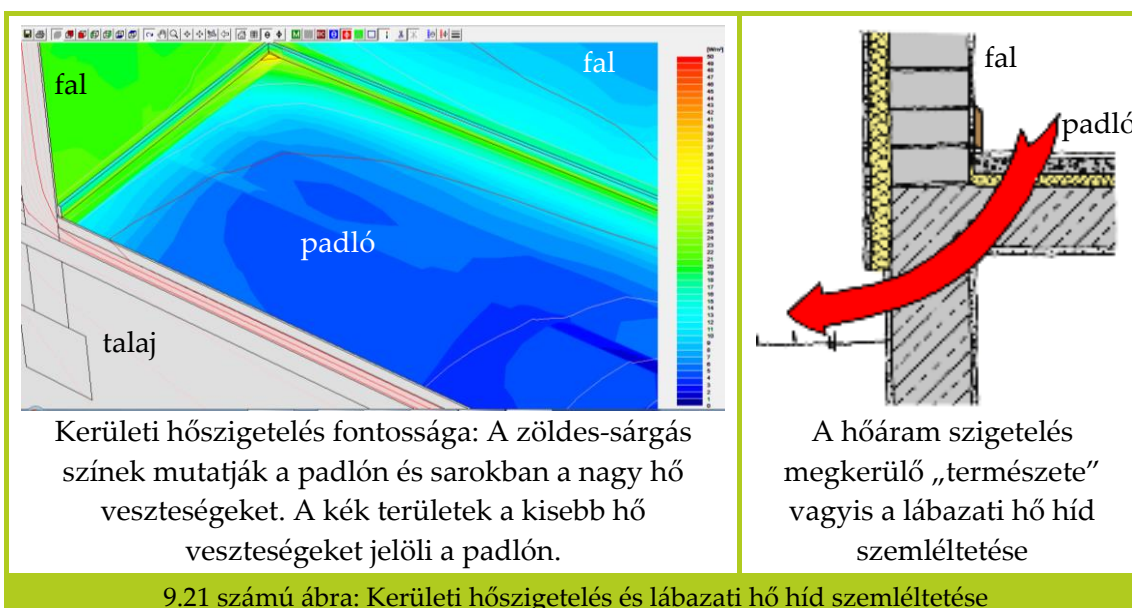
<sup>165</sup> Forrás: [http://www.ejot.hu/?p=dubelek&sp=h4\\_eco](http://www.ejot.hu/?p=dubelek&sp=h4_eco) 2015. december 1. (egy hagyományos dűbel ára is ennyi)



9.20 számú ábra: Hőhídmentes változatok

### Padlószigetelés költségmegtakarításának lehetőségei

Hagyományos sáv alapozású nem alapincézett épületeknél a legjelentősebb hőhidhatás a külső falaknál jelentkezik a talaj irányába. Mivel hőszigetelés után a külső falon keresztül nehezebben talál utat a hideg felé törekvő hő, ezért a „megkerülni igyekszik” a lábazati hőszigetelést, vagyis a kisebb hőellenállás irányába törekszik. Ezt a jelenséget szemlélteti a következő két ábra.



9.21 számú ábra: Kerületi hőszigetelés és lábazati hő híd szemléltetése

Az aljzatbetonba épített padlófűtés ezt a megkerülő hatást csak fokozza. Ez az oka annak, hogy a legjobb minőségű, vagyis legkisebb hőátbocsátási tényezőjű anyagot a külső falak mentén kell elhelyezni. Ugyanakkor az épület közepén pontosabban a külső falaktól mért 1,5 m-től kisebb mértékű ez a hatás, vagyis ezekre a helyekre már a kedvezőbb költségű, de ugyanolyan nyomószilárdságú anyagok beépítése is elfogadható. Az anyagok árai között 20-30% különbség is lehet. A fenti okok miatt külső falra szerelt lábazati hőszigetelést a talajszint alá minimum 50-70 cm-rel le kell vezetni.

<sup>166</sup> Forrás: [http://www.ejot.hu/?p=dubelek&sp=h4\\_eco](http://www.ejot.hu/?p=dubelek&sp=h4_eco)

Ha a padlóba építhető anyag vastagság kisebb, mint ~20 cm (általában minden felújításnál), akkor a külső fal mentén a legkisebb hővezetési tényezőjű anyagok beépítését javasoljuk. Ilyen lehet például a Austrotherm XPS Premium 30 SF hővezetési tényezője 0,027 W/mK és a Austrotherm Resolution nevű anyag ennek hővezetési tényezője 0,022 W/mK.

Ha mindössze néhány cm vastagság áll csak rendelkezésre, így a lehető legjobb hőszigetelő anyagok alkalmazása szükséges, melyek kis vastagságban is jelentős hőellenállást jelentenek. Erre az egyik legjobb megoldás az aerogél alkalmazása, melynek lambda értéke  $\lambda=0,014$  W/mK, (Pl.: SPACELOFT) ami háromszor jobb a hagyományos (kőzetgyapot, polisztirolhab) hőszigetelő anyagokénál.

Természetesen más gyártók hasonló vagy alacsonyabb hővezetési tényezőjű anyagai is alkalmasak lehetnek, amennyiben a padlóhoz szükséges nyomószilárdsági paraméterük is megfelelő.

### Környezettudatos és gazdaságos oldalfal és padlástér szigetelés

Leginkább burkolt homlokzatok esetében környezetbarát és sok esetben költségeit tekintve is elfogadható oldalfal szigetelés az ún. befújt cellulózszigetelés.



Ha a falszerkezet föld felőli vízszigetelése kifogástalan (nincs salétromosodás) megoldást jelenthet a szerelt homlokzat rétegbe fújott cellulóz szigetelés. Ez a gyakorlatban tűzvédelmi szempontból és kártevők ellen kezelt zúzott újságpapír szigetelést jelent. Ma már előre gyártott hőhíd megszakított fa tartószerkezeteket lehet kapni, amibe utólag géppel lehet befújni a cellulóz szigetelést 25-30 cm vastagságban. Tehát ez a szigetelési mód elsősorban szabadon álló épületeknél jöhet számításba. A cellulózszigetelés hővezetési tényezője 0,038-0,04 W/mK. **Tetőtér szigetelésnél is fontos ez a technológia**, mivel a legkisebb hézagokat is képes kitölteni, valamint nagyobb a hő tehetetlensége, mint a habosított anyagoknak. **Zalaegerszegen ez a technológia a város faipari előnyei miatt lehet fontos és helyi**

<sup>167</sup> Forrás: [http://www.franz-drepper.de/news/?tx\\_news\\_pi1%5Bnews%5D=5&tx\\_news\\_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx\\_news\\_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=4950e9757e838af95b7d27c89b5afe0f](http://www.franz-drepper.de/news/?tx_news_pi1%5Bnews%5D=5&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=4950e9757e838af95b7d27c89b5afe0f)

**munkahelyteremtő hatása** is nagyobb lehet, mint más hőszigetelési megoldások. A cellulóz szigetelés egyik gyára a közeli Hartbergben található.

Termékek: Thermoflock, Isocell, Isodek

### **Téglaburkolatú épületek gazdaságos utólagos hőszigetelése**

Sokszor cél a téglaburkolatú épületek karakterének, látványának megtartása hőszigetelés után is. Erre a problémára nyújt a Creaton Tonality paneles rendszere egy lehetséges választ, kisebb költséggel és gyorsabb kivitelezési idővel, mint a hagyományos falazott klinkertéglás burkolat. Így elfogadható vastagság mellett valósítható meg a kiszellőztetett rétegrendű homlokzati hőszigetelő rendszer. Előnye még az utólag elemenkénti cserélhetőség és a kisebb tömeg, ami a rögzítési költségeket csökkenti.

Ilyen megoldás jöhet szóba: Cseperedő Bölcsödében, Petőfi utcai tagóvodánál, Petőfi Sándor Magyar-Angol Két Tanítási Nyelvű Általános Iskola homlokzatához is stb.

### **Kiálló épületagozatok, hőhidak hőszigetelési megoldásai**

Több Zalaegerszegi közintézménynél a különböző építészeti idomok hagyományos anyagokkal való hőszigetelése már olyan mérvű változást eredményezne az épület látványában, vagy funkciójában, hogy más megoldást kell keresni. Van olyan épület ahol a bejárat feletti magassága szűkülne le a hagyományos anyagokkal való hőszigetelés esetén.

Ilyenek a Varkaus téri Liszt Ferenc tagiskolában a bejárat feletti beton tagozatok is ezek alsó síkjára hőszigetelési megoldást jelenthet az aerogél vagy vákuumpanel szigetelés beépítése.

Az aerogél szigetelésről már a padlószigetelésnél szóltunk, az Aspen gyártó készít ilyen anyagból homlokzatra szánt vakolható változatot is.

A vákuumszigetelésű panelek (VIP panel) hővezetési tényezője még az aerogél anyagokénál is alacsonyabb  $0,007-0,0043 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Vagyis az aerogél szigeteléshez képest is durván fele akkora vastagságra van szükség.

VIP Panel gyártók:

<http://www.va-q-tec.com/en/building-insulation.html>

<http://www.microthermgroup.com/low/EXEN/site/vip-intro.aspx>

## Közösségi épület hőszigetelés gazdasági előnyei

A vizslaparki lakótelep több egymást követő házánál jelentkező felújítási költség előnyök egy része nem egyforma épületeknél is jelentkezik, akkor ha nem különálló épületeket hanem utcarészeket, vagy még nagyobb területet újítanak fel egy időben.

A tömeges hőszigetelésben komoly gazdaságossági lehetőségek rejlenek.

1. A megelőző munkafolyamatok során a költséghatékonyságot figyelembe véve a teljes közösségre vonatkozóan készülnek a felmérési tervek, amelyek közel azonos időben épült épületeknél hasonlóak lehetnek. Ugyanez vonatkozik a meglévő állapotról készülő energetikai tanúsításokra. Mert így lehet, hogy csak 1-2 alaptípus adódik és ezek variációival leírható a teljes közösség. A megelőző hőkamerás mérések esetén szintén költség csökkenéssel számolhatunk a kiszállási díjak és a gépköltség területén. Véleményünk szerint **a felméréshez köthető költségek 10%-kal csökkenthetőek.**
2. Az azonos hőszigetelési technológia következményeként egyszerre nagyobb mennyiségű hőszigetelő anyag és rögzítő elem rendelhető meg. Az anyag odaszállításának fajlagos szállítási költségei ezzel a megoldással szintén csökkenthetőek. Mindezeket figyelembe véve **az alapanyaghoz köthető költségek ~10%-kal csökkenthetőek.**
3. A több épületre kiterjedő együttes hőszigetelés esetén a hőszigetelő táblák szabásából keletkező hulladékokat is minimálisra lehet leszorítani megfelelő szervezés mellett. A több épületről összejövő hulladékok elszállítása a méretgazdaságosság szempontjából is előnyös, mivel a nagyobb hulladékkonténer rendelhető. **A hulladékokhoz köthető költségek ~5%-kal csökkenthetőek.**
4. A vállalkozók költségei is fajlagosan csökkenthetőek a tömeges hőszigetelésnek köszönhetően. Folyamatosan tudnak dolgozni, csak egyszer kell felvonulni a munkaterületre és utána csak a szomszéd házhoz kell átpakolni a gépeket és a szerszámokat. Felelős műszaki vezetőből sem szükséges minden épülethez egyenként, elegendő szakáganként. Nem kell 10 db mobil WC, iroda és öltöző biztosítása minden házhoz külön-külön, hanem csak egy a teljes lakóközösségnek. Véleményünk szerint a felvonulási költségek **~10%-kal csökkenthetőek.**
5. A munka közbeni ellenőrzés díja is csökkenthető a kollektív hőszigetelésnek köszönhetően. Mivel a műszaki ellenőrzést 1-2 ember is meg tudja oldani és a kiszállási díjak is töredékére csökkenthetőek. A végállapotra vonatkozó hőkamerás ellenőrző mérések és a záróauditok esetén szintén költség csökkenéssel számolhatunk a kiszállási díjak és a gépköltség területén. Mindezeket figyelembe véve véleményünk szerint **~5%-kal csökkenthetőek az ellenőrzéshez köthető költségek.**
6. A csoportos pályázat egységes finanszírozást, de egyéni elszámolást vonhat maga után. A csoportos pályázást minimum 30%-os támogatás esetén javasoljuk.

**Mindezek együtt a teljes beruházási költséget ~35-40%-kal csökkenthetik.**



### 9.3.2 Padlásszigetelés gazdaságossági megfontolásai

A magas tetős épületek leggazdaságosabb hőszigetelése a nem járható padlásszigetelés. Mivel nincs állványozási, nemes vakolat, ragasztó stb. költség, és maga a jellemzően szálás szigetelő anyag is fajlagosan olcsóbb.

Amennyiben olyan épületet szeretnének padlásszigeteléssel ellátni, amelyben később tetőtér beépítés is várható (pl: iskola ahol a tetőtérben ének zene vagy rajztermet terveznek), úgy van lehetőség olyan anyagot választani, amely később a tetőtér beépítés során a szarufák közé is rakható. Fontos, hogy minél alacsonyabb hővezetési tényezőjű anyag legyen, amit a padlásra terítünk, mert később a szarufák közötti vastagság önmagában nem lesz majd elegendő hőszigetelés.

Így ha jó szigetelő anyag van a szarufák között kevesebb teret, belmagasságot kell elvenni a belső térből az ellenlécezéssel felszerelt második hőszigetelő réteggel. Tetőtér beépítésnél 30-35 cm hőszigetelő anyag vastagság is kevés lehet, – túlmelegedés ellen– ha nem elég alacsony a hővezetési tényezője a beépített anyagoknak (túlmelegedés szempontjából az anyagok hőtehetetlensége is számít).

Alacsony hővezetési tényezőjű padlás és később tetőtér beépítésre is alkalmas anyagok:

URSA DF 32 PLATINUM üveggyapot lemez  $\lambda_D = 0,032 \text{ W/mK}^{168}$

ISOVER Multimax 30 üveggyapot lemez  $\lambda_D = 0,030 \text{ W/mK}^{169}$

**Összegezve, középtávon tervezett tetőtér beépítéskor, költség megtakarítást jelent majd, ha most alacsony hővezetési tényezőjű szálás anyagot választunk a padlásszigetelésnek! A most beépített anyagot tetőtér szigeteléskor, átalakításakor be lehet majd építeni.**

---

<sup>168</sup> Forrás: [http://www.ursa.hu/hu-hu/termek/ursa-asvanygyapotok/Documents/PL-URSA\\_DF\\_32\\_PLATINUM.pdf](http://www.ursa.hu/hu-hu/termek/ursa-asvanygyapotok/Documents/PL-URSA_DF_32_PLATINUM.pdf)

<sup>169</sup> Forrás: <http://www.isover.hu/wp-content/uploads/2011/06/isover-arlista-2012-j%C3%BAnius15.pdf>

## 9.4 Nyílászárók

A nyílászárók energetikai összehasonlításakor a MSZ EN ISO 10077-1:2007 „Ajtók, ablakok és társított szerkezetek hőtechnikai viselkedése. A hőátbocsátási tényező számítása” című szabvány szerint kell eljárni. A szabvány megadja, hogy az ablakok hőátbocsátási tényezőjét 1,23 m széles és 1,48 m magas ablakra kell kiszámolni, ekkora méretű ablakokat lehet összehasonlítani egymással.

Energetikai szempontból különbséget teszünk:

az üvegezés hővezetési tényezője,  
(régen egyszerűen  $k$  értéknek hívták)

$U_{\text{glass}}$ , jelölése:  $U_g$  [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]

az ablakkeret hővezetési tényezője,

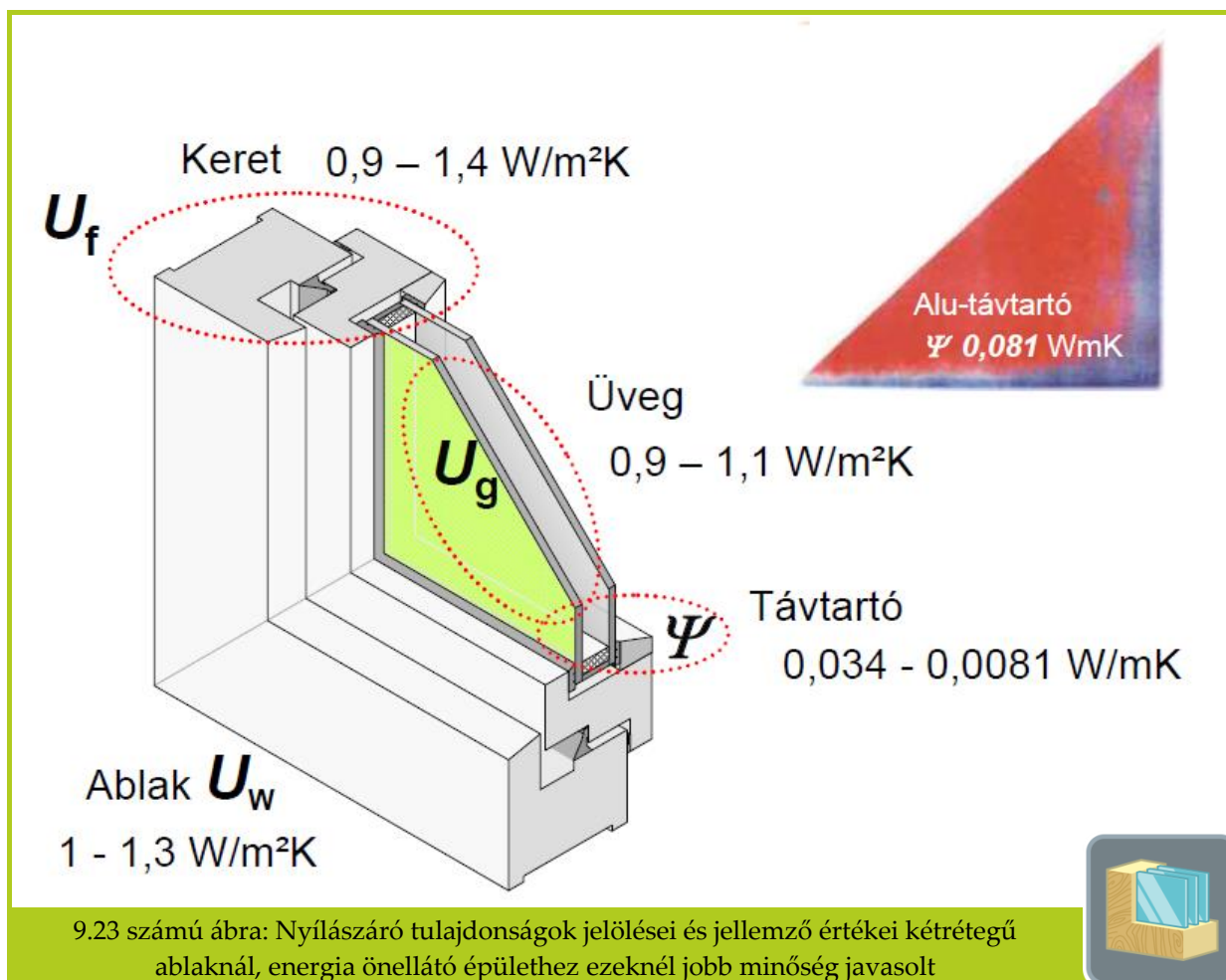
$U_{\text{frame}}$ , jelölése:  $U_f$  [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]

és teljes nyílászáró összesített hőátbocsátási tényezője,  
között.

$U_{\text{window}}$ , jelölése:  $U_w$  [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]

Illetve passzívházaknál szokásos még a beépítés  
hőhidasságát is figyelembe vevő érték használata:

$U_{\text{w installed}}$  [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]



$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \psi_g}{A_w}$$

Ahol :

$A_g$  az ablak felülete [m<sup>2</sup>]

$U_g$  az üvegezés hőátbocsátási tényezője [W/m<sup>2</sup>K]

$A_f$  az ablakkeret felülete [m<sup>2</sup>]

$U_f$  az ablak kerete hőátbocsátási tényezője [W/m<sup>2</sup>K]

$l_g$  az üvegezés kerülete [m]

$\Psi_g$  az üvegezés távtartójának hő hidasság jellemzése [W/mK]

$A_w$  az ablak teljes felülete [m<sup>2</sup>]

**Energia önellátó épületekhez beépítési értéknek  $U_{w \text{ installed}} \leq 0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  javaslunk.**

**Nyílászáró választás energetikai szempontjai:**

- **Ablakprofil (keret) választás:**

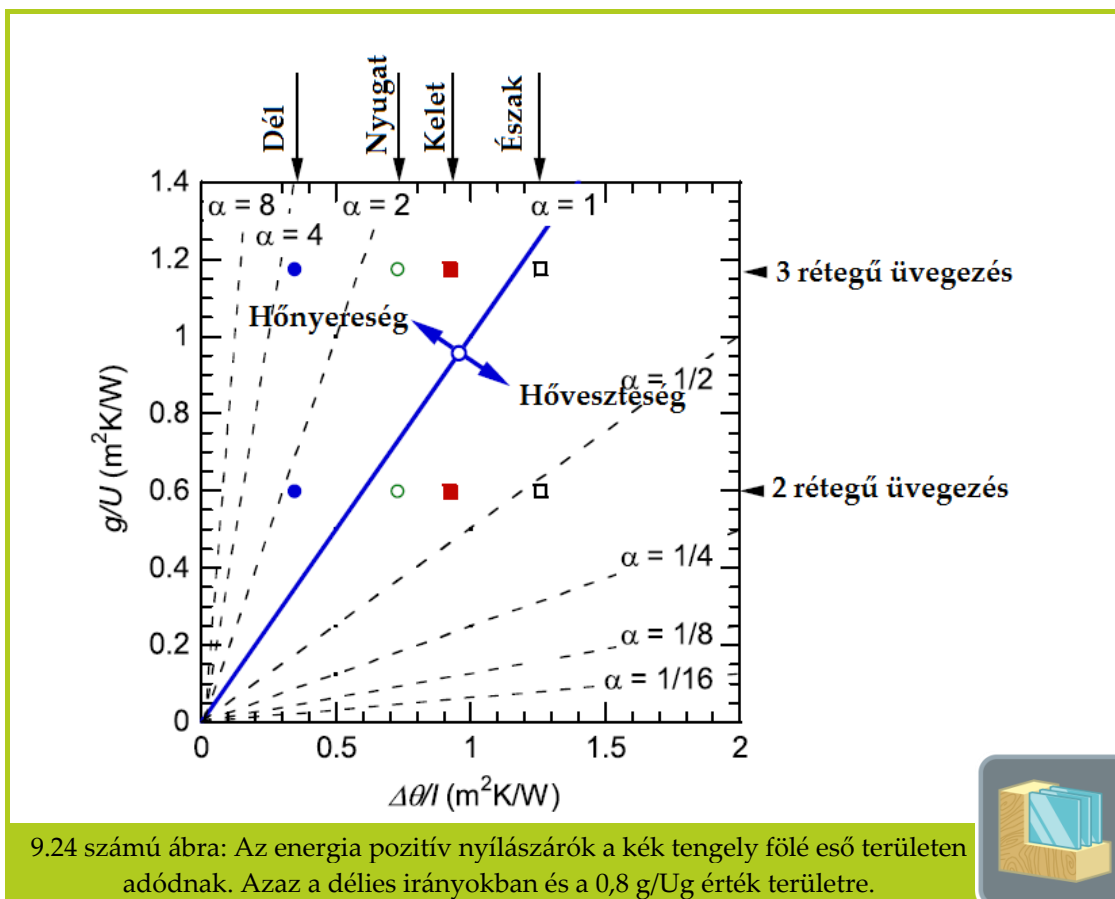
A nyílászárók választásánál az ablakprofil megválasztása nagyban befolyásolja a nyílászáró teljes hőátbocsátási tényező értékét. Mivel a ma már elfogadható 3 rétegű üvegezések esetében jellemzően az ablakkeret jobb hővezető (rosszabb hőszigetelő) mint az üveg, azaz a keret vezeti el a teljes felületre eső hő 30-40% -át.

- **g/U<sub>g</sub> arány:**

Ma már kaphatók olyan nyílászárók, amelyek üvegezése több napenergiát enged az épületbe télen a délies nyílászárókon keresztül, mint amennyit az éjszaka folyamán elveszít. Vagyis a déli oldali nyílászárók energiatermelő hőforrásai is a háznak. Ehhez az kell, hogy az üveg ún. teljes napenergia átbocsátási tényezője - amit kis g értékkel jelölünk és rendszerint EN410 szabvány szerint mérik -, és az üveg hőátbocsátási tényezőjének aránya  $U_g$  nagyobb legyen, mint 0,8. Lásd következő ábra.

Javasolt üvegezés:

Teljes napenergia átbocsátási tényezője  $g / \text{üveg hő át bocsátási tényezője } U_g > 0,8$



### Műemlék épületek nyílászáró korszerűsítése

Műemlék épületek nyílászárói kulturális örökség védelmi okokból sok esetben nem cserélhetők ki hőszigetelő üvegezéssel ellátott nyílászárókra. A hagyományos kétrétegű hőszigetelő üvegezések vastagsága 24 mm, így nem fér el az 1 rétegű üveghez tervezett nyílászárókban.

Erre a problémára nyújt megoldást a Pilkington Spacia Cool nevű vákuumszigetelésű üveg: melynek teljes vastagsága 6,5 mm, hőszigetelési értéke  $U_g: 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}^{170}$

Legnagyobb gyártható méret: 2400 mm×1350 mm

Legkisebb gyártható méret: 350 mm×200 mm

Fajlagos ár: 285 €/m<sup>2</sup> – 500 €/m<sup>2</sup>

Legjobb g/Ug érték: 0,6 Pilkington Spacia ST II

Vagyis ezektől a nyílászáróktól nem szabad jelentős szoláris nyereséget várni, még benapozott teljes déli irányban sem.

<sup>170</sup> Forrás: [http://www.glashandbuch.de/catalog/1\\_7\\_pilkington\\_spacia\\_-\\_vakuumsiglas/5cc3bd7b-2cd9-4753-8c54-0a5b8f85f06b.aspx](http://www.glashandbuch.de/catalog/1_7_pilkington_spacia_-_vakuumsiglas/5cc3bd7b-2cd9-4753-8c54-0a5b8f85f06b.aspx) 2015. november 20.

### Üvegezés tömegének számítása

2,5 kg/m<sup>2</sup>/mm, vagyis egy réteg 1 m<sup>2</sup> 4mm-es üveg 10 kg. Azaz a jelenleg leggyakoribb 2×4 mm üvegezés négyzetméterre vetített tömege ~20 kg.

Ezek alapján meg lehet becsülni, hogy egy műemlék épület ún. gerébtokos ablak belső ablakszárnya elviseli-e a kétrétegű üvegezéssel való felújítását.

Fontos kiemelni, hogy 150 cm×250 cm ablakméret felett már biztonsági előírás a legalább 1 rétegű 6 mm-es üvegezés. Bár ekkora üvegméret műemlék épületeknél nem fordul elő.

### Javított hőszigetelő tulajdonságú távtartók, ún. melegperem

A hőszigetelő üvegezés peremébe hagyományosan alumínium távtartót szoktak beépíteni, ami az üveg szélénél ún. hőhidat képez, mivel az alumínium sokszorosan jobb hővezető, mint az ablakkeret vagy az üvegezés. Ettől a hőhídtól az ablaküveg belső szélei lehűlnek és páralecsapódás keletkezik, ami fa ablakok esetében még a nyílászáró élettartamát is csökkentheti. Ezt a jelenséget lehet megelőzni ún. meleg peremű üvegezés megválasztásával, az ablak árához képest alacsony költség mellett. A melegperem beépítése a teljes ablak összesített hő átocsátási tényezőjét is javítja, vagyis az  $U_w$  értéket.

Egy 3 rétegű üvegezésű  $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  értékű alumínium távtartós üvegezésű ablak teljes hőátocsátási értéke  $U_w = 1,023 \text{ W/m}^2\text{K}$

Ugyanez az ablak, de meleg peremmel szerelve:  $U_w = 0,88 \text{ W/m}^2\text{K}$  értékre javul. Tehát néhány ezer forint többlet költségért egy magasabb minőségű nyílászárót kapunk, bár a keret és az üvegezés sem változott, csak a távtartó minősége.

Gyártók:

Thermix: [www.thermix.de/](http://www.thermix.de/)

Swisspacer: <http://www.swisspacer.com/en/>

Termoseal Termobar: <http://www.termosealgroup.com/warmedge>

	Távtartó anyaga	Ablakkeret anyaga			
		Fém hőhidmegszakított	Műanyag	Fa	Fa / fém
<b>Merev rendszerek</b>	Rozsdamentes acél	0,057 – 0,066	0,046 – 0,050	0,049 – 0,054	0,053 – 0,060
	Alumínium Műanyag	0,058	0,046	0,050	0,054
	Rozsdamentes acél Műanyag	0,043 – 0,045	0,037 – 0,039	0,038 – 0,040	0,041 – 0,043
	Műanyag / fém bevonatú műanyag fólia	0,031	0,030	0,029	0,030
	Rozsdamentes acél biopolimert	0,042	0,037	0,037	0,040
<b>Rugalmas rendszerek</b>	Polyisobutylene	0,038	0,034	0,034	0,036
	Mylar fólia szilikon hab	0,031	0,030	0,029	0,030

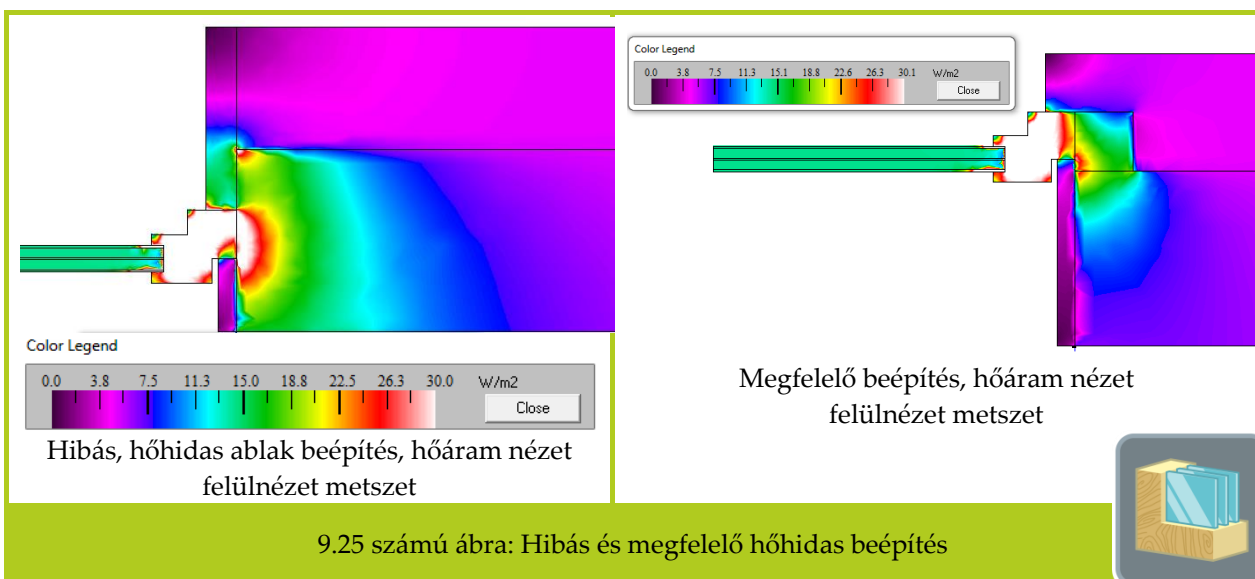
9.3 számú táblázat: Jellemző  $\Psi_g$  a távtartó hőhidasságát kifejező értékek [ $\text{W/mK}$ ] 3 rétegű üvegezés 4/12/4/12/4,  $U_g=0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  esetén



A kedvezőbb alacsonyabb értékek rendre a jobb minőségű melegperem terméket jelölik.<sup>171</sup>

### Ablak beépítése a hőhidasság elkerülésének érdekében

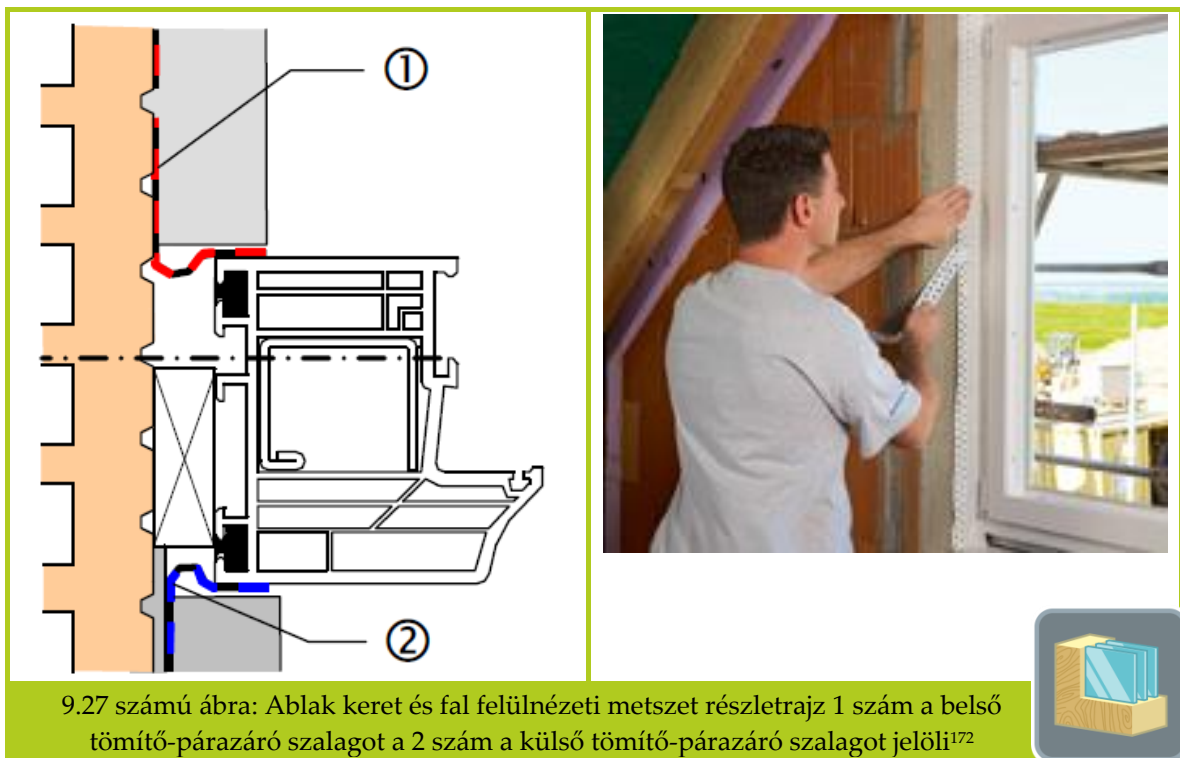
Új építésnél ma már elvárás, hogy a nyílászárót hőhidmentesen építsék be. Ezt úgy valósítják meg, hogy az ablakkeretet nem a jó hővezető tulajdonságú teherhordó falszerkezetbe, hanem egy ablaktartó keretbe a szigetelés síkjában építik be a teherhordó fal külső síkja elé. Így biztosítják, hogy a falszerkezet anyagában ne kerülje meg a hidegebb külső tér felé igyekvő hőáram az ablakkeretet. Felújításoknál kompromisszumként megoldás lehet, ha az új nyílászárót a teherhordó fal külső síkjáig tolják előre, és a szigetelést rálógatják az ablakkeretre.



<sup>171</sup> Forrás: 2015. november 20. <http://www.warmekante.info/systemuberblick/representative-psi-werte/>

### Légtömörséget szavatoló beépítés, szalagos beépítés, RAL beépítés

A nyílászárók beépítésekor gondoskodni kell arról, hogy az épületszerkezettel való csatlakozási pontokon, vagyis az ablak kereténél ne jusson be és ki pára és levegő. Míg a pára a szigetelés és az ablak minőségében tehet kárt (korhadás, korrózió) a tömítetlenség a légtechnikai rendszer minőségét rontja, valamint energia veszteséget okoz. A gyakorlatban a beépítő purhabok kiegészítéseként szalagokat ragasztanak az ablak külső és belső oldalára is, amelyeket légmentesen rögzítenek a befogadó falhoz vagy kerethez.



9.27 számú ábra: Ablak keret és fal felülnézeti metszet részletrajz 1 szám a belső tömítő-párazáró szalagot a 2 szám a külső tömítő-párazáró szalagot jelöli<sup>172</sup>

### Minősítések nyílászárókhöz, segítség az ajánlatok hitelességének ellenőrzéséhez:

- Magyarországon legismertebb az ún. ÉME Építőipari Műszaki Engedély az ÉMI intézet által kiadott minőség megfelelőségi tanúsítvány.
- European Technical Approval (ETA) Európai minőség megfelelőségi tanúsítvány
- Ift Rosenheim A rosenheimi nyílászáró és homlokzat intézet tanúsítványai (részletesebb, körültekintőbb dokumentumok)
- RAL Gütegemeinschaft Mehrscheiben-Isolierglas e.V. RAL Többrétegű Hőszigetelőüveg Minőség Társaság

**FONTOS:** a CE jelölés nem igazolja egy termék minőségét.

<sup>172</sup> Forrás: 2015. november 20.

[http://www.siga.ch/fileadmin/user\\_upload/Web\\_Englisch/42\\_Downloads/Pruefzeugnisse/FEN\\_ift-Pruefnachweis\\_EN.pdf](http://www.siga.ch/fileadmin/user_upload/Web_Englisch/42_Downloads/Pruefzeugnisse/FEN_ift-Pruefnachweis_EN.pdf)

## Fajlagos árak

3 rétegű üvegezés  $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  fajlagos ára  $\sim 25 \text{ €/m}^2$ <sup>173</sup>

Melegperem,  $\Psi_g = 0,0,32 \text{ [W/mK]}$   $1,75 \text{ €/fm}$ <sup>174</sup>

Fali szerelőkeret (nyílászáró falsíkon kívül való hőhídmentes beépítéséhez)

$\lambda = 0,078 \text{ W/mK}$  legfeljebb  $200 \text{ kg/m}$  tömegig:  $\sim 32 \text{ €/fm}$ <sup>175</sup>

### 70 mm vastag keret profil, 3 rétegű üvegezés fajlagos ára:

Profil: Schüco CT 70 Műanyag	
Üveg: 3 rétegű	
$U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	
$U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$	
Fajlagos	128 €/m <sup>2</sup>
Nyílászárók	100 €/m <sup>2</sup>
Beépítés	20 €/m <sup>2</sup>
Szállítás	2 €/m <sup>2</sup>
Külső aluborítás	-

### 82 mm vastag keret profil, 3 rétegű üvegezés fajlagos ára:

Profil: Schüco SI82+ Műanyag-alu (+thermo modul)	
Üveg: 3 rétegű (melegperemes)	
$U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	
$U_w = 0,66 \text{ W/m}^2\text{K}$	
Fajlagos	265 €/m <sup>2</sup>
Nyílászárók (thermo modullal)	188 €/m <sup>2</sup>
Beépítés	20 €/m <sup>2</sup>
Szállítás	3 €/m <sup>2</sup>
Külső aluborítás	53 €/m <sup>2</sup>

### Műanyag + alu 82 mm-es profil fajlagos ára:

Profil: Schüco SI82 Műanyag-alu	
Üveg: 3 rétegű	
$U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	
$U_w = 0,86 \text{ W/m}^2\text{K}$	
Fajlagos	178 €/m <sup>2</sup>
Nyílászárók	105 €/m <sup>2</sup>
Beépítés	20 €/m <sup>2</sup>
Szállítás	3 €/m <sup>2</sup>
Külső aluborítás	51 €/m <sup>2</sup>

<sup>173</sup> Forrás: 2015. november 20. [http://www.energieagentur-regio-freiburg.de/fileadmin/user\\_upload/Aktuell/2013/hilzinger\\_Energieberater\\_Seminar2013.pdf](http://www.energieagentur-regio-freiburg.de/fileadmin/user_upload/Aktuell/2013/hilzinger_Energieberater_Seminar2013.pdf)

<sup>174</sup> Forrás: 2015. november 20. [http://www.energieagentur-regio-freiburg.de/fileadmin/user\\_upload/Aktuell/2013/hilzinger\\_Energieberater\\_Seminar2013.pdf](http://www.energieagentur-regio-freiburg.de/fileadmin/user_upload/Aktuell/2013/hilzinger_Energieberater_Seminar2013.pdf)

<sup>175</sup> Forrás: 2015. november 20. [http://www.energieagentur-regio-freiburg.de/fileadmin/user\\_upload/Aktuell/2013/hilzinger\\_Energieberater\\_Seminar2013.pdf](http://www.energieagentur-regio-freiburg.de/fileadmin/user_upload/Aktuell/2013/hilzinger_Energieberater_Seminar2013.pdf)

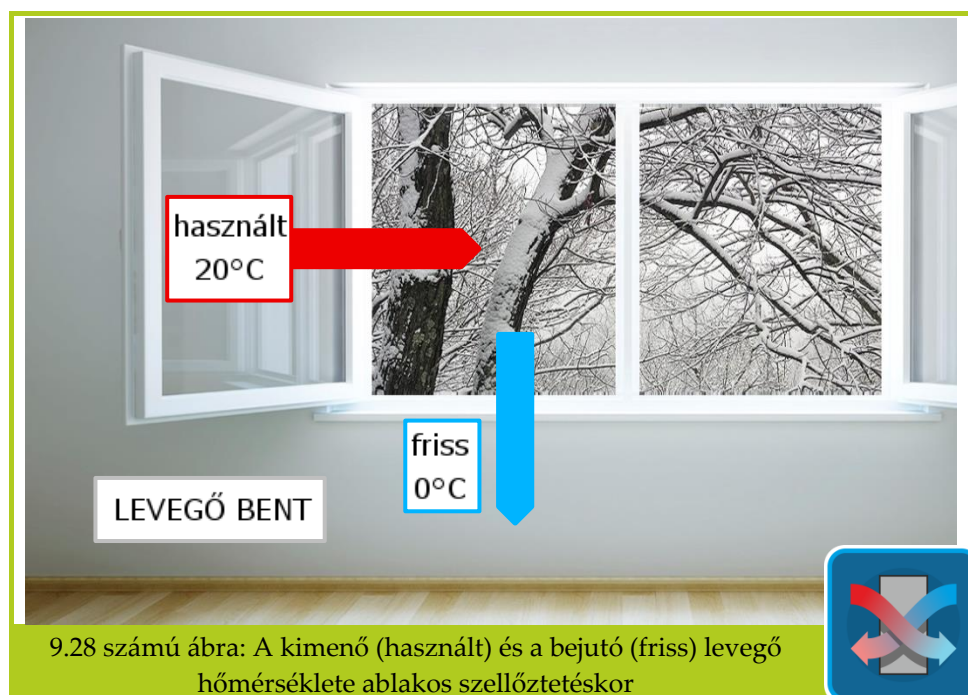
## 9.5 Hővisszanyerő szellőzés

A szellőztetési igény az épületek velejárója, mert az emberek által elhasznált levegőt ki kell engedni a szabadba és onnan friss levegőt kell beengedni. Az épületek gépi szellőztetésével már ma is sok helyen találkozhatunk, jellemzően irodaházakban, előadótermekben vagy nagy üzletekben, tehát olyan helyeken, ahol sok ember megfordul vagy tartózkodik. Ennek oka lehet az, hogy:

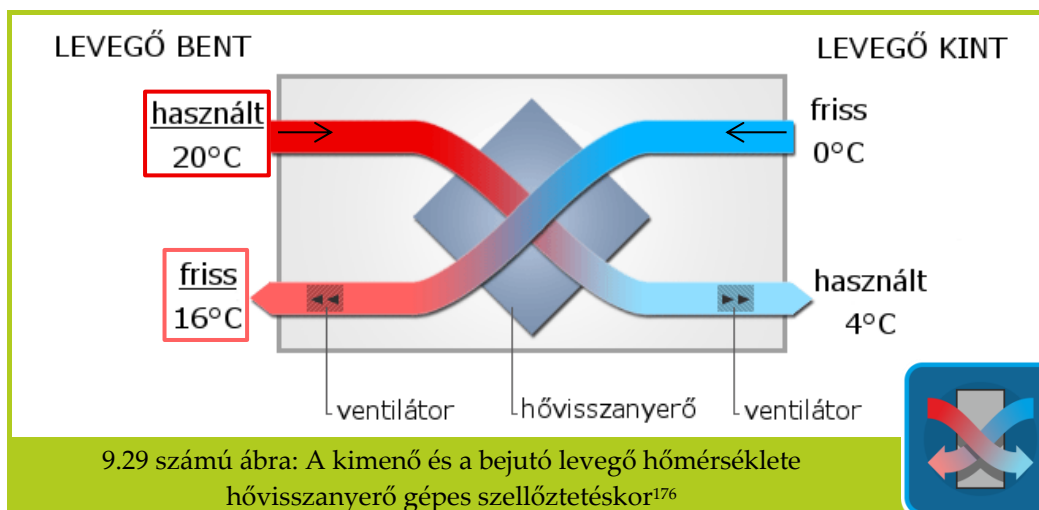
- ezeken a helyeken a megfelelő légcseré hagyományos módon ablakok nyitásával nem biztosítható, mert nem áll rendelkezésre elég ablak,
- az ablakokon át történő szellőztetéssel nem biztosítható a helyiség komfortja,
- csak géppel lehet a változó igényekhez elég gyorsan alkalmazkodni.

A gépi szellőztetés önmagában azonban még mindig nagy hőveszteséget okoz, mert ez a kidobott levegő hőtartalmát nem hasznosítja, így azzal egyenértékű mintha ablaknyitással történne a szellőztetés.

Régebbi, rosszul szigetelt házaknál a szellőzés automatikusan megtörtént a réseken keresztül folyamatosan, de ez nem nevezhető szellőztetésnek, hanem sokkal inkább egy hőveszteség, aminek egyik hozadéka a folyamatos friss levegő. Az épületek hőszigetelésével és a nyílászárók cseréjével a korábbi rések eltűnnek, de ezzel eltűnik az addigi természetes szellőzés és megjelenik a sűrűbb szellőztetés igénye. Az ablakon való rendszeres szellőztetést észben tartani fárasztó és ez a módszer hőveszteséget is okoz, ezért hővisszanyerővel szerelt szellőztetőgép beszerelését javasoljuk; meglévő szellőztető gépnél, pedig a gép hővisszanyerővel való kiegészítését. Az alábbi két ábra a két különböző szellőztetési módot hasonlítja össze.



A hővisszanyerést az úgynevezett hővisszanyerővel valósítják meg (9.29 ábra), ami egy hőcserélő, ahol az elhasznált (beltérből kifújt) és a friss (kültérből beszívott) levegő egymással hőátadásos kapcsolatba kerül, ezáltal a beszívott levegő a szobába érve közel olyan hőmérsékletű lesz, amilyen a helyiségben is uralkodik.



A különbség szemmel láthatóan óriási. Ablakos szellőztetésnél 0°C-os friss levegő jön a lakásba, gépi hővisszanyerős esetben 16°C-os és ugyanarról a friss levegőről van szó. Ez által kevesebb energiát kell a levegő felfűtésére (vagy nyáron lehűtésére) fordítani, vásárolni és végső soron valahol megtermelni. **A legjobb hővisszanyerők hatásfoka eléri a 93%-ot.**

Régi épületeknél az épület szellőztetésével jelentkező veszteség (szakkifejezéssel élve filtrációs veszteség) eddig egy kisebb súlyú veszteségnek számított, de a leszigetelt és jó nyílászárókkal épített (légtömör) épületeknél a többi veszteség csökkenésével a szellőztetési veszteség aránya megnő, és ez válik a hőveszteség fő forrásává. Emiatt várhatóan minden újépítésű és felújított (légtömör) épületbe szellőztető gép fog kerülni.

Légtechnikai rendszer minden épületbe beszerelhető, de olcsón és esztétikusan csak olyanokba, ahol erre előre felkészítették az épületet építéskor vagy felújításkor. Ennek oka, hogy a berendezés és a hozzá tartozó csövezés helyigénye viszonylag nagy, melyek elhelyezésére már előre gondolni kell.

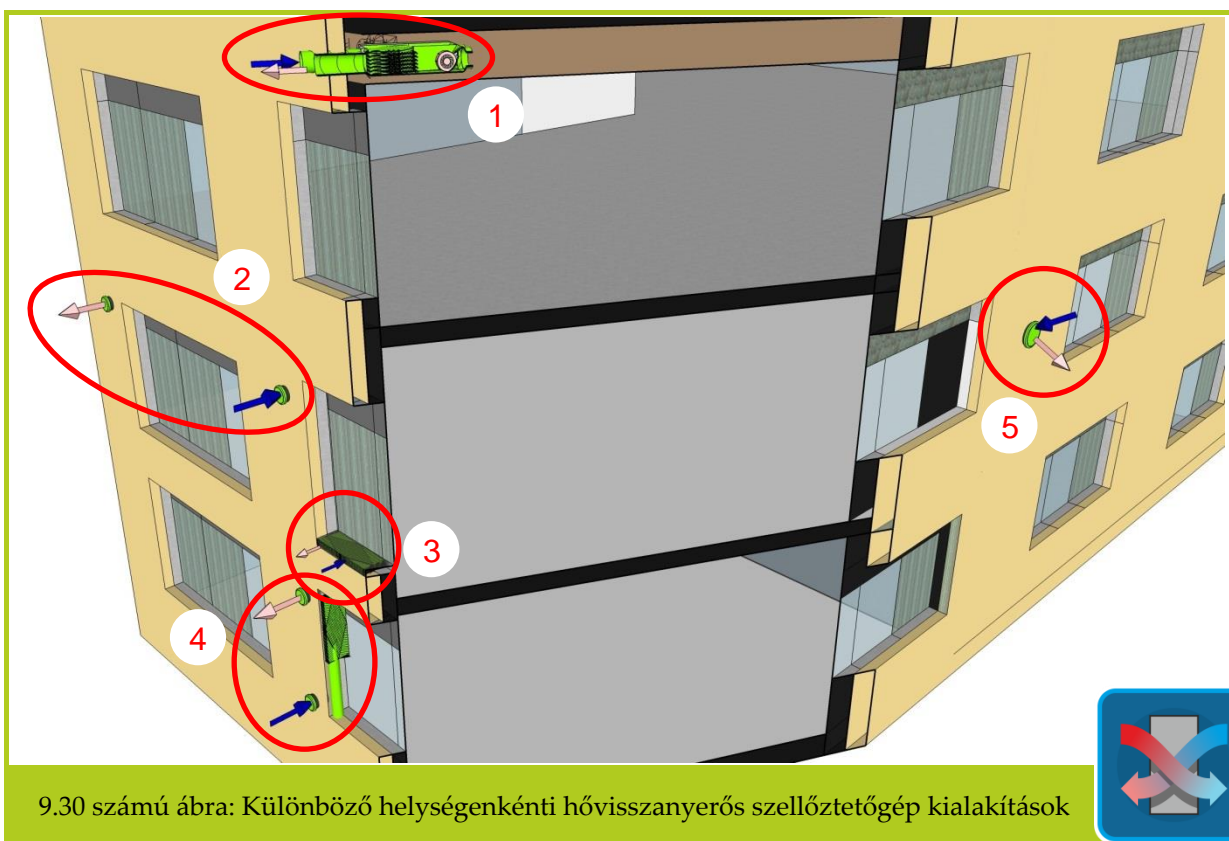
A gépi szellőztetésnek két fő fajtája van, a helyiségenkénti (decentralizált) és a központi. A központi szellőztetéshez több helyre van szükség, viszont jobban kialakítható a levegő áramlás útja és jobb hatásfokú lehet a gép. A helyiségenkénti szellőztetés viszont utólag is

<sup>176</sup> Forrás: [http://www.reku.net.pl/images/warto\\_wiedziec/rekuperator\\_dzialanie.gif](http://www.reku.net.pl/images/warto_wiedziec/rekuperator_dzialanie.gif)



könnyebben kialakítható kisebb helyigénye miatt. A 9.30 ábra a különböző helyiségenkénti hővisszanyerős szellőztetési megoldásokat foglalja össze:

1. álmennyezetbe épített légkezelő gép (lehet lakásközponti is):  
Lakásonként akár csak 1 gép, ami a lakás összes helyiségét ki tudja szolgálni.
2. váltott üzemű hővisszanyerő gép:  
Nincs szükség csövezésre a helyiségben, csak a fal átfúrására 2 helyen.
3. ablakpárkányba szerelt légkezelő gép:  
Nincs szükség sem csövezésre, sem a fal átfúrására, csak az ablaknyílás lefelé történő enyhe megnagyobbítására.
4. ablak melletti hőszigetelésbe épített légkezelő gép:  
A hőszigeteléskor a gépet a hőszigetelésbe integráltan alakítják ki.
5. egycsöves hővisszanyerő gép:  
A falat helyiségenként csak egy helyen kell átfúrni.



A központi légkezelő gép nagyobb helyigénye miatt külön helyiségben szokott elhelyezésre kerülni (padlás, gépészeti szobában, raktárban), de nagy belmagasságú épületekben az álmennyezetbe is szerelhető.

Társasházaknál, ha lakásonként külön üzemelő légkezelőkre számítunk, akkor a falon meg kell előre csináltatni az áttöréseket a jövőbeli csöveknek a megfelelő keresztmetszettel. Ha a társasház lakóközösségét tekintve együttműködő hozzáállásra számítunk, akkor a társasházban központi légkezelő elhelyezését érdemes tervezni, mert nagyobb géppel olcsóbb megoldani a ház szellőztetését, mint lakásonként vagy helyiségenként. Így nem a külső fal,

hanem a födémek áttöréséről kell gondoskodni ahol a gerinc-csövek futhatnak, ahová a lakásokból az egyes csövek beköthetők.

### 9.5.1 Helyigény

A különböző légtechnikai megoldások helyigénye jelentősen eltérhet. Számolni kell a hővisszanyerő egység méretével és a csövezés helyigényével is (de ezzel főleg csak központi kialakításnál). A légtechnikában használt csövek minimális átmérője 9-10 cm-től indul, de nagyobb épületek esetén a gerincvezeték átmérője az 1 métert is meghaladhatja. A hővisszanyerő helyigénye lakásonkénti központi gép esetén 200-300 liter, súlya 60-70 kg, tehát plafonra (álmennyezetbe) is rögzíthető és így kevesebb hasznos teret foglal el. Zalaegerszegen a közintézmények folyosói jó lehetőséget teremtenek központi hővisszanyerő rendszer kiépítéséhez, mert a folyosón vezetve a gerinc vezeték, az egyes helyiségekbe a leágazás könnyen megoldható. A 9.31 ábrán egy ilyen egység látható padlástérben elhelyezve. Társasházközponti gép esetén jóval nagyobb 3.000-10.000 literes helyigénnyel kell számolni ezért elhelyezéséhez külön helyet kell biztosítani, például a padlástérben vagy az épület tetején. Erre a 9.32 ábrán látható példa.



<sup>177</sup> Forrás: <http://www.edyskas.mojabudowa.pl/?menu=pokaz&miesiac=1&rok=2010>



9.32 számú ábra: Társasházközponti hővisszanyerő gép tetőn elhelyezve<sup>178</sup>

Hüvelykujj szabályként elmondható, hogy egy központi légkezelő gép minden 1 m<sup>2</sup> szellőztetendő alapterületenként:

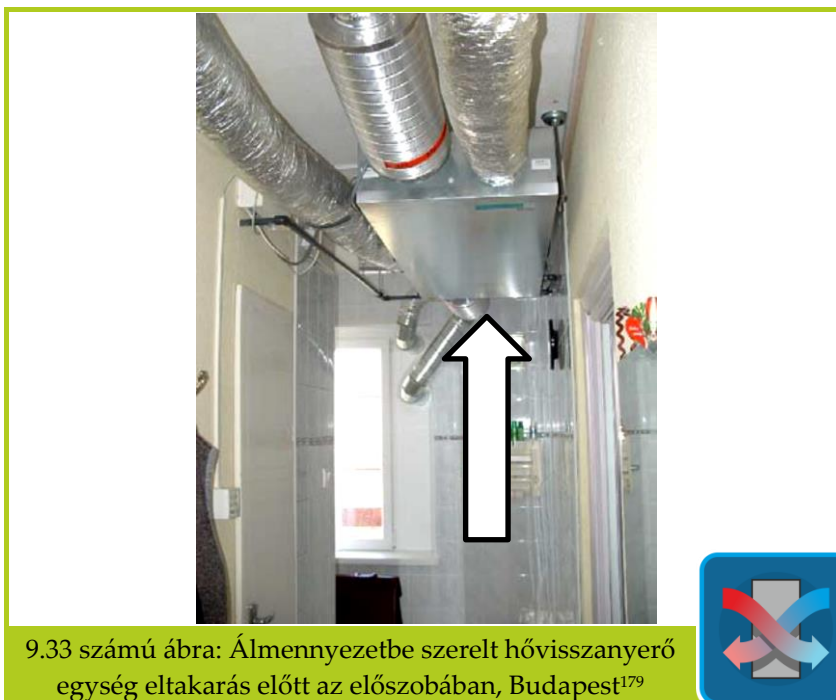
- 4 liter helyet foglal el lakásközponti és
- 2 litert társasházközponti megoldás esetén.

A helységenkénti légkezelő gép helyiségenként 2-10 liter helyet igényel, így a 9.30 ábra 1, 3 és 4-es megoldásai rejtett módon is elhelyezhetők.

---

<sup>178</sup> Forrás: <http://gunnpegelow.com/2011/04/18/titan-air-designs-quality-efficient-equipment/>

1. megoldás: álmennyezetbe épített légkezelő egység



2. megoldás: váltott üzemű (kerámiabetétes) hővisszanyerő gép



Nem összetévesztendő ez a megoldás az 5-ös megoldásnál ábrázolt 9.37 ábrán látható géppel, ami külsőleg hasonlít, de belsőleg teljesen más. A különbséget az is jelzi, hogy ebből a megoldásból a gépeket párosával kell beépíteni, az 5-ös megoldásnál lehet egyesével is.<sup>180</sup>

<sup>179</sup> Forrás: [http://energotrade.hu/pdf/energotrade\\_solanova\\_leiras.pdf](http://energotrade.hu/pdf/energotrade_solanova_leiras.pdf)

<sup>180</sup> Forrás: [http://www.alibaba.com/product-detail/Single-room-ventilation-systems-with-heat\\_50001679488.html](http://www.alibaba.com/product-detail/Single-room-ventilation-systems-with-heat_50001679488.html)



### 3. megoldás: ablakpárkányba szerelt légkezelő gép



Elsősorban jelentős komplex felújításoknál javasoljuk ablakcserével egybe kötöten a könyöklő alá építhető helyiségenkénti hő visszanyerő gép beépítését. Ez a gépkiepitési forma számos előnnyel jár, ezek a következők:

- Mivel felújításkor az új nyílászárók a teherhordó fal külső síkjára kerülnek, így lehetőség adódik az új szélesebb könyöklő helyére hő visszanyerő gépet építeni. A felhajtható módon beépített könyöklő esetén a gép karbantartása (például szűrő csere) bontás és szerelés nélkül megoldható. **A felújításokhoz legkönnyebben illeszthető műszaki megoldás.**
- A beépítése elhalasztható, előkészített fogadó esetén utólag is beépíthető, ha a tulajdonosoknak egy időben nagy anyagi terhet jelent a felújítás.
- A hővisszanyerő gép beépítése nem jár újabb falbontási festési munkával a nyílászáró cseréjekor esedékes paletta javítással egy lépésben megoldható.
- Nem foglal újabb falterületet (polc) vagy alapterületet, nem vesz el belmagasságot

<sup>181</sup> Forrás: <http://www.premivent.com/>



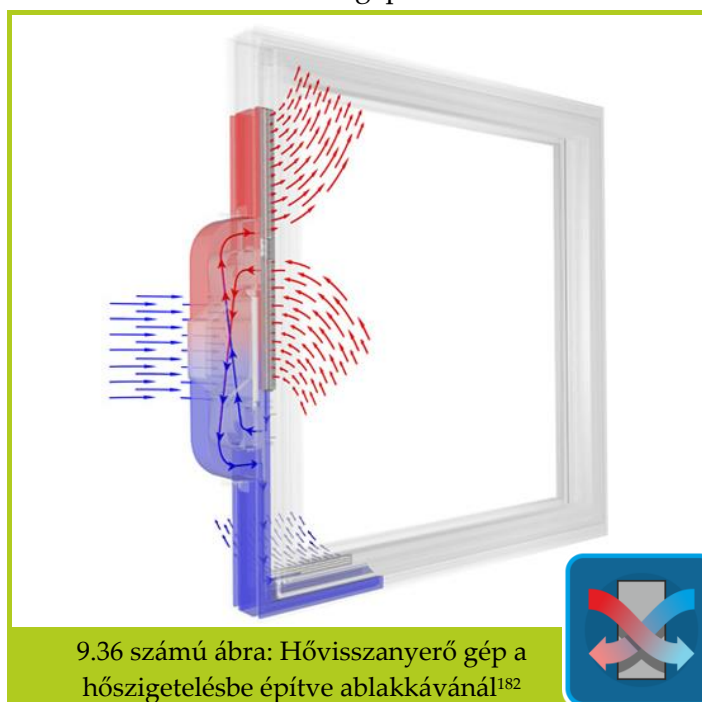
(mint az álmennyezetbe épített hővisszanyerő a dunaújvárosi solanova projektnél.

#### Hátránya:

- A kis géptérfogat nem teszi lehetővé a nagy hőcserélő felület kialakítását, ezért hatásfoka korlátozott.
- Nem a helyiség felső síkjában történik a levegő megmozgatása.
- Jelenleg legfeljebb 35 m<sup>3</sup>/h kapacitással készíthető el a zajhatás növekedte és a kialakítási hely szűkösége miatt.
- Jelenleg tudomásunk szerint kereskedelmi forgalomban még nem kapható. A Hajdú Zrt. dolgozik jelenleg egy kereskedelmi termék kidolgozásán.

#### 4. megoldás: ablak melletti hőszigetelésbe épített légkezelő gép

Előnye abban rejlik, hogy nem kell az ablaknyílás méretén változtatni, hanem kihasználjuk az épületfalra kerülő hőszigetelés vastagságát és abba helyezzük el a gépet. Mindezt az egyszerű szerelhetőség és karbantartás miatt pedig a nyílászáró mellé tesszük (az ablakkávába), ahol oldalról hozzáférhetünk a géphez.



#### 5. megoldás: egycsöves hővisszanyerő gép

Ez a megoldás ténylegesen egy csöves, ahogy a neve is jelzi, nem úgy, mint a 2. megoldás amelyikből egy gép (egy cső) önmagában nem elég. Ennek oka, hogy az 5-ös megoldás csöve belül két részre osztott, így egy csövön meg tud valósulni a 2 irányú áramlás. A megoldás a képek alatt feltüntetett videók megtekintésével könnyebben megérthető.<sup>183</sup>

<sup>182</sup> Forrás: <http://www.internorm.com/hu/termekek/studio/i-tec-innovaciok/i-tec-szelloztetes.html>

<sup>183</sup> Forrás: [http://www.kardoslabor.hu/media/documents/zehnder\\_comfoair\\_70\\_felhasznalasi\\_leiras.pdf](http://www.kardoslabor.hu/media/documents/zehnder_comfoair_70_felhasznalasi_leiras.pdf)



A működésüket szemléltető videók:

<https://goo.gl/6dZ0Oa>

<https://goo.gl/tS2AMH>

Főbb hővisszanyerős szellőztetőgép gyártók:

- Paul
- Helios
- Zehnder
- Rosenberg

## 9.5.2 Példák felújításokra

### Ausztria, Bécs, Hütteldorferstraße 252.<sup>184</sup>

Ez a 35 lakásos társasház felújítás az EU-GUGLE projekt finanszírozásában valósulhatott meg. Homlokzatára a "MAFa"-nak nevezett Multifunkcionális Aktív Homlokzat (Multi-Aktiv-Fassade) került, amibe a hőszigetelés, a napelem és a helyigényes hővisszanyerő szellőzés csövezése is helyet kapott. A homlokzatokra nagypaneles daruzható formában szerelik fel a homlokzati elemeket, ami gyors helyszíni munkavégzést tesz lehetővé. A technológia megegyezik a passzív és aktív házas fejezetben említett linzi társasháznál használttal.

<sup>184</sup> Forrás: [http://www.hausderzukunft.at/hdz\\_pdf/events/20131021\\_vernetzungsworkshop\\_01\\_tagungsband.pdf](http://www.hausderzukunft.at/hdz_pdf/events/20131021_vernetzungsworkshop_01_tagungsband.pdf)



9.38 számú ábra: A társasház felújítás előtt



A hőszigetelés egy része méhsejt karton típusú, ami aktív hőszigetelési tulajdonságot kölcsönöz a szerkezetnek, vagyis azt, hogy télen az alacsonyan járó nap hője a falra merőleges mélysejt elrendezés „csövein” keresztül a fal tömegét melegíti, míg nyáron ugyan ez az elrendezés árnyékolja a falat a magasan járó nap miatt.



9.39 számú ábra: A méhsejt karton típusú aktív hőszigetelés<sup>185</sup>



Ez a fajta szerelt nagypaneles homlokzati elem vagy homlokzati panel rendszer túlnyomóan fa tartószerkezetre épül, ami miatt Zalaegerszegen nagyobb szerephez juthat, mint az ország egyéb területein, hiszen itt a fejlett faipar, nyersanyag, és bútorgyártással rokon szerkezetépítő tapasztalat is rendelkezésre áll vagy feléleszthető.

<sup>185</sup> Forrás: <http://www.gap-solutions.at/en/solutions/gapskin/>



9.40 számú ábra: Homlokzati panelek gyártása és a bennük futó légtechnikai járat



Ugyanezt az előgyártott gyorsan kivitelezhető műszaki megoldást alkalmazták Grazban is a Dieselweg lakótelepen egy 60-as években épült, 16 lakásos, 5 szintes szabadon álló társasház felújításakor.



Felújítás előtt



Felújítás után

9.41 számú ábra: Az előszerelt daruzható hőszigetelés panelek egy grazi lakótelepen<sup>186</sup>



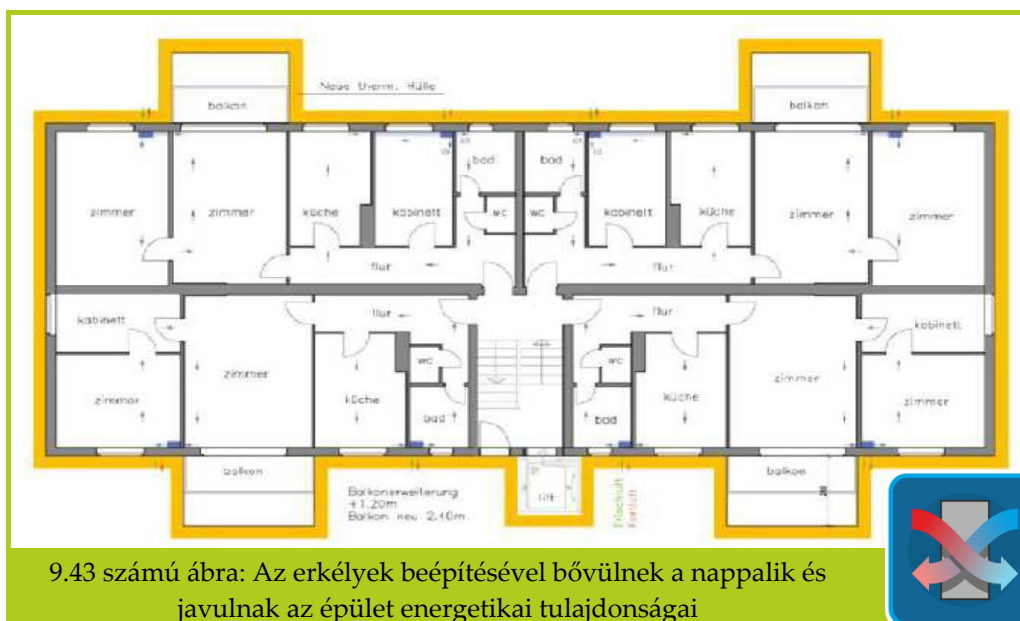
<sup>186</sup> Forrás: [http://download.nachhaltigwirtschaften.at/hdz\\_pdf/endbericht\\_1150\\_plusfassaden.pdf](http://download.nachhaltigwirtschaften.at/hdz_pdf/endbericht_1150_plusfassaden.pdf)





9.42 számú ábra: A paneles hőszigetelés felszerelésének daruzása<sup>187</sup>

Az erkélyek lezárását mindkét projektnél pozitívan fogadták a bent lakók. Ha megszűnnek az eddig kiálló és hűlő felületet jelentő erkélyek, akkor összességében az épület hőtechnikai jellemzői javulnak. A sárga vonal jelöli az új épületburkot, vagyis a légtechnikai rendszert is magába foglaló homlokzatot.



9.43 számú ábra: Az erkélyek beépítésével bővülnek a nappalik és javulnak az épület energetikai tulajdonságai

<sup>187</sup> Forrás: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/141309.pdf>



A projekt eredményeit számokban az alábbi táblázat mutatja:

	előtt	után
Lakótér	1091 m <sup>2</sup>	1589 m <sup>2</sup>
Fajlagos felújítási költség	862 €/m <sup>2</sup>	816 €/m <sup>2</sup>
Az épület éves hőenergia igénye	200 855 kWh	15 258 kWh
Az épület fajlagos hőenergia igénye	184 kWh/m <sup>2</sup> a	9,6 kWh/m <sup>2</sup> a

9.4 számú táblázat: A dieselwegi felújítás eredményei

A felújítási projekt legfontosabb eredményének a közösség kismértékű zavarását emelték ki, amit az előre gyártott szigetelésnek tulajdonítanak. Így az egyes lakókat csak 1-2 napig zavarták a felújítási munkálatokkal. A legnagyobb problémát az akkor még új technológia elfogadtatása (2009) és anyagi források megteremtése jelentette. A fenti táblázat utolsó sorából az épület fajlagos hőigényének csökkenéséből láthatjuk, hogy **elért fűtési energia igény 95%-ot csökkent.**

#### Ausztria, Graz, Liebenauer Hauptstrasse 302-306.

Ebben a társasházban 127 lakás van, 1970-ben épült és 2014-ben újították fel. A 9.44 ábra mutatja az eredeti állapotot a 9.45 ábra a felújítottat, amelyen láthatóak a homlokzatra szerelt napelemek és a hővisszanyerős szellőzés homlokzati furatai (áttörései), melyet a hőszigeteléssel egyidőben alakítottak ki.





9.45 számú ábra: Felújítás után, multifunkciós homlokzat: hővisszanyerő szellőzés és napelem<sup>188</sup>

Ennél a felújításnál is hasonló, 94% megtakarítást értek el az eredeti alapterülethez viszonyítva. 135 kWh/m<sup>2</sup>a-ról ~ 8 kWh/m<sup>2</sup>a-ra csökkent az éves fajlagos fűtési energiaigény, ami passzívház szintű felújítást jelent.

Az éves meleg víz költségek 50%-al csökkentek 20,9 kWh/m<sup>2</sup>a-ról ~ 9,4 kWh/m<sup>2</sup>a-ra, napelem alapú egyenáramú, és hálózati váltakozó áramú vegyes melegvízellátó berendezésekkel biztosítva, melyet 120 literes két fűtőpatronos (AC/DC) villanybojlerekkel alakítottak ki. Ennek előnye, hogy

- nincs szükség a napelemhez inverter vásárlására és engedélyeztetésre,
- jobbak a gazdasági mutatói mintha napkollektorral történne a melegvíz előállítás,
- mindenki sajátjának érezheti az ablaka alá telepített napelemek termelését, nincsenek költségmegosztási nehézségek, nincs hőmennyiségmérő.

A felújítás kiterjedt a lift és lépcsőház világításkorszerűsítésre is, így a teljes (fűtés+melegvíz+elektromos energia) éves energiafogyasztás csökkenés 86%-ot tesz ki. A lakások 100%-a használható maradt a felújítás ideje alatt is. A teljes felújítás körülbelül 1000 €/m<sup>2</sup> költséget tett ki.<sup>189</sup>

A teraszbeépítésnél helyenként összecukható-nyitható ablakok kerültek beszerelésre, melyek üvegezésének hőátadási tényezője:  $U_g=0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  (9.46 számú ábra)

<sup>188</sup> Forrás: <http://www.gap-solutions.at/en/references/references/>

<sup>189</sup> Forrás: [http://www.ibo.at/de/documents/IBOmagazin1\\_15\\_web.pdf](http://www.ibo.at/de/documents/IBOmagazin1_15_web.pdf)



---

<sup>190</sup> Forrás:

[http://www.giwog.at/fileadmin/kundendaten/downloads/ref\\_liebenauer/san\\_liebenauerHauptstrasse.pdf](http://www.giwog.at/fileadmin/kundendaten/downloads/ref_liebenauer/san_liebenauerHauptstrasse.pdf)

## 9.6 Hosszú üzemű beltéri világítás rendszerek

Energetikai korszerűsítéseknél mindig a legtöbbet üzemelő berendezések fejlesztése vagy cseréje kell, hogy először az előtérbe kerüljön, mert ezek térülnek meg a leggyorsabban és sokszor ezekkel lehet megtakarítani a legtöbb energiát is. Olyan épületekben ahol a világításnak sokat kell üzemelnie, ez a fejlesztés a világítórendszer korszerűsítését jelenti. Szándékosan írtunk korszerűsítést, mert olykor nem a csere hozza a legjobb megoldást, hanem valamilyen fejlesztés a meglévő rendszeren.

### 9.6.1 Fejlesztés

Ha egy helyiségnek nincs kimondott gazdája, ott előfordulhat, hogy sokszor feleslegesen marad égve a lámpa. Ezek lehetnek például közintézmények folyosói, lépcsőházak, WC-k vagy termek is. Ilyen helyeken először a fejlesztésen érdemes gondolkodni, ami alatt jelenlét érzékeléssel automatizált villanykapcsolást értünk. Ez összeköthető a fényforrások cseréjével is, de nem minden esetben indokolt, ezért először meg kell vizsgálni az üzemidőt.

Például, ha egy helyiségben régi típusú, izzólámpás világítás működik, de a helyiség keveset van világítva (napi fél óránál kevesebbet), akkor a fényforrás korszerűsítése lassan térül meg. Ha viszont ugyanebben a helyiségben sűrűn előfordul, hogy fölöslegesen égve marad a világítás, akkor viszont már érdemes módosítani a meglévő állapotot, mert a helyiség jelenlét érzékeléssel való felszerelése nagyon hamar, 1-2 éven belül megtérül.

Mozgásérzékelőkre látunk példát az alábbi ábrán. A bal oldali egy hagyományos mozgásérzékelő, a jobb oldali pedig egy mikrohullámú mozgásérzékelő.



A hagyományos mozgásérzékelők az emberi test által kibocsátott hő (infravörös sugárzás) alapján érzékelik a mozgást, ezért ezeket passzív infravörös (PIR) érzékelőknek nevezzük. Mivel hő érzékelésen alapulnak, így előfordulhat, hogy bizonyos helyeken tévesen kapcsolnak, mert hőáramlást berendezések és egyéb légáramlások is okozhatnak.

A mikrohullámú mozgásérzékelőket ilyen jellegű hatás nem zavarja meg, mert ez egy mikrohullám visszaverődésével érzékeli a mozgó tárgyakat, ami sokkal érzékenyebb mozgások érzékelésére is alkalmas. Előnye még, hogy ez az érzékelő jól elrejtethető, mert a

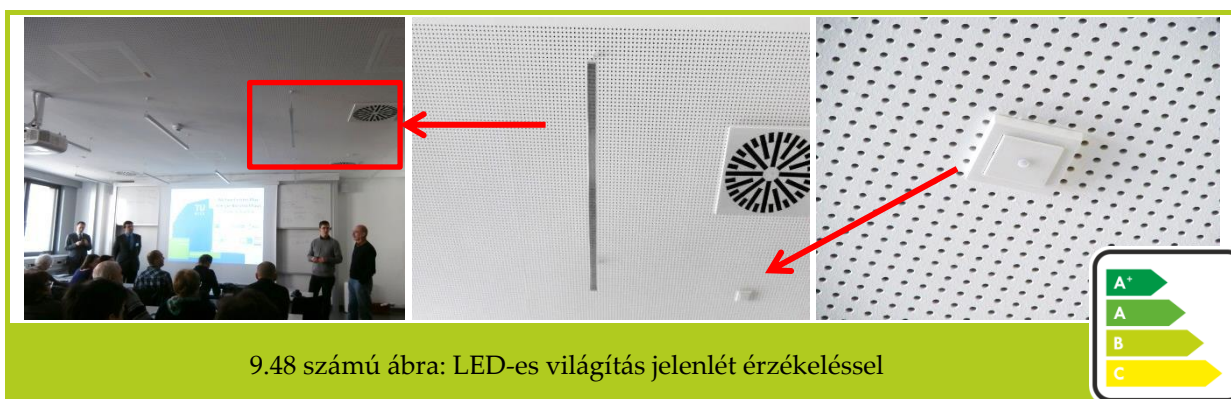


mikrohullámok üvegen és fán is átmennek, így álmennyezetbe vagy lámpaburába is szerelhető.

### 9.6.2 Csere

Ahogy növekszik egy lámpatest világítási üzemóráinak száma, úgy egyre inkább áttolódik a hangsúly a világítótest cseréjére. **Napi 3 órás használat mellett például hozzávetőleg 1 év alatt megtérül egy izzólámpa LED-re cserélése.** (A LED-ekről bővebben a közvilágításról szóló fejezetben írunk.) Ugyanilyen körülmények között egy fénycső LED-re cserélése hozzávetőleg 4 év alatt térül meg. Ha a fénycső többet, napi 8-10 órát üzemel akkor LED-re cserélése már 2 éven belül megtérül. Egy előbb említett gazdátlan helyiség esetén a jelenlét érzékelés kiépítése LED-ekhez is indokolt lehet, mert ez a fogyasztás további csökkentésén túl, a LED-ek élettartamát is növeli.

Az alábbi ábrán a Bécsi Műszaki Egyetem egyik tanterme látható, mely LED-es világítással és jelenlét érzékeléssel van felszerelve.



A világítórendszer korszerűsítését elsősorban olyan zalaegerszegi intézményekben javasoljuk, ahol egész nap használják a világítást. Ilyen lehet például a Deák Ferenc Megyei Könyvtár vagy az okmányiroda világítása, mert ezekben nem csak sok időt megy a világítás, hanem sok ember is megfordul. Számukra ez demonstráló példa is, ösztönözve a LED-es világítási technológiára való áttérésre.

### LED Filament

A LED fényforrásra való áttérésnek nem feltétlenül hozadéka a modernebb megjelenés és megváltozó fényszórási tulajdonság. Létezik olyan LED fényforrás is (LED Filament), amely a régi izzószálas fényforrásokhoz hasonlóan szórja a fényt és megjelenésében is hasonlít hozzájuk. Ez előnyös megoldás olyan helyeken, ahol a fogyasztáscsökkentés mellett fontos az is, hogy megőrzésre kerüljön a belső tér eredeti látványa, amit izzószálas fényforrásokkal szoktunk meg. Ilyen helyek lehetnek Zalaegerszegen például a műemlék típusú épületek belső terei, melyek hangulatát nem akarjuk megváltoztatni a modern megjelenésű LED-ekkel. Műemlék típusú lámpáknál, csillároknál, ahol nem megfelelő a modern formájú LED-ek irányított fénye és korábban gyertya vagy egyéb különlegesebb formájú izzót használtak, a LED Filament jó alternatívaként használható.





<sup>191</sup> Forrás: <http://www.apartmenttherapy.com/10-bright-ideas-for-led-lighting-190699>

<sup>192</sup> Forrás: <http://ukled-ltd.co.uk/news/new-filament-technology-range/>, <https://grabcad.com/questions/ptc-creo-newbie-how-can-i-model-a-simple-light-bulb>

<sup>193</sup> Forrás: <http://www.diytrade.com/china/pd/12309377/CE-Dimmable-Led-Filament-3-5W-A60-Frosted-Light-Bulb.html>

### 9.6.3 Természetes fényű világítás

A világításnak van egy elektromos energiától teljesen független megoldása is, a természetes fényvel történő megvilágítás (daylighting). A természetes fényű megvilágítást elsősorban olyan helyeken érdemes használni, ahol

- a világítást főleg nappal használják (nappal tartózkodnak ott emberek)
- olyan tevékenységet végeznek, ahol a természetes fény előny vagy akár követelmény

Ilyen helyek lehetnek például a művészeti iskolák, múzeumok vagy egészségügyi létesítmények, de a természetes fény mindenhol jobb a szemnek, így használata minél szélesebb körben ajánlott. Alkalmazásának korlátja, hogy éjszaka nem működik, illetve hogy fényerejének szabályozására csak lefelé van lehetőség a fény kitakarásával.

Technológiáját tekintve sok megoldás létezik a természetes fényű világításra, amelyekre a következőkben mutatunk példát. Fontos, hogy beltérben olyat használjunk, amelyik jó hőszigetelési tulajdonságokkal rendelkezik, ezáltal a használata se a téli se a nyári félévben ne okozzon fűtési vagy hűtési energiaigény növekedést.

#### Tetőre szerelt megoldások

- felülvilágító kupola

A felülvilágító természetes megvilágítási megoldás lapos vagy ferde tetőnél is használható, egy lapos tetős kialakításra látunk példát. A felülvilágítókat sokszor nyitható kivitelben gyártják, így szellőztetésre is használhatók. A nyitást-csukást automatizálva nyári éjszakákon átszellőztető passzív hűtés is megvalósítható velük.



Felülvilágító használatára számos lapos tetős épület alkalmas lehet, például a többi között a Landorhegyi Sportiskolai Általános Iskola vagy a Széchenyi István Tagiskola felső emelete is. Alsóbb emeletekre ez a megoldás nem alkalmazható, azokra mást mutatunk.

- fénycsatorna, fényvisszaverő belső felülettel és fényszóró végződéssel,

<sup>194</sup> Forrás: <http://www.dach-net.de/de/flachdach/lichtkuppel.html>  
<http://www.on-light.de/home/news/article/lichtkuppel-augen-fuer-die-kunst.html>

Hasonlít az előző felülvilágító kupolára, a különbség annyi, hogy a megvilágított helyiség nem közvetlen a tető alatt található, hanem a fényt egy fényvisszaverő belső felülettel ellátott csövön keresztül vezetik el a megvilágítandó helyiségig. A tetőnyílás és a célhelyiség közti távolság növekedésével a bejutó fény mennyisége csökken, ezért 5-10 méter távolságig ajánlják használatát.



9.53 számú ábra: Természetes fényű megvilágítás fénycsatornával<sup>195</sup>

Ilyen megoldás kaphatna helyet a Gasparich Márk utcai Idősek Otthonában a felső szinten lévő közösségi terek megvilágításához.

- fénycsatorna, áttetsző belső felülettel és fényszóró végződéssel.

A lenti képen látható fénycsatorna a budapesti 4-es metró Rákóczi téri megállójának nappali világítását szolgálja. A földalatti nagyméretű belső tér fényigénye miatt nagy felületű, hosszú fénycsatornát használtak, amibe napkövető tükrök irányítják a fényt, hogy egész nap a lehető legnagyobb fényerővel működhessen. Általánosan jellemző hogy a nagyobb fénycsatornáknál napkövetést és fényerősítést is végeznek a csatornába lépés előtt.



9.54 számú ábra: Fénycsatornás metrómegálló világítás, Rákóczi tér, Budapest

<sup>195</sup> Forrás: [http://gotsun.com/solar-light-tubes/slt\\_roof-2/](http://gotsun.com/solar-light-tubes/slt_roof-2/)  
<http://www.bobvila.com/articles/solar-tubes/#.VlChm3YvdhE>  
<http://www.salazarch.com/index.php#mi=2&pt=1&pi=10000&s=20&p=0&a=0&at=0>

Ezt a világítási megoldást jól lehet használni társasházak lépcsőházainak megvilágításához, így a Vizslaparki úti társasházak esetében is, ahol a lépcsőház jelenleg nagyon sötét, de a lépcsőház közepén lenne hely fényvezető cső elvezetésére.

### Tetőre és homlokzatra szerelhető megoldás

- optikai szál továbbítású fénygyűjtő lencse

Az eddigi megoldások három hátrányát is kiküszöböli ez a megoldás:

- nincs szükség nagy keresztmetszetű nagy helyigényű fénycsatorna elhelyezésére az épületben
- nem kell nagy keresztmetszetű áttörés a födémen, így ott is használható ahol a fénycsatorna statikai okok miatt nem jöhet szóba
- nagyobb távolságra is elvezethető a fény, mert vékony optikai szálon történik a fény továbbítása ahhoz hasonlóan, mint amilyen a kommunikációban is használt optikai kábel

Ez a rendszer is felszerelhető napkövetővel, az alábbi ábrán is ilyen rendszert láthatunk. Mivel a fényt szállító optikai szál vékony, így egy koncentrátor erősíti fel a fényt, mielőtt az az optikai szálba jut. A külső egységet tetőre vagy akár homlokzatra is lehet szerelni.



Ez a megoldás használható a legszélesebb körben, mert a fénygyűjtő lencsét a felhasználás helyétől nagyobb távolságra is lehet tenni. Például a korábban említett Landorhegyi Sportiskolai Általános Iskola vagy a Széchenyi István Tagiskola alsóbb szintjein is ahova felülvilágító nem tehető.

<sup>196</sup> Forrás: <http://gbdmagazine.com/2013/parans-skylight/>  
<http://www.wascoskylights.com/product-category/fiber-optic-daylighting/>  
<https://www.youtube.com/watch?v=BpvDFuKBnXE>



## Ablakos fénybevezetés javítása

Egy helyiség villamosenergia nélküli fényesebbé tételéhez nem feltétlen szükséges a korábbi, valamilyen vezeték vagy csövet magába foglaló megoldásokat használni, mert a meglévő ablakon beérkező fény jobb hasznosításával is érhetünk el nagyobb fényt a helyiségben.

### - plafonra tükröző fényvető reluxa

Az ablakon besütő nap közvetlen fényét általában nem szeretjük, mert zavaróan fényessé teszi a felületeket, és azt is csak az ablak közelében, a helyiségbe távolabb kevesebb fény jut. A napsugarak plafonra tükrözésével mindkét probléma megoldódik, mert a tükröző lemezek árnyékot okoznak az ablak közelében, ugyanakkor az egész helyiségbe szórt fényt vetnek. A lemezek zárt állásba fordításával a helyiség igény esetén teljesen be is sötétíthető.



A fényvető reluxák legjobb helye Zalaegerszegen irodák, iskolák és egészségügyi intézmények ablakán lenne, mert ezekben az épületekben napközben sokat tartózkodnak az emberek, és sűrűn fellép árnyékolási igény az ablakon betűző nap ellen. Példaként jegyezzük meg az andráshidai Öveges József Általános Iskola, az Ady Endre Általános Iskola, Gimnázium és Alapfokú Művészeti Iskola déli homlokzatán lévő ablakokat, a Megyei Rendőr-főkapitányság és az APEH Igazgatóság épületének keleti és nyugati irányba néző ablakait, mint telepítési helyeket.

### - aerogél szigetelésű ablak

Vannak olyan ablakok, melyek egyetlen feladata, hogy fényt juttassanak be és nem kell, vagy épp nem szabad, hogy átláthatóak legyenek. Ilyen lehet például a csarnokok vagy tornatermek ablaka, aminek nem kell átlátszónak lennie, hisz magasan van, vagy a mellékhelységek és egyéb bizalmas helyiségek ablaka, ahova nem szabad, hogy belássanak. Ilyenkor homályosított üveget (tejüveget) szoktak használni, ami fő feladata a homályosítás és

<sup>197</sup> Forrás: <http://cdn2.hubspot.net/hub/173237/images/linecard-lightlouver.jpg?t=1432228546298>  
<http://www.onesa.com/manufacturer/lightlouver>



nem a jó hőszigetelés, ezért főleg beltérben használják vagy szokásos többrétegű ablak egyik rétegeként kültér felé is.

A feladatot azonban jó hőszigetelésű úgynevezett aerogél szigetelésű ablakkal is elláthatjuk, mely anyag egyszerre homályosít, jobban szórja a fényt és jobban is hőszigetel. Az alábbi ábrán látható egy tornacsarnok megvilágítása átlátszó és aerogéles üveg esetén.



9.57 számú ábra: Fényeloszlás egy tornacsarnokban átlátszó és aerogéles üveg esetén<sup>198</sup>

Ilyen ablakok beépítését javasoljuk a zalaegerszegi iskolák tornatermeibe is, mert nagyban csökkenti a terem téli fűtési igényét, és a fényviszonyokat is sokkal kedvezőbbé teszi. A Zrínyi Miklós Gimnázium tornacsarnokának ablakainál jól ki lehetne használni ezt a technológiát, mert az ablakok déli irányba néznek és egész nap közvetlen besüt rajtuk a nap, ugyanakkor egyelőre csak a függönyök elhúzásával tudnak árnyékolni, ami viszont a megvilágítást is csökkenti. Hasonlóan jó megoldás lehet a Deák Ferenc Megyei Könyvtár ablakainál, ahol a közvetlen napsugárzás a könyveknek sem tesz jót, ezen túl a látogatóknak is zavaró.

- ablak elhelyezése a fal külső síkjában

Az ablakon történő fénybejutás maximalizálása érdekében az ablakot a külső falsíkhoz minél közelebb kell beépíteni, különben az ablakkáva beárnyékoló hatása csökkenti a bejutó fény mennyiségét. A jelenségre főként a hőszigetelt és a vastagabb falszerkezettel rendelkező épületeknél kell figyelni, mert egy utólagos hőszigetelés növeli az ablakkávát, ha az ablakot nem bontják ki és szerelik kijebb.

- Shed-tető

Csarnokoknál régóta használt tetőtípus az egy irányba elmozduló "fogas", shed-tető ami a napelemek terjedésével új értelmet nyer, ezért ajánljuk a minél szélesebb körben történő használatát. A shed-tető legjobb tájolása, ha a ferde rész déli irányba a függőleges északnak néz, mert így kétszeresen is hasznosítható:

- a délre tájolt ferde tető kedvez a napelemeknek, mert az energiatermelés szempontjából a legjobb irányba néz, és a megdöntés a lapos tetőnél kedvezőbb energiahozamot eredményez.

<sup>198</sup> Forrás: <http://www.advancedglazings.com/>

- az északi irányba néző függőleges rész ablakkal történő beépítése egyenletes és csillogásmentes megvilágítást eredményez, mert a nap fénye az év nagy részében csak visszaverődés után jut be rajta.



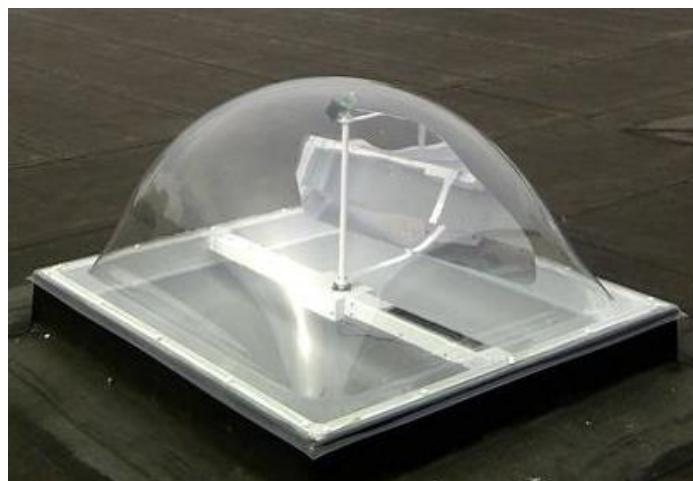
9.58 számú ábra: Shed-tető, mint a napelemnek dőlésszöget biztosító és egyben bevilágító megoldás<sup>199</sup>

### Kiegészítések:

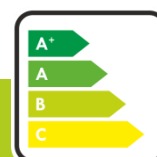
A felsorolás átláthatósága érdekében nem mentünk bele az egyes technológiák részletezésébe, de most megemlítünk 1-2 hasznos kiegészítést.

A felülvilágító kupola és a fénycsatorna tetejére is szerelhető napkövető rendszer, mellyel növekszik a bevilágító napi üzemóra száma és tovább csökken a villamos világításé, mert a felkelő és lenyugvó nap fényét is a nyílásba irányítja. A napkövető rendszer nem igényel külső energiaforrást, a szükséges energiát megtermeli magának.

<sup>199</sup> Forrás: <http://epiteszforum.hu/galeria/nke-sportkozpont-tarnoczky-tamas-attila-terve/131286>



9.59 számú ábra: Felülvilágítóra szerelt napkövető rendszer<sup>200</sup>



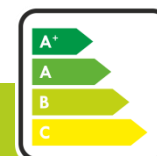
A nagyobb keresztmetszetet igénylő megoldások sarkalatos pontja a hőszigetelő képessége. A hőszigetelő képességet az úgynevezett hőátadási tényezővel írják le, amit "U" betűvel szoktak rövidíteni és úgy kell értelmezni, hogy a kisebb hőátadási tényező jelent jó hőszigetelést.

A felülvilágítós és fénycsatornás megoldásokra általában nagyobb, mint  $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  értékű hőátadási tényező adódik, ami magasnak számít, hisz nyílászárókra vonatkozó fejezetben a  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  értéket javasoltuk maximumnak a városi energia önellátás elérése érdekében. Ez a probléma elkerülhető megfelelő termékválasztással, mert  $0,5$ -ös értékű kivitel is létezik (Solatube® 160 DS Energy Care Optima: 9.60 ábra), de ez ritkábbnak számít. A Passzív Ház Intézet weboldalán is található egy adatbázis, ami segítségre lehet a választásban:

<http://www.passiv.de/komponentendatenbank/oberlicht>



9.60 számú ábra: A ma kapható legjobban leszigetelt fénycsatorna nyílás felvágott képe<sup>201</sup>



<sup>200</sup> Forrás: <http://www.econation.be/en/lightcatcher-cases/on-the-workfloor/>

<sup>201</sup> Forrás: <http://www.just-rooflights.com/solatube-energy-care-optima-250mm-350mm.html>  
[http://www.one-stop-shop.org/sites/default/files/FORM\\_26\\_tubular%20daylighting%20device.pdf](http://www.one-stop-shop.org/sites/default/files/FORM_26_tubular%20daylighting%20device.pdf)



## 9.7 Passzív és aktívház közintézmények bevált gyakorlatai

Nagy összegű beruházásoknál különösen nem szerencsés, ha kockázatokkal kell számolni, ezért a kockázatokat a beruházás előtt minél jobban csökkenteni kell. Az általunk javasolt (többek között a komoly hőszigeteléssel és energiatermelő felületekkel ellátott) épületek esetében nagy összegű beruházásokról beszélünk, ezért érthető, ha csak akkor vág bele valaki, ha a megtérülés garantált és az elméletben megtervezett megoldás tényleg működik. A technológiák iránt érzett kockázatok csökkentése érdekében felsorolunk néhány példát, ahol megfigyelhetők melyek az ismétlődő megoldások, amik mentén itthon is haladni érdemes, mert működnek. A példák bemutatása az épületek közös jellemzőit a könnyebb áttekinthetőség kedvéért összefoglaljuk.

### Aktív társasház

#### Németország, Frankfurt, Speicherstraße 20-26. (Aktiv Stadthaus)

Ez a társasház 7 szintes és 74 lakásos, melyet aktívnak építettek, tehát több energiát termel, mint fogyaszt. Annak ellenére sikerült ezt megvalósítani, hogy a nagyon keskeny, mindössze 9 m széles és 150 m hosszú telek (9.61 ábra) nem kedvez az épület felület-térfogat (A/V) arányának, de így is sikerült ezt az értéket 0,34-re leszorítani.

A földszinten közösségi autómegosztó rendszer, a homlokzaton és tetőn pedig napelemek kaptak helyet. Az autómegosztó rendszer elektromos autóit az épület napelemei is tölthetik. A tetőkialakítást már tervezéskor a maximális napenergia termeléshez igazították. Ügyeltek a belső tereknél a természetes fény bőséges bejutására.



9.61 számú ábra: A frankfurti aktív társasház geometriája és külső megjelenése<sup>202</sup>

<sup>202</sup> Forrás: <http://www.abg-fh.com/bauen/aktuelle-projekte/speicherstrasse.html>

Érintőképernyőt telepítettek minden lakásba, mellyel megtekinthető és szabályozható az aktuális állapot. Megtekinthető a napelemes termelés, a lakás fogyasztásai, illetve egy besorolás arról, hogy a házon belül melyik lakás mennyi energiát használ fel, egymáshoz képest ki fogyaszt a legkevesebbet, ezzel is mintegy ösztönözve és "versenyeztetve" a lakókat az energiatudatos életre.

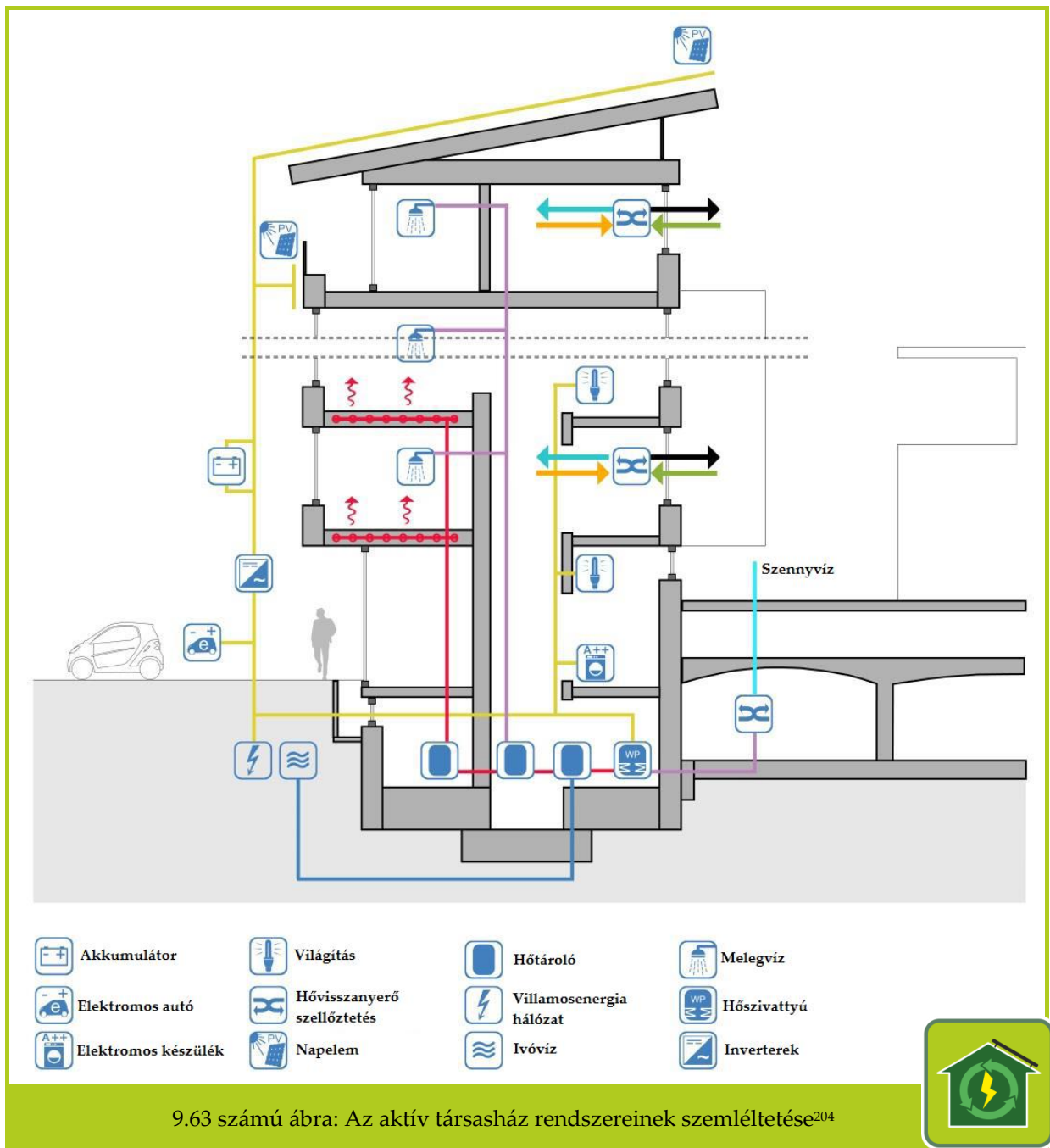


9.62 számú ábra: A lakásonként elhelyezett érintőképernyő különböző megjelenítései<sup>203</sup>

Az energiaszükséglet minimalizálása érdekében az épület az elfolyó víz és a kicserélt levegő szempontjából is használ hőhasznosítást, mert rendelkezik hővisszanyerő szellőzéssel és szennyvíz hőhasznosítással is. A szennyvíz hőhasznosítást egy központi hőszivattyú segítségével végzik, ami a melegvíz és a fűtési hő előállításáért is felel. A fűtési hő lakásokba juttatásához padlófűtést építettek, ami jól illeszkedik a hőszivattyúhoz. A leírt rendszerek áttekintését és megértését segíti a következő ábra.

<sup>203</sup> Forrás: [http://www.ee.architektur.tu-darmstadt.de/media/architektur/fachgruppe\\_c/ee/forschung\\_dissertationen\\_4/ordner/Kurzbericht\\_Aktiv-Stadthaus\\_engl.pdf](http://www.ee.architektur.tu-darmstadt.de/media/architektur/fachgruppe_c/ee/forschung_dissertationen_4/ordner/Kurzbericht_Aktiv-Stadthaus_engl.pdf)





<sup>204</sup> Forrás:

[http://www.forschungsinitiative.de/fileadmin/user\\_upload/Netzwerk\\_Effizienzhaus\\_Plus/Frankfurt\\_am\\_Main/Steckbrief\\_21\\_Aktivstadthaus\\_Frankfurt\\_2015.pdf](http://www.forschungsinitiative.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Frankfurt_am_Main/Steckbrief_21_Aktivstadthaus_Frankfurt_2015.pdf)

<http://www.detail.de/architektur/themen/die-zukunft-des-wohnens-aktiv-stadthaus-in-frankfurt-025264.html>

(2015.08.14)

## Aktív irodaház

### Ausztria, Bécs, Getreidemarkt 9. (Plus-Energie-Bürohochhaus)

A Bécsi Műszaki Egyetem "B" épülete eredetileg 1970-ben épült Bécs belvárosában. A belvárosi elhelyezkedésen nem akartak változtatni, ezért a felújítás mellett döntöttek, amivel 2014-ben készültek el (9.65 ábra). A felújításnál elsődleges szempont volt, hogy az irodaház belső terei flexibilisen változtathatóak legyenek és olyan modern épületautomatizálással és épületfelügyelettel rendelkezzen, amivel az oda járó sok egyetemistának is példát mutathatnak. Ez segíti az egyetemen tanulók és dolgozók szemléletmódjának formálását és jövőorientálttá tételét.



A felújítás során az épület energiafogyasztását a 8-ad részére csökkentették, mert a tervezés szakaszában rendkívül átgondoltan, a helyi adottságok maximális figyelembe vételével dolgoztak:

- energia-visszanyerő lifteket szereltek az épületbe
- a szerverteremben keletkező hőt hasznosítják és a szervertermet ennek megfelelően helyezték el
- a hűtési feladatra különleges kialakítású hőszivattyút és éjszakai passzív hűtést is megvalósítottak, így a megfelelő ablakok automatizált éjszakai kinyitásával energia befektetés nélkül érnek el hűtést a természetes áramlást kihasználva
- az épület belsejét és a használt eszközöket is teljesen felújították alacsony fogyasztású berendezések vásárlásával (számítógép, világítás, stb.), így csökkentve a felesleges hőfejlődést és energiafogyasztást. Ez azért is előnyös volt, mert bizonyos energiatakarékos berendezések még olcsóbbak is voltak mintha hagyományos, nagyobb fogyasztásúakat szereztek volna be.

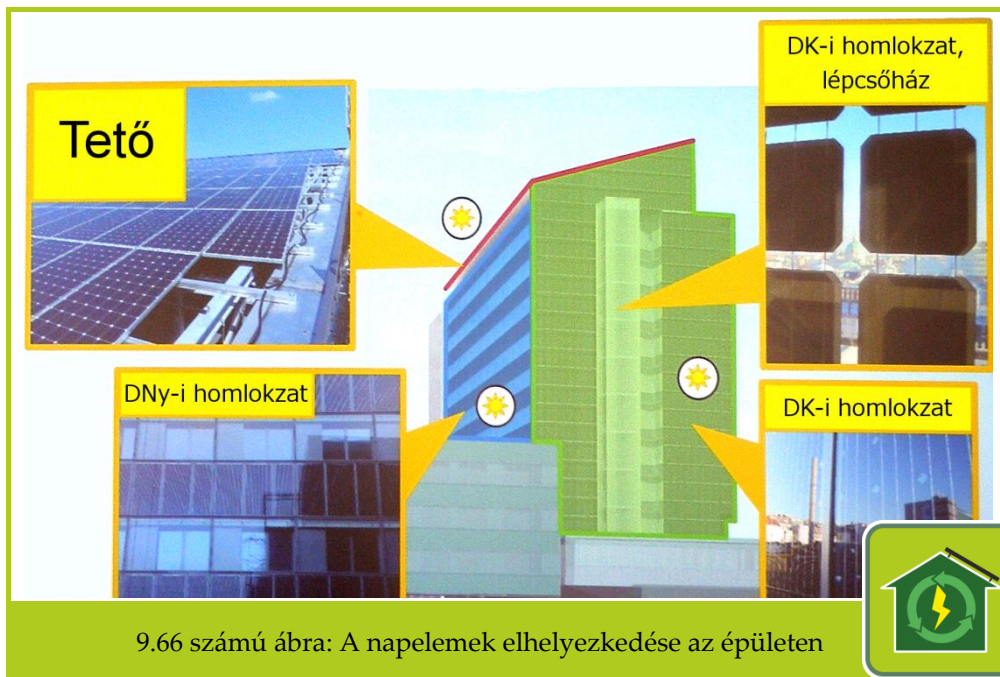
<sup>205</sup> Forrás: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/pdf/vortrag-tu.pdf>  
<https://www.flickr.com/photos/unibrennt/sets/72157622949124582/>

- külső árnyékolás
- időjárás előrejelzést is figyelemmel kísérő gépészeti szabályozás
- pára- és hővisszanyerő szellőzőrendszer
- jelenlét érzékelésen alapuló világítás és gépészeti szabályozás helyiségenként

Az energiafogyasztás kiváltása érdekében napelemeket helyeztek az összes déli irányba néző felületre:

- a tetőre (mely lapos tető volt, de beépítették és déli irányba megdöntötték)
- a délnyugati homlokzatra
- a délkeleti homlokzatra





A fenti megoldásokkal az épület napelemes villamosenergia termelése már összemérhető a fogyasztással is. A vizsgálatok azt mutatták, hogy amennyiben a felújított épületet tisztán irodaházként használják, akkor éves szinten 9%-al többet termel a fogyasztásánál, de más, például egyetemi használat mellett a fogyasztás már meg nőhet a különböző laborok energiaigényes folyamatai miatt.

Ez az épület a világon az első aktív irodaház és a különlegessége miatt heti rendszerességgel idegenvezetést is tartanak a helyszínen, hogy az érdeklődők megismerkedhessenek a létrehozásánál használt szemlélettel és műszaki megoldásaival.

Az épület felújításánál a következő szemlélet szerint jártak el, mely új épületek esetén is követendő:

1. Helyi energiaforrásokkal kell működtetni:

- nap és egyéb a környezetben fellelhető energiaforrásokkal
- merni kell új, rendhagyó megoldásokkal is számolni

2. Növelni kell a hatékonyságot:

- az elektromos energia igényt a lehető legkisebbre kell csökkenteni
- a fűtési és hűtési igényt szintén a lehető legkisebbre kell csökkenteni
- az épület használóit egy képzés keretén belül meg kell ismertetni az aktív épületek tulajdonságaival

3. Párhuzamos tervezést kell folytatni:

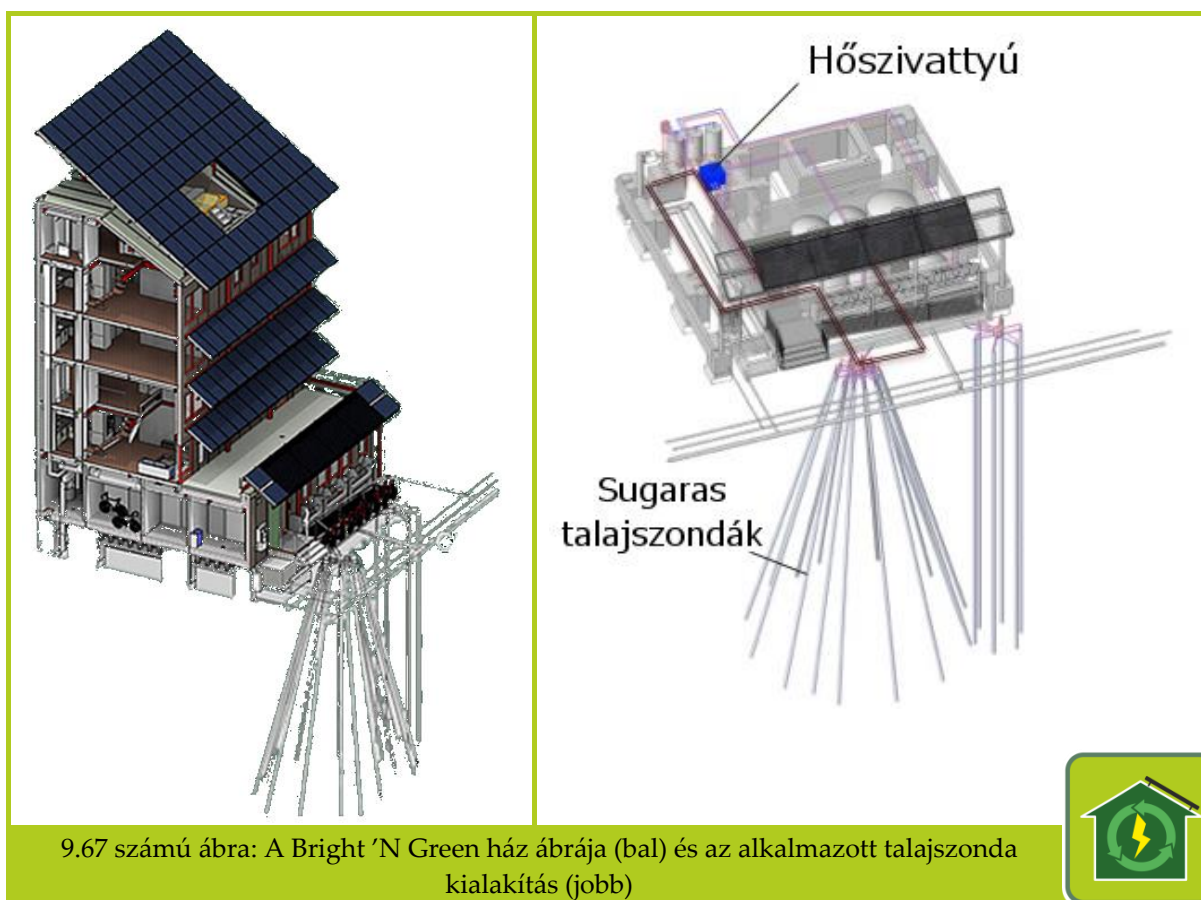
- rendszeres és mélyreható egyeztetést kell folytassanak egymással a tervezők, kivitelezők és a megbízók, a tervezéstől, az építéssel át az üzemeltetésig



## Nulla energiás társasház

USA, New York, Brooklyn, Brighton 1st Ln 67. (Bright 'N Green)

A következő ház jó példa a helytakarékos megoldásokra, mert a tervezésekor a legnagyobb kihívást a rendkívül kis hely jelentette. Déli irányba tájolt felületeit napelemekkel borították és talajhőt hasznosító rendszert építettek ki (víz-víz hőszivattyú, mivel ez hatékonyabb mint a külső levegőre tett típus). A kis telek miatt a talajszondákat az alábbi ábrán látható módon sugarasan fúrták, hogy növeljék a fölből kinyerhető hőmennyiséget és az épületet nagyon leszigetelték, hogy csökkentsék a fűtéshez szükséges energiát. Ez jó példa arra, hogy ha a hőszivattyú méretét korlátozzák a helyi adottságok, akkor egyrészt a talajszondás megoldás növeli a hatékonyságot, másrészt az épület jobb hőszigetelése csökkenti a szükséges gép méretét. A megépült házról készített képen (9.68 ábra) látszódik, hogy mennyire kicsi és szűk telekre történt az építkezés.



9.67 számú ábra: A Bright 'N Green ház ábrája (bal) és az alkalmazott talajszonda kialakítás (jobb)

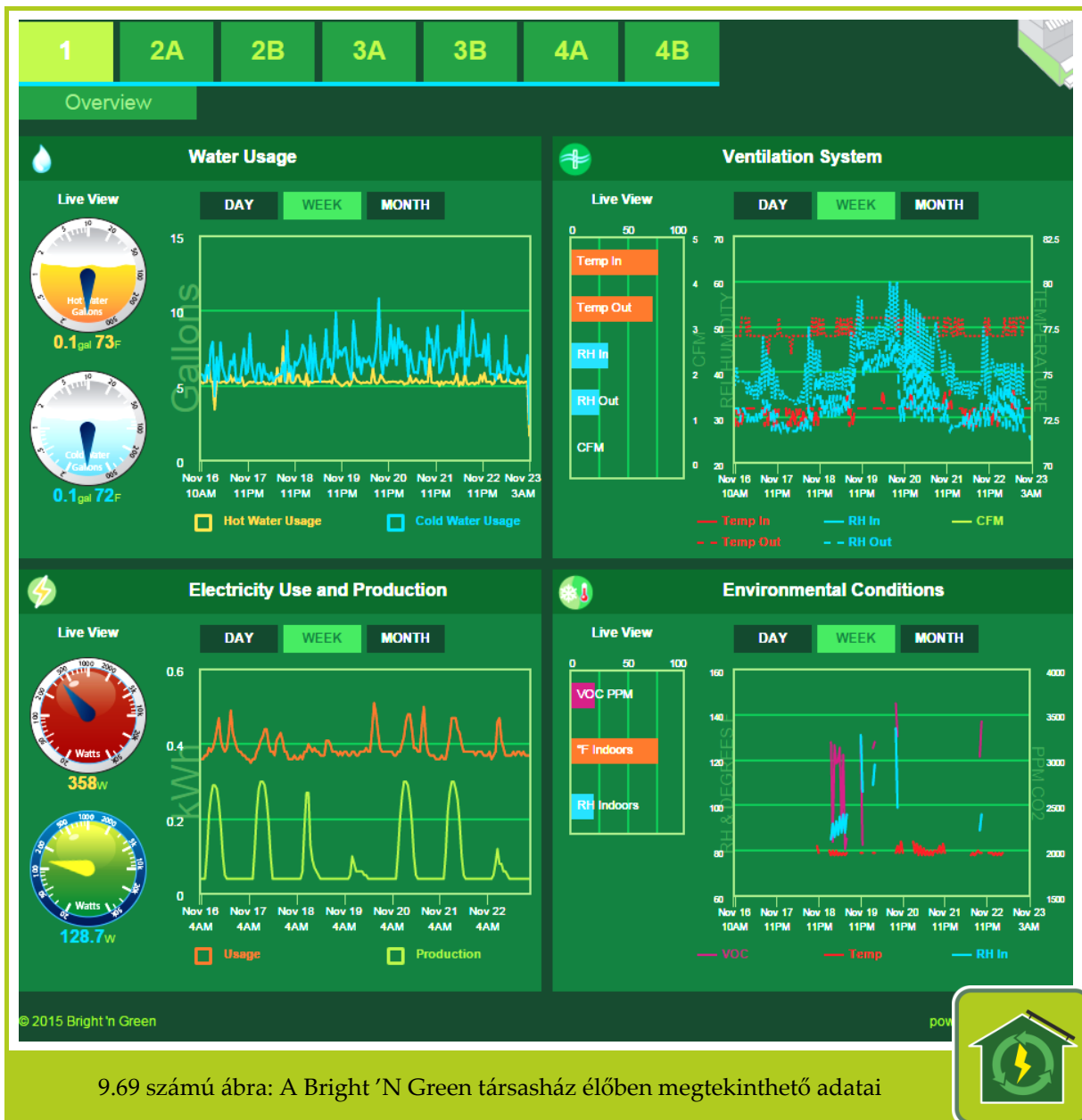




Az energiaigény továbbcsökkentése érdekében az épületet olyan hővisszanyerős szellőztetőgéppel látták el, amiben a hővisszanyerő egység forgódobos, ez a leghelytakarékosabb hővisszanyerő fajta. Társasház lévén lift is üzemel az épületben, mely a fülke fékezésekor visszatáplálja az energiát a hálózatba, ezzel is csökkentve a ház összes energiaigényét. Az épület ablakai 3 rétegű üvegezésűek, világításra LED-es lámpákat használnak. A ház nem csak az energiatudatos szempontról önálló, hanem vízhasználat szempontjából is, de ennek részletezésére most nem térünk ki.

A visszajelzés és az emberek folyamatos tájékoztatása nagyon fontos része az energiatermelő épületeknek, legyen az akár aktív akár nullaenergiás épület, mert ezzel az épület használóit energiatudatos viselkedésre ösztönözhetjük. Ahogy a frankfurti társasháznál is voltak érintőképernyők a ház működésének követésére, úgy itt is van olyan rendszer, amely ezt lehetővé teszi. Itt a lakók egy belépést követően weben tekinthetik meg az épület vagy a saját lakásuk aktuális állapotát, a termelést és fogyasztásokat. A rendszer különlegessége, hogy a webes felület egy része nyilvánosan is elérhető (9.69 ábra) ahol megtekinthetőek a közös használatú helyiségek adatai csak úgy, mint az épület napelemes rendszerének termelése. A webes felület a következő elérhetőségen próbálható ki:

<http://brightngreen.com/power>



9.69 számú ábra: A Bright 'N Green társasház élőlben megtekinthető adatai



## Passzív társasház

### Németország, Linz, Makartstrasse 34. (Haus der Zukunft)

Egy energetikai épületfelújítás elengedhetetlen és legelső eleme ma is a hőszigetelés, mert ezzel lehet a legtöbb pénzt és a legyorsabban megspórolni. A Smart City koncepcióban ennek kiemelt jelentősége van, különben a megújuló energiaforrásokkal nem lehet saját határokon belül ellőállítani a város energiaszükségletét. A hőszigetelés jó megoldásai az előző fejezetben került kifejtésre, de a következő épület is erre mutat egy jó példát. Ez egy 1960-ban épült társasház, mely felújítás előtti és utáni állapotát az 9.70-es ábrán láthatjuk.



Hőszigetelés szempontjából 2 fontos példát is láthatunk ezen a képen. Az egyik, amely szemetűnőbb is, hogy az erkélyek (a felújított épület képen a piros részek) beépítésre kerültek, hogy így kerüljék el azok "hűtőborda" jellegét (hőhidasságát). Ezzel ellentétben az első példaként hozott társasháznál nem voltak beépítve az erkélyek, ott viszont erre lehetőség volt, mert új építésű épületről beszéltünk, aminél megoldható, hogy az erkély ne okozzon többlet hőveszteséget.

A másik fontos hőszigetelési példa az alábbi képeken került megjelölésre. Ez a hőszigetelés vastagságának kérdése, mely a lenti képen az ereszcatorna kialakításánál vehető észre.



A fenti ábra bal oldalán (felújítás előtti állapot) látható, hogy a tető eredetileg túllógott a homlokzaton és az ereszcatorna a lefolyásnál vissza van vezetve a fal síkjához, hogy lehozzák a tetőről. A kép jobb oldalán, a felújított állapoton pedig látható hogy a tető túlnyúlása nagyon lecsökkent, az ereszcatorna lefolyás után szinte egyenesen folyik tovább lefelé. A különbséget a hőszigetelés okozza, ami kijebb tolta a homlokzat síkját. Ezzel a jelenséggel minden felújításnál kell számolni, de gondot csak olyan helyen jelent, ahol a járda szűk, közvetlen a fal mellett fut és nem szélesíthető.

A felújítás során ennél az épületnél több különleges megoldást is helyet kapott:

- aktív hőszigetelés: az utcáról látható szürke üvegszerű homlokzatburkolat átszellőztetett, ami úgy viselkedik mintha az épületen vastagabb hőszigetelés réteg lenne
- helyiségenkénti szellőztetés: az homlokzat szigetelése előtt minden helyiség számára lyukakat fúrtak a falra, amely lyukakat a kész házon majd helyiségenkénti hővisszanyerő szellőzésre használnak. A fal átfúrások (áttörések) a már kész leszigetelt házon utólag sokkal drágábban valósíthatóak meg, és a hővisszanyerő szellőzés amúgy is költségmegtakarító eszköz.
- daruzott szigetelés rendszer: a falra szerelt szigetelést egy csarnokban előre összeszerelik így a helyszínen azt már csak a falra kell daruzni és rögzíteni. Az előre összeállított modul körülbelül 8 méter széles, 1,8 méter magas és vastagsága az alkalmazott hőszigetelés szerint adódik például



9.72 számú ábra: A linzi társasházon is alkalmazott hőszigetelési rendszer gyártása és szerelése<sup>206</sup>

A felújítás a Nemzetközi Energia Ügynökség – "Szoláris fűtés és hűtés" fejlesztési program 37-es alrészeként valósult meg (IEA – SHC Task 37), melyben az épületek felújításának legjobb módját keresték: olyan megoldást, amivel nagy csökkenést érnek el az energia felhasználás, és nagy növekedést az életminőség javítása terén. Ennek a "kísérletnek" (pilot projektnek) a részeként került felújításra ez az épület és még sok másik is európa szerte. Ezt azért fontos elmondani, mert e miatt a linzi egy drágának mondható felújítás volt és pilot projektként kell nézni rá, nem mint konkrét javaslatként, mert ahogy a fejezet elején is említettük, a fejezet célja most a különböző alacsony energiaszükségletű és energiatermelő házak közös tulajdonságainak felderítése.

A felújítás a linzi házon:

- a fűtési hőigény és a hozzá tartozó költségek tekintetében 90%-os csökkenést hozott
- lakásterület négyzetméterenként 770 €-ba került, amivel az a beruházás egy jó lakásérték növelő intézkedés volt, mivel passzív lakásként sokkal többet ér, mint előtte egy 45 éves házként<sup>207</sup>

<sup>206</sup> Forrás: [http://www.gap-solutions.at/fileadmin/user\\_upload/Downloadarea/Technische\\_Unterlagen\\_Public/gap\\_skin/Broschuere\\_GAP.skin.pdf](http://www.gap-solutions.at/fileadmin/user_upload/Downloadarea/Technische_Unterlagen_Public/gap_skin/Broschuere_GAP.skin.pdf)

### 9.7.1 Összefoglalás

A felsorolt kevés energiát fogyasztó illetve energiatermelő épületek közös tulajdonságai, amiket javaslatunk szerint irányadónak kell tekinteni az alábbi A-B-C-D táblázatokban olvashatóak. Az itt felsoroltakhoz magyarázatot külön nem fűzünk, azokról külön fejezetekben szólnunk részletesebben.

#### Épületszerkezet:

felület térfogat (A/V) arány (épületnagyság függő)	0,32- 0,34
nyílászáró üvegezésének g/U <sub>g</sub> aránya a déli benapozott homlokzaton (lásd 9.4 fejezet)	~0,71-0,9 (célérték)
nyílászáró egyéb homlokzaton, 3 rétegű üvegezéssel, U <sub>w</sub>	0,72-0,8 W/m <sup>2</sup> K
oldalfal, hőátadási tényező	0,09-0,11 W/m <sup>2</sup> K
padló, hőátadási tényező	0,08-0,13 W/m <sup>2</sup> K
tető, hőátadási tényező	0,09 W/m <sup>2</sup> K

9.5 táblázat: az épületszerkezetre vonatkozó ajánlások

#### Gépészeti rendszer:

hőleadó	felületfűtés (padló, mennyezet, fal)
hőforrás	hőszivattyú, lehetőleg hőhasznosítással kombinálva vagy talajszondás
szellőzés	gépi, hővisszanyerő egységgel

9.6. táblázat: a gépészeti rendszerre vonatkozó ajánlások

#### Elektromos rendszer:

világítás	LED fényforrásokkal
világítás kapcsolása	jelenlét érzékeléssel
felvonó	visszatáplálásra képes
napelem	minden déli irányba néző felületen, a tető és a délies homlokzatok napelemre történő felkészítése

9.7. táblázat: az elektromos rendszerre vonatkozó ajánlások

#### Felhasználók tájékoztatása:

oktatás	beköltözés előtt
tájékozottan tartása	energiatermelési és fogyasztási adatok megjelenítésével

9.8 táblázat: a felhasználók tájékoztatására vonatkozó ajánlások

<sup>207</sup> Forrás:

[https://books.google.hu/books?id=GPvyaA\\_8PqkC&pg=PA85&lpg=PA85&dq=Weiters+wurde+jede+Wohnung+mit+einer+Komfortlüftung](https://books.google.hu/books?id=GPvyaA_8PqkC&pg=PA85&lpg=PA85&dq=Weiters+wurde+jede+Wohnung+mit+einer+Komfortlüftung)

[http://download.nachhaltigwirtschaften.at/hdz\\_pdf/endbericht\\_1150\\_plusfassaden.pdf](http://download.nachhaltigwirtschaften.at/hdz_pdf/endbericht_1150_plusfassaden.pdf)



### 9.7.2 Zalaegerszegi helyszínek

Mint láthattuk, megfelelő kialakítású és tájolású épületek esetén megvalósítható az épületszintű energia-önellátás, ami azt jelenti, hogy éves szinten a ház legalább annyi energiát termel, amennyit elfogyaszt. Legolcsóbban azok az épületek alakíthatóak át a passzív, nulla energiás, vagy aktív épületté melyeknek:

- jó a fekvése
- jó a felület-térfogat aránya
- lakói együttműködésre készek

A felület-térfogat arányra már az A. táblázatban is írtunk értéket és említettük, hogy ez az érték általában nagyobb épületeknél vesz fel alacsonyabb, tehát kedvezőbb értéket. Az érték adottság, tehát az épületek építéskor a geometriai kialakítással állandósul, viszont mint volt is rá példa valamelyest csökkenthető például az erkélyek utólagos beépítésével.

Az épület fekvésén olyan adottságot értünk, hogy az épületet sem örökzöld fa, sem a szomszédos épületek nem árnyékolják be lehetőleg egyik irányból sem, semelyik évszakban.

Ilyen szempontból Zalaegerszegen a következő társasházakat találtuk a legjobbnak, de a lista nem teljes, számos jó adottságú épület található még ezeken kívül:

- Belváros: Vizslaparki lakótelep
- Belváros: Vizslaparki út 1-5. számú homlokzatú társasház
- Belváros: Berzsényi Dániel utca 11-13-15-17. számú 10 emeletes társasházak
- Belváros: Berzsényi Dániel utca 28-30. számú 10 emeletes társasházak
- Landorhegy: Göcseji út 41-53. között található 10 emeletes társasházak
- Páterdomb: Baross Gábor utca 76-105. között fekvő "L" alakú társasházak
- Kertváros: Határjáró utca – Nemzetőr utca – Csutor Imre utca – Göcseji Pataki Ferenc utca által közrefogott társasházak
- Kertváros: Göcseji Pataki Ferenc utca – Borostyán sor által közrefogott társasházak

#### **A Vizslaparki úti társasházak, mint energia-önellátó házak**

A kedvező előjelekre alapozva elvégeztük a vizsgálatot a Platán sor és a Vizslaparki út kereszteződésénél kezdődő 6 db, 10 emeletes, házgyári elemekből épült lakás 100%-os energia önellátóvá alakításának lehetőségéről kicsit részletesebben is. A 6 db épületben körülbelül 1200 ember lakik nagyon kedvező épületkialakításban ahhoz, hogy az önellátás megvalósulhasson. Számításaink alapján még akkor is elérhető a 100%-os energia önellátás, amennyiben a távhőrendszer nem terjed ki a társasházakig. Az épület ehhez szükséges átalakításának látványtervét az alábbi ábra mutatja.



Amennyiben a ház fűtési és melegvíz hőigényét távhővel biztosítjuk, akkor elég a ház villamosenergia igényét megtermelni, amihez túlnyomó részben 270 Wp-es 60 cellás napelemek elhelyezését javasoljuk. A keleti és nyugati homlokzatokra azonban 205 Wp-es 48 cellás napelemeket javaslunk a jobb helykihasználás érdekében. Ilyen napelemek használatával az épület valamivel többet is termel, mint az éves villamosenergia fogyasztása, de a napelemek fejlődése miatt ezeknél kisebb teljesítményűeket nem javaslunk. A többlet energia felhasználható elektromos autók töltésére, melyek így hozzávetőleg 300.000 km ösztávot tudnának évente megtenni a termelt többlet energiából.

Amennyiben az épület nem akar, vagy nem tud a távhőre csatlakozni és hőenergia szempontjából is önellátóan kíván működni, akkor az előbb említett többlet energia pont fedezi az épület hőigényét, tehát teljes energia önellátás is megvalósulhat. Ilyen esetben a napelemekkel termelt villamosenergiát hőszivattyú használatával alakítanánk hővé a fűtés és a melegvíz biztosításához.

Ez a beruházás európai színvonalú lenne, mert házigyári elemekből épült társasház Európa és a volt szocialista országok számos városára jellemző, azonban ilyen épületből kialakított energia-önellátó ház még nem került átépítésre.



Bécsi Műszaki Egyetem  
energia-önellátó irodaépülete, 2015



Vizslaparki társasház  
energia-önellátó koncepcióterve, 201?

9.74 számú ábra: Az energia önellátó épület nem csak elmélet



A beruházás egy komplex, aktívház szintű felújítást jelent, mely sok szakág mélyebb bevonását igényli (épületszerkezet, gépészet, stb). Ezek költsége nem alacsony, de Zalaegerszegen kedvező adottság, hogy a Vizslaparki úton 6 db, a Göcseji úton pedig további 4 db hasonló épület áll rendelkezésre, így a tervezés költségei fajlagosan lecsökkennek, tekintve, hogy a terv komolyabb módosítás nélkül 10× is felhasználásra kerülhet. Ennek nagy előnye, hogy:

- a tervezés költsége már nem térne el más, sokkal egyszerűbb felújítások tervezési költségétől
- az épület néhány részén a napelemek optimális rögzítéséhez egyedi tartószerkezetek tervezése és gyártása lenne kívánatos, melyek költsége a sorozatgyárthatóság hatására egy normál napelem tartórendszer árához hasonló árszintre csökkenhet
- összességében tehát egy európai színvonalú beruházás érhető el, különösen kedvezményes költségekkel

A koncepciónk hatására a következő plusz helyiségekkel és funkciókkal is gazdagodna az épület:

1. A lapos tető egy részének beépítésével:

- plusz tároló helyiségekkel (padlással) bővül az épület
- elég hely áll rendelkezésre a kiegészítő gépészeti rendszerek elhelyezéséhez: légtechnika, hőszivattyú (levegő-víz), egyéb
- a lapos tető helyett ferde tetőre helyezett napelemek nagyobb teljesítmény leadására lesznek képesek
- a ferde tetőn a napelemek hőtermelésre (PVT) is használhatóak lesznek, mely hővel a hőszivattyú hatásfoka (SPF) növelhető

2. Az épület déli homlokzatának tövében kialakítandó, ívelt tetejű kerékpártároló létrehozásával (a 9.73 szabú ábra alja):

- a lakók a kerékpárjukat az épületen kívül gyorsan, kényelmesen és biztonságosan tárolhatják
- a döntött tetőn elhelyezett napelemek nagyobb teljesítmény leadására lesznek képesek
- az épület megjelenése javul
- a napelemek és a kerékpártároló együttes megjelenése nemcsak a megújuló energiaforrásokra, hanem az önfenntartó város másik alappillérére az energiafogyasztás csökkentésére is felhívja a figyelmet, a hisz a kerékpáros közlekedés energiaigénye töredéke minden más közlekedési alternatívának.

3. A megszokottól eltérő (aktív házzá történő) felújítási szellem híven tükrözné a város megszokottól eltérő komoly elhivatottságát, és ezzel a megszokottól eltérő korosztályt, fiatal lakókat is vonzana az ország minden tájáról a társasházba és a városba.

4. Az épületen alkalmazott megoldások várhatóan sok 100 km-es körzetből vonzanának látogatókat, ezzel pedig a városban folyó megújuló fejlesztések egyik emblemikus elemévé is válhatna.

Praktikus tanácsok:

A napelemes kivitelezésre a következő javaslatokat tesszük:

- Egyszeri kivitelezés esetén a napelemeket a hőszigetelés szerelésével egy időben javasoljuk felszerelni, amikor az állványzat már amúgy is áll.

VAGY

- Időben eltoltt kivitelezés esetén a hőszigetelés szereléskor a K-i és Ny-i oldalon gondoljanak a napelem tartók előre szerelésére oly módon, hogy utána a napelemeket lehessen már az ablakból szerelni (egyedi tartó).

A napelemek telepítésének időben történő eltolása a beruházás finanszírozásának könnyítése szempontjából lehet megfontolandó. Ez esetben a napelemek telepítésének sorrendjére következő javaslatot tesszük:

1. napelemek elhelyezése a D-i homlokzaton
2. napelemek elhelyezése a tetőn (tető beépítéssel!)
3. napelemek elhelyezése a Ny-i homlokzaton
4. napelemek elhelyezése a K-i homlokzaton



Műszaki szempontból a napelemek akkor működhetnek a legkedvezőbbben, ha az azonos irányba tájolt paneleket együtt csatlakoztatjuk a hálózatra pár központosított inverter segítségével. A hálózatra csatlakozás és a lakók közti elszámolás egyszerűsítése azonban lehet, hogy mást kíván majd meg. Ebben az esetben lehetőség van a napelemeket a vezetékvezetés máshogy történő tervezésével a lakásokra szétosztva is a hálózatra kapcsolni, de így valamelyest sérül a rendszer hatékonysága, és növekszik az ára a beépítendő többlet berendezések és anyagok miatt. Viszont az is igaz, hogy a lakásonkénti saját elszámolás tudata takarékosagra ösztönzi a lakókat, ami kedvezőbbé teszi az üzemeltetést, és valamennyire kompenzálja a kezdeti többlet kiadást. Olyan megoldás is létezik, amely ötvözi a két megoldás előnyeit: ha minden lakásba kijelzőt helyezünk el, amiről leolvasható a lakás fogyasztása és a teljes épület napelemes rendszerének termelése a lakásokra leosztva.

Bár a korábbiakban a hőtermelés kapcsán említésre került a levegő-vizes hőszivattyú, mely a kialakítandó padláson kaphatna helyet, de a tervezésénél érdemes megvizsgálni egy közterületen fúrt kutas hőszivattyú lehetőségét is (víz-víz hőszivattyú). A Vizslaparki lakótelepnél a felszín alatt 4-5 méter mélyen már található talajvíz (9.75 ábra). Ilyen mélységben a talajvizet akár vízjogi engedély igénylése nélkül is ki lehet használni, de erről bővebben a hőszivattyúkat és talajszondákat taglaló fejezetben ejtünk szót.



<sup>208</sup> Forrás: [http://map.mfgi.hu/tvz\\_1248/](http://map.mfgi.hu/tvz_1248/)



## 9.8 Hűtés

A hűtési folyamatok vagy hely- vagy energiaigényesek, ezért hűtés használatát csak azt követően javasoljuk, ha először megtörtént minden olyan intézkedés, amivel csökkenteni lehet a hűtendő helyiség nyári hőnyereségét (elsősorban árnyékolások kiépítésével). Fontos, hogy lehetőleg csak a nyári hőnyereséget csökkentsük a télit ne, mert a télen besütő nap melegíti a helyiséget, ami csökkenti a fűtési igényt.

### Megelőzés:

A főbb hőnyereséget csökkentő intézkedések a következők:

- Körültekintő építészeti kialakítással (még a tervezés fázisában) az épületbe jutó napsütés a téli hónapokra koncentrálódik. Ilyen megoldás az, ha a déli irányba tájolt falnál a tető annyira túlnyúlik, hogy nyáron a magas napállásnál árnyékol, télen az alacsony napállásnál beengedi a napsütést és fűt. Bizonyos esetekben a tető tovább nyújtása is elképzelhető meglévő épületek esetén (szoláris építészet).
- Ha építészeti átalakításra nincs lehetőség, vagy annak bizonyos ablakokra nincs hatása (például mert az épület több emeletes), akkor külön árnyékolást kell kialakítani. Ez szerelhető a falra az ablakok fölé, vagy közvetlen az ablak síkjával párhuzamosan, de az ablak külső felére szintén (például külső reluxa, vagy fényvető reluxa). Használható a célra napelem is, mely így többszörös hasznúvá válik, mert az az árnyékolás mellett energiát is termel.



9.76 számú ábra: Árnyékolás napelemek segítségével<sup>209</sup>



<sup>209</sup> Forrás: [http://www.dts-ups.com/Files/downloads/doc\\_130023.pdf](http://www.dts-ups.com/Files/downloads/doc_130023.pdf)

- A helyiségek túlmelegedését nem csak a kívülről besütő nap okozhatja, hanem a helyiségen belül fejlődő hő is. Ilyet okozhat, ha az ott üzemeltetett elektromos berendezések fogyasztása nagy, hiszen az ezek által elfogyasztott villamos energia végül mindenképpen hővé alakul és a helyiségben marad. Ez is indokolja, hogy az elektromos eszközök (világítótestek, fénymásolók, számítógépek, stb.) beszerzésénél az alacsony fogyasztású részesüljön előnyben (zöld közbeszerzés), illetve hogy az elkerülhetetlenül nagyobb fogyasztók a hűtött helyiségen kívüli kerüljenek elhelyezésre.

Amennyiben:

- az építészeti kialakítás nem módosítható
- a megfelelő árnyékolás nem megoldható
- és a belső hőterhelés nem csökkenthető,

annyira, hogy a belső tér ne melegedjen túl, csak akkor szabad hűtési technológia alkalmazására gondolni.

Hűtési technológiából több fajta is létezik, ezért a legalacsonyabb költség érdekében érdemes mindig megvizsgálni a helyi adottságokat, mert a legegyszerűbb megoldás nem mindig a legjobb.

### **Éjszakai átszellőztetés**

Ez a megoldás egy villamos energiát nem igénylő (passzív) megoldás, ami olyan épületeknél jó, ahol éjszaka nem tartózkodnak, és az épület többszintes. Ez a legtöbb irodaházra és közintézményre teljesül, ezért felújításukat e rendszer kialakításával javasoljuk, új építésnél pedig megoldás tervezési fázisba való beillesztését tartjuk szükségszerűnek.

A megoldás úgy működik, hogy az éjszakai hűvös levegőt egész este folyamatosan áramoltatjuk az épületben a huzathatás (kéményhatás) kihasználásával, ami így több óráig folyamatosan hűti azt. Kellő ideig hűtve az épületet, az épület szerkezet annyira le tud hűlni, hogy napközben semmilyen más hűtési megoldásra nincs szükség. A huzathatást legegyszerűbben a megfelelő ablakok automatikus nyitásával érhetjük el, így nincs szükség ventilátorokra és semmilyen légcsatorna kiépítésére, hiszen a légcsatorna szerepét (az ábrán "szellőztető akna") maga az épület is elláthatja. Amennyiben az embereket nem zavarja az éjszakai légmozgás, a rendszer lakóépületeknél is alkalmazható. A külső és belső hőmérsékletektől függő automatizálás növeli a rendszer hatásosságát és biztonságos működést biztosít, mert alkalmazkodik az esős vagy szeles időjáráshoz.



Ezt a megoldást használják a Bécsi Műszaki Egyetem aktív irodaházzá felújított épületénél is (az irodaházról bővebben az *Energihatékonyság* fejezet *Passzív és aktív ház közintézmények bevált gyakorlatai* részénél írunk).

### Éjszakai sugárzó és párologtató hűtés

Ez a megoldás szintén passzív folyamaton alapul és szintén éjszaka működik, de működéséhez villamos energia is szükséges. A folyamat lényege, hogy egy nagy, égboltra néző felületre (például tetőre) vizet locsolunk, mert a víz a felületen a párologás és az égbolt sugárzás jelensége miatt lehűl, még hozzá hűvösebbre, mint a környezeti levegő. A lehűtött vizet egy puffertartályban tároljuk, így nappal a lehűtött vízfelületi hőleadókon keresztül (például mennyezet vagy padlócsövezés) hasznosítható az épület hűtésére. A napközben felmelegített víz visszajut a puffertartályba, ahonnan este a folyamat újraindul. A következő képen a rendszert működés közben láthatjuk, reggeli órákban.



9.78 számú ábra: Éjszakai sugárzó és párologtató hűtőrendszer az Odoo ház tetején<sup>210</sup>

A rendszer villamosenergia igénye sokkal kevesebb annál, mintha hagyományos rendszerrel - például légkondival (hőszivattyúval, vagy léghűtővel) - hűtenénk, hiszen a hűtést a passzív folyamat végzi, villamos energia csak a lehűtött víz mozgatásához szükséges. A megoldás hátránya, hogy a hideget tároló puffertartály viszonylag nagy helyet igényel, illetve hogy hasonlóan az éjszakai átszellőztetéshez, működésének hatékonyságát a pillanatnyi éjszakai időjárás befolyásolja.

### **Nem hagyományos hőszivattyús hűtés**

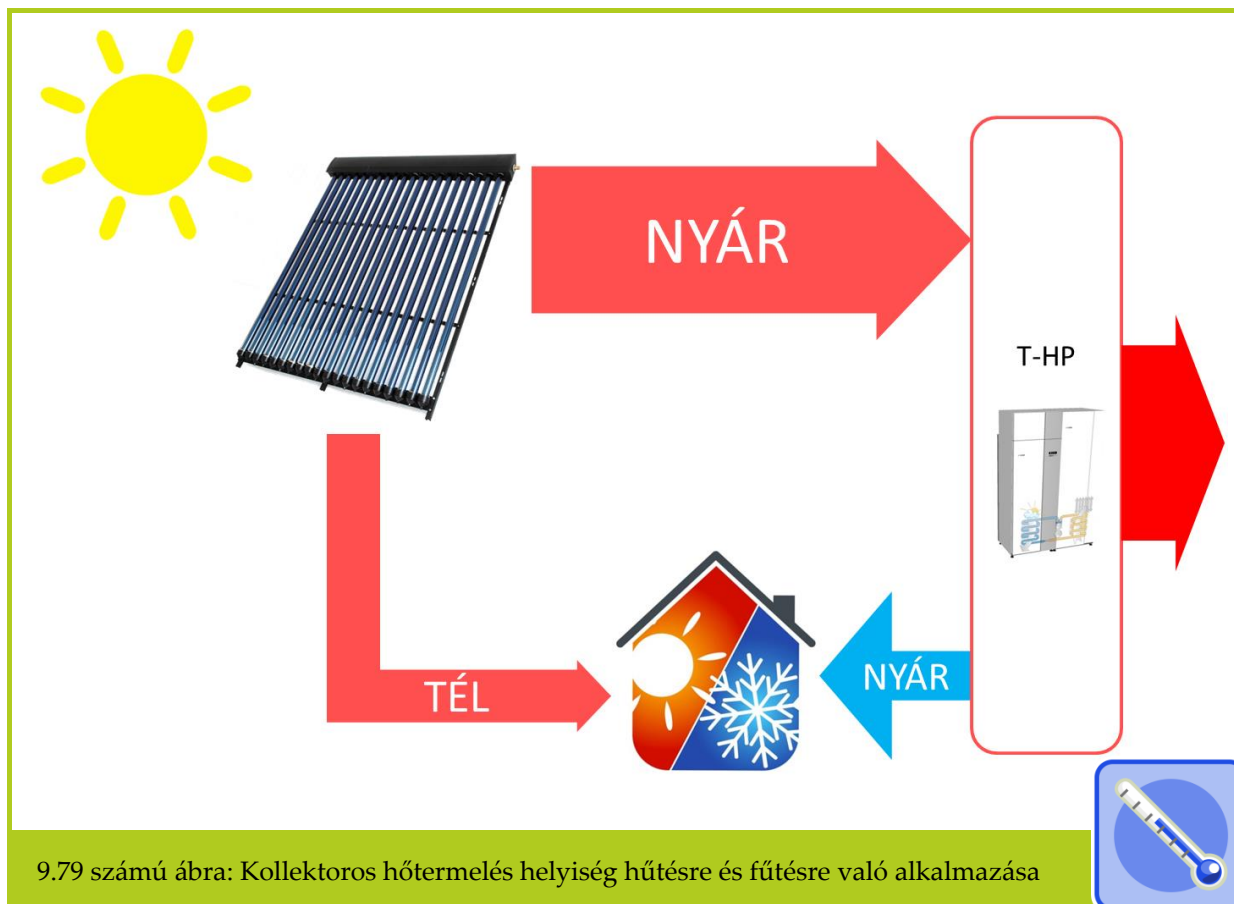
Hűtés megvalósítására legáltalánosabban léghűtőt (légkondit) használunk, melyek legtöbbje villamos energia felhasználásával éri el a hűtő hatást. Van azonban olyan megoldású léghűtő is, amely nem villamos energia, hanem hőenergia felhasználásával éri el a hűtő hatást, lényegében "meleg segítségével termel hideget". Ezeknek két nagyon hasonló nevű fajtája létezik, az

- aDszorpció, és az
- aBszorpció

módszer. Az elnevezésekben csak a második, szándékosan nagybetűvel szedett betű különbözik. A megoldások előnye, hogy általában a legnagyobb napsütésben jelentkeznek a legnagyobb hűtési igény is, így ezek a hővel működő berendezések éppen akkor tudnak legjobban hűteni, amikor valószínűleg a legjobban kell is. A rendszer költségének nagyobb része a beruházáskor jelentkezik, az üzemeltetési költségei alacsonyak.

<sup>210</sup> Forrás: [www.odoproject.hu](http://www.odoproject.hu)

A két módszer részletes ismertetésétől az összetettségük miatt a tanulmányban eltekintünk. Annyit azonban fontosnak tartunk elmondani, hogy a kettő közül mi az adszorpciós módszert tartjuk jobbnak, abból a szempontból, hogy már 75°C-os közeghőmérséklet (pl.: napkollektorral előállított hő) is elég a beindításához. Napkollektorral történő hőtermelés esetén, nyáron a hűtőrendszert tápláló kollektorok, télen a fűtésre is rásegíthetnek, ami kedvezőbbé teszi a rendszert. A rendszer elvi kapcsolását az alábbi ábra mutatja.



9.79 számú ábra: Kollektoros hőtermelés helyiség hűtésre és fűtésre való alkalmazása

Egy ilyen rendszer pilot projektje készült el 2014-ben Ljubljanában a Jozef Stefan Kutatóintézet központi épületében is. A ljubljanoi projekt 93 m<sup>2</sup> kollektor felületű, 200 m<sup>2</sup> lapos tető felületű rendszere 44 kW névleges hőteljesítményű.<sup>211</sup>

Ezzel a hőteljesítménnyel egy SorTech eCoo 20 IPS adszorpciós hőszivattyú használatával 20 kW hűtési teljesítmény előállítására képesek és a hűtött oldalon a víz akár 6°C-ra is hűthető. Beruházási költsége magas volt, € 140.000 (5.800 €/kW<sub>hűtési</sub>) de ez egy tesztrendszer 40 mérési ponttal! Az ára egyébként 800-1100 €/kW<sub>hűtési</sub> körüli. Tervezés megkezdésétől az üzembehelyezésig 10 hónap telt el, amiből az építés 4 hónapig tartott. Hazánkban a Hajdú cégcsoportnál működik napkollektoros szoláris hűtés (~10 kW) szintén adszorpciós géppel.

<sup>211</sup> Forrás: <http://www.emilieproject.eu/eng/pilot-actions/infrasun.aspx>

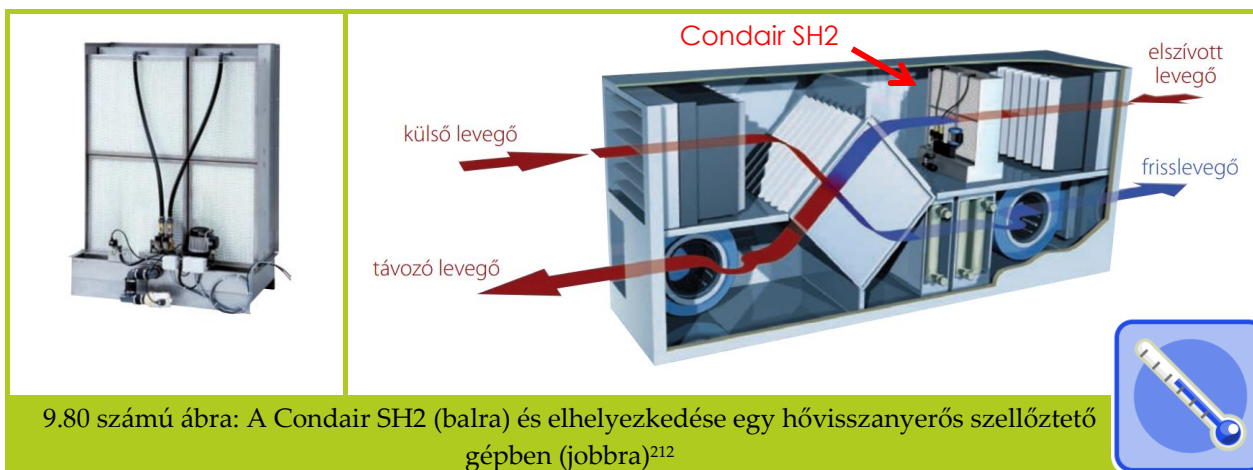


Gázmotor hulladék hőjét hasznosító adszorpciós ipari léptékű berendezést építettek a szentendrei Vizes Nyolcas Uszodába is.

Szlovénia földrajzi közelségből adódóan hasonló körülményekkel találkozhatunk Zalaegerszegen is, ez mutatja a technológia itteni alkalmazásának lehetőségeit is. Ez a pilot projekt főleg kis és közepes vállalkozások számára szükséges méretben vizsgálja a hűtési módszert. Ugyanakkor mivel a technológia drága megoldásnak számít, így inkább **csak akkor ajánljuk, ha a napkollektorok elhelyezésére valami más szempontból amúgy is szükség van**. Ilyenkor, ha a tervezésnél a téli félév igényeihez kerül méretezésre a napkollektoros rendszer, akkor az a nyári félévben túlméretezetté válik és a nyári fölösleg hő különösen jól hasznosítható ezzel a hűtési móddal.

### Párologtatós hűtés

A hűtés egy másik, hőszivattyútól eltérő módja lehet a párologtatásos elven működő hűtés. Ezt adiabatikus, illetve angolul evaporative hűtésnek is nevezzük. Ehhez a hűtéshez mindössze vízre van szükség, villamos energia csak a vezérléséhez szükséges. A vizet egy speciálisan kialakított nagy felületű anyagra juttatják, ahol párolgás hatására a levegő lehűl. Ezt a hideget pedig akár közvetlenül, vagy hőcserélőn keresztül bevezethetjük a hűtendő helyiségekbe. Közvetlen bevezetés esetén a természetesen számolni kell a páratartalom növekedésével, hőcserélős alkalmazás esetén pedig a hűtőhatás némi csökkenésével. A hőcserélős megoldásra példa lehet a Condair SH2-es gépe, a közvetlen légbevezetésre pedig a Breezair cég különböző gépei.



A párologtatásos hűtés előnye a kis beruházási költség, hátránya hogy a páratartalom növelés miatt a komfort követelményeknek való megfelelés nehezebb lehet. Alkalmazása mezőgazdasági és tág komfort követelményű épületeknél egyszerűbb, de lakó- vagy irodaépületeknél is szóba jöhet. Magyarországon ilyen hűtés jelenleg baromfi telepeken fordul elő.

<sup>212</sup> Forrás: <http://www.condair.hu/m/0/brochure-sh2-h-em-130313.pdf>

## 9.9 Közintézmények energetikai felújítása

A rendelkezésre álló információink alapján a cselekvési tervben bemutatott technológiákat a következő épületekhez javasoljuk felhasználni épületszigetelési szempontokat szem előtt tartva. A felsorolásokban nem említett épületek, a mai gyakorlatban használt technológiákkal is elfogadhatóan korszerűsíthetőek, de a városi energiaönellátás céljának megfelelően a mai gyakorlatnál vastagabb (minimum 20 cm) szigetelés alkalmazásával.

### Lábazati vízszigetelés fölülvizsgálata a későbbi hőszigetelés szempontjából

A következő épületeknél javasoljuk ellenőrizni a lábazati vízszigetelés meglétét, mert ez alapfeltétele a szigetelhetőségnek, hiszen e nélkül az épület szigetelése még károkat is okozhat.

- Napsugár Bölcsőde
- Úrhajós Bölcsőde
- Zalaegerszegi Belvárosi I. számú Óvoda Mikes K. utcai Tagóvodája
- Zalaegerszegi Belvárosi I. számú Óvoda Ságodi Telephelye
- Zalaegerszegi Belvárosi II. számú Óvoda Radnóti utcai Székhelye
- Zalaegerszegi Belvárosi II. számú Óvoda Kosztolányi D. téri Tagóvodája
- Zalaegerszegi Belvárosi II. számú Óvoda Szent László utcai Tagóvodája
- Zalaegerszegi Kertvárosi Óvoda Napsugár utcai Tagóvodája
- Zalaegerszegi Kertvárosi Óvoda Andrásheidai Tagóvodája
- Zalaegerszegi Landorhegyi Óvoda Kodály Zoltán utcai Tagóvodája
- Zalaegerszegi Landorhegyi Óvoda Landorhegyi utcai Tagóvodája
- Zalaegerszegi Landorhegyi Óvoda Bazitai Telephelye
- Hevesi Sándor Színház
- Zalaegerszegi Városrészek Művelődési Központja és Könyvtára
- Zala Megyei Pedagógiai Szakszolgálat
- Zalaegerszegi Családsegítő Szolgálat és Gyermejkölési Központ
- Szociális Klub (Pszichiátriai és Szenvedélybeteg Nappali Intézménye)  
Rózsa-Vajda Krisztina
- Kaffka Margit Tagkollégium

### Téglaburkolatú épületek hőszigetelése

A téglaburkolatú épületek jellegét megtartva a hőszigetelési fejezetben bemutatott modulós homlokzatburkolat rendszer kiépítését javasoljuk.

- Cseperedő Bölcsőde
- Zalaegerszegi Belvárosi II. számú Óvoda Petőfi utcai Tagóvodája
- Petőfi Sándor és Dózsa György Magyar-Angol Két Tanítási Nyelvű Általános Iskola (új szárnya)
- Pálóczi Horváth Ádám Alapfokú Művészeti Iskola
- Zalaegerszegi Szakképzési Centrum
- Csány László Közgazdasági Szakközépiskola

### **Daruzható (nagypaneles) hőszigetelés**

Olyan épületeknél javasoljuk elsősorban ahol a homlokzat tagoltsága megnehezíti a hagyományos vakolt hőszigetelő rendszerek kialakítását, vagy az épület megjelenése ezzel a megoldással válhat jobban a városképbe illeszkedővé. Ilyen például a sportcsarnok bordás homlokzata is.

- Deák Ferenc Megyei és Városi Könyvtár
- József Attila Tagkönyvtár
- Hevesi Sándor Színház (bejárat felőli üveges előcsarnok)
- Városi Sportlétesítmény Gondnokság Intézménye
- Egerszegi Sport és Turizmus Kft. - Sportcsarnok

### **Különös figyelmet igénylő épületek**

- Az Apáczai téren álló többfunkciós épületcsoport különös figyelmet igényel, a homlokzatra engedett palafedés alatt valószínűleg csak befűjt hőszigeteléssel lehet kialakítani a hővédelmet. Valamint a falhoz közel eső eresz miatt, nincs elegendő hely hagyományos szigetelő anyagok használatára, ezért ide alacsony hővezetési tényezőjű anyagok ráépítését javasoljuk, például: PIR habok, vagy ha tűzvédelmi szempontból indokolt, aerogél szigetelés használatát.
- A Csány László Közgazdasági Szakközépiskola esetében a többféle építészeti stílus keveredése miatt kell megfontolni a megfelelő hőszigetelő technológia megválasztását. A műemlék stílusú sarok épület karakterének megtartása költséges szigetelési feladat, míg a szomszédos épület szigetelésének vízszigetelési és tűzvédelmi szempontból is illeszkednie kell ehhez. Az aerogél szigetelés vélhetően mindkét épület szempontjainak megfelel, azonban nagyon költséges megoldást jelent.
- Ugyanilyen kiemelt figyelmet igényel az Eötvös József és Liszt Ferenc Általános Iskola a főbejárati pillérjeinek szigetelése, ahol szintén nagyon alacsony hővezetési tényezőjű anyagok használata javasolt, hogy elkerüljük az oszlopok aránytalan megvastagodását.
- Petőfi Sándor és Dózsa György Magyar-Angol Két Tanítási Nyelvű Általános Iskola (régis szárnya) a helyi védett homlokzat miatt.

## 9.10 Lakótelepi lakások felújításának menete

Minden házat egyszerre és teljesen (hőszigetelés, nyílászáró csere, szellőztető berendezés, egyedi fűtés kiváltása) felújítani drága. Ezt vélhetően sok lakó nem tudná önerőből finanszírozni, és még támogatás esetén sem számíthatunk arra, hogy mindenki vállalni tudja. Viszont társasházaknál a felújítást - költséghatékonysági és esztétikai szempontból is - egyszerre érdemes elvégezni, nem külön lakásonként, ezért valamilyen felosztást kell találni, hogy a felújítások mégis megvalósulhassanak.

Elképzelhető megoldás, hogy a támogatást és egyéb ösztönzőket nem városszinten, hanem csak lakótelepekre koncentrálva vezetnék be egymás után, és a felújítandó lakóépületet így teljesen felújítják. Ez azonban elégedetlenkedéshez vezethet, azon lakótelepek lakóinak irányából, ahol a felújításra csak később kerülne sor.

Ennél jobb megoldásnak tartjuk, ha a felújításokat több ütemben végzik, párhuzamosan az egész városban. Az ütemezésnél az egyes felújítások sorrendje kulcsfontosságú, hogy egy későbbi intézkedés a már elkészült felújításhoz akár 5-10 év távlatából is jól illeszkedjen, illetve hogy a több részletben végzett felújítás ne okozzon ideiglenes komfortcsökkenést a régi és új technológiák találkozása miatt. A következő sorrendet javasoljuk a felújítások elvégzésére:

1. Födém és falak hőszigetelése úgy kialakítva, hogy a nyílászáró csere utólag is jól elvégezhető legyen (pl.: műanyag határoló perem a fal és nyílászáróhoz kerülő szigetelés közé, így nem sérül majd a vakolat a nyílászáró cserénél).
2. Nyílászáró cserét már mindenki végezhetne a saját ütemében is, szellőztető gép beépítéséhez kötve.
3. Fűtéskorszerűsítés (mini cirkó kazán az egyedi fűtés helyére).

Nyílászárók cseréjekor a lakások légtömörősége számottevően növekszik és szükségessé válik a gépi szellőztetés. Ez azonban előny is, mert a szellőzés így nem véletlenszerű réseken, hanem már egy adott helyen történik, így lehetőség lesz a kidobott levegő hőtartalmának visszanyerésére. Erről a hővisszanyerő szellőztetéssel szóló fejezetben részletesen is foglalkozunk.

Nem ajánljuk nyílászáró cserével kezdeni a felújításokat, mert akkor a légcseré csökkenése miatt a lakások páratartalma megnövekszik és ez a még szigetetlen falaknál penészesedést okozhat. Gépi szellőztetéssel együtt történő nyílászáró csere esetén a páratartalom nem növekszik, hisz a szellőztetés helyre áll, de gazdasági indokok miatt is inkább hőszigetelést javasoljuk első lépésnek.

A felújítások időbeni eltolásával csökken az egy időben jelentkező beruházási intenzitás, de így sem várható, hogy támogatás nélkül mindenki belevágjon. Támogatásra, mi egy többlépcsős támogatási rendszert javaslunk, fűtött m<sup>2</sup>-ekhez kötve, de lakásonként maximálva, több modul mentén:

- legjobban támogatva energiahatékonyságot
- legkevésbé támogatva a HMV ellátást
- egyedi fűtésű lakásoknál a társasháztól függően, csak központi vagy társasházi hőközponti korszerűsítésekre (a hőközpont átalakítható egy későbbi távfűtéshez)

A napelemek legelterjedtebb felhasználási módja manapság az, ha váltakozó árammá alakítva a hálózatra termelünk vele, így csökkentve a villanyszámlánkat. A napelemeket azonban a hálózatra táplálás nélkül is használhatjuk, például úgy, ha a termelt áramból közvetlenül melegvizet készítünk. Ezt célszerűen a nyári időszakra kéne méretezni, hogy ne legyen túltermelés, télen pedig a hiányzó energiát a kombi kazán vagy hőközpont biztosíthatná. Ehhez egy olyan HMV tartályra van szükség, mely megfelelő nyílásokkal rendelkezik a külső ráfűtésre.



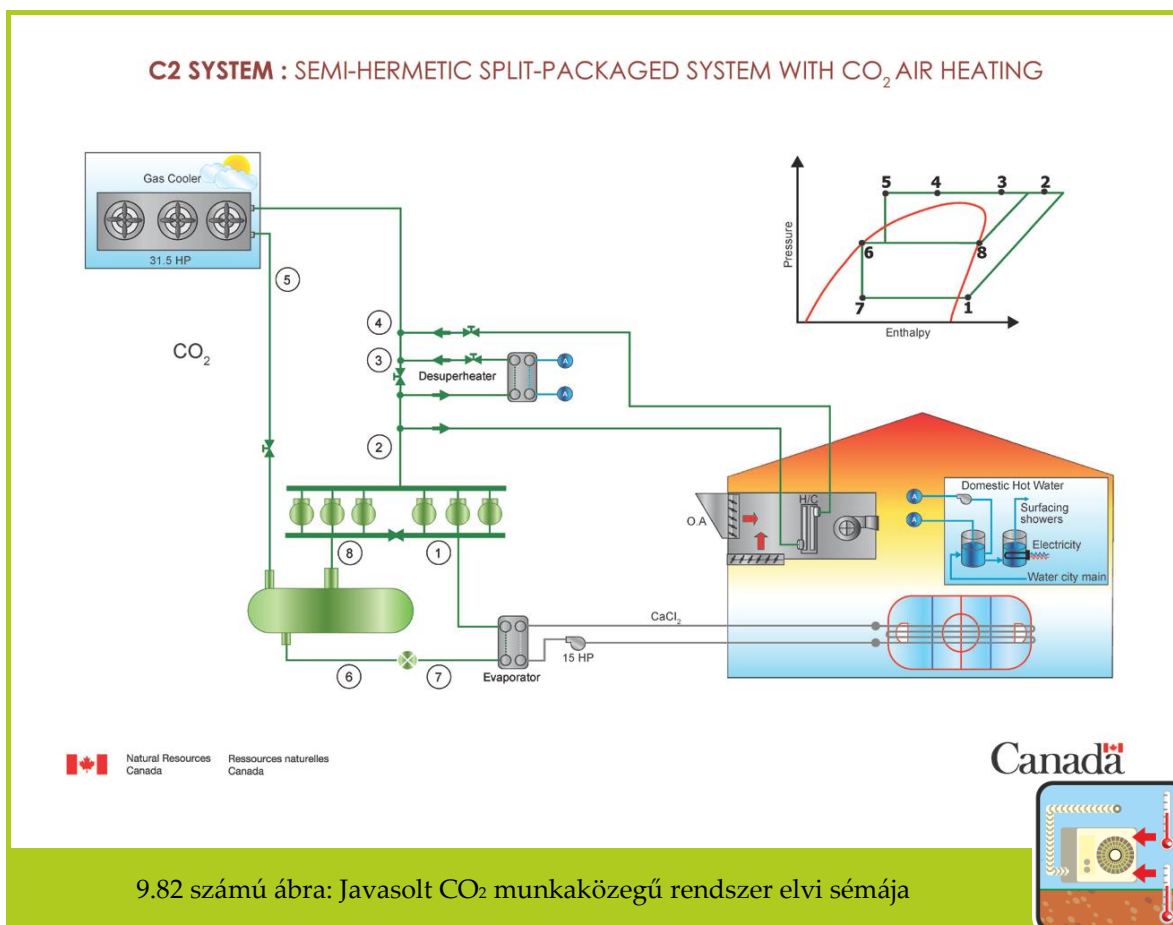


A kanadai Természeti Erőforrások minisztériuma számára készített átfogó tanulmány szerint egy hagyományos ammóniás (R717) jégcsarnok éves (9 havi) összesített energiafogyasztásához (383 300 kWh hűtés + 159 000 kWh fűtés) **542 300 kWh-hoz képest** egy ún. közvetlen CO<sub>2</sub> munkaközegű rendszer éves összesített fogyasztása (291 100 kWh hűtés + 90 500 kWh Fűtés) **381 600 kWh-ra csökkent.**<sup>213</sup>

Az összehasonlítás 9 havi működésre vonatkozik! Vagyis összehasonlítható a zalaegerszegi körülményekkel.

Feltételezve a ún. közvetlen CO<sub>2</sub> munkaközegű zalaegerszegi felújítást a várható fogyasztási alapján a jégcsarnok éves szinten napelemekkel felszerelve a teljes déli oldalon valószínűleg képes lesz a működéséhez szükséges villamos energiát megtermelni. Illetve a lekötött teljesítmény igényét is lecsökkenteni. Ugyanakkor a napelemekkel június-júliusban termelt energiát valószínűleg csak értékesíteni lehetne, hiszen jelenleg a csarnokban augusztus közepe-végéig nincs jég. Ami gazdaságilag nem kedvező. Ezért az optimális napelemes rendszer nagyságát a jövőbeni üzemeltetési viszonyokhoz kell majd megválasztani.

A kanadaiak által **vizsgált 12 forgatókönyv (rendszer) közül a két széndioxidos rendszer éves energiaigénye volt a legalacsonyabb.**



<sup>213</sup> Forrás: [https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/comparative-study-arenas\\_EN.pdf](https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/comparative-study-arenas_EN.pdf)

Ennél a megoldásnál a jég alatt ún. sólé (kálcium klorid  $\text{CaCl}_2$ ) kering, azaz ez nem közvetlen  $\text{CO}_2$  rendszer, ugyanakkor kisebb átalakítással jár felújítás során mint ami közvetlen  $\text{CO}_2$  rendszerekhez szükséges. Ez a kiépítés a leggyakoribb a  $\text{CO}_2$  munkaközegű rendszerek között. A rendszer ára megközelítőleg: **480000 € ami kedvező költségnek számít a lehetőségek között a hosszú távon elérhető hűtőközegek közül (lásd jogszabályi környezet).**<sup>214</sup>

**A hivatkozott tanulmányban a fenti költségből csak a fűtőrendszer ára: ~433000 €**

#### **Gyártók:**

Érdemes megemlíteni, hogy Amerikában az NHL jégkorong szövetség is tesz ajánlásokat/minősítéseket „NHL's preferred supplier” a különböző rendszerszállítókra vonatkozóan.

Carnot Refrigeration, <http://www.carnotrefrigeration.com/>

Advansor, <http://www.advansor.dk/>

CIMCO, <http://www.cimcorefrigeration.com>

#### **Kompresszorgyártók $\text{CO}_2$ hűtéshez:**

Bitzer , Dorin

#### **Jogszabályi környezet:**

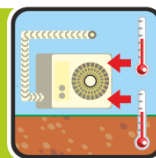
Az EU hosszú távon tervezi betiltani, de legalábbis nehezebbé tenni a halogénezett szénhidrogén hűtőközegek használatát, elsősorban üvegházhatásuk és ózonkárosító hatásuk miatt. Ez a törekvés a freon (R22) után megjelent HFC vegyületekre is vonatkozik. A szabályozás a széndioxidhoz viszonyított legfeljebb 150 szerez üvegházhatást és a lehető legkisebb ózonkárosító hatást szeretne elérni, hiszen a klímaváltozás hatására egyre több ilyen hűtőközeget alkalmaznak.

A széndioxid (R744) munkaközeg előnyét az is adja, hogy a nagytömegű HFC gázt tartalmazó gépekhez egyre szigorodó adminisztratív és éves felülvizsgálati kötelezettségből adódó állandó költség is társul.

---

<sup>214</sup> Forrás: [https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/comparative-study-arenas\\_EN.pdf](https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/comparative-study-arenas_EN.pdf)

## 10. Hőszivattyúk



A hőszivattyúk alapvetően a ma széleskörűen használt gázkazánokhoz hasonlóan hőszolgáltatásra képes berendezések. Szemléletes példával élve működésük leginkább a minden háztartásban fellelhető hűtőgépekhez hasonlít, ahol a hűtőgép belsejéből elvont (elszívott hőtartalmat) a hűtőgép hátulsó oldalára vezetjük. A hőszivattyúk is ezt teszik, azonban a hőt a környezettől vonják el és azt kellő hőmérsékletre emelve legtöbbször épületekbe vezetik. A hőszivattyúk jelentőségét az a tulajdonság adja, hogy olyan eredményt nyújtanak, mintha 130-600%-os „hatásfokkal” működnének, mivel a rendszerbe (hőszivattyúba) csak a hőelvonáshoz szükséges energiát kell bevezetnünk. Így adódik ki a gazdaságos üzem. A hőszivattyúk ezen tulajdonságát jellemző mutatóját magyarul jósági foknak szokták nevezni, ennek leíró értéke a Coefficient of Power, vagy a hétköznapi nyelvben emlegetett COP érték. A COP érték a pillanatnyi teljesítmény arányok leírására szolgál. A számunkra energiafelhasználás szempontjából fontos érték az ún. éves jósági fok vagy SPF érték. Az SPF érték a környezetből elvont és a hőszivattyú gép által felvett (elfogyasztott) energiák hányadát mutatja, ma már ez az érték 4-6 vagy másképpen 400-600% is lehet. Ez a magas látszólagos „hatásfok” teszi a hőszivattyút az energiaönellátó épületek és városok legfontosabb és leggazdaságosabb hőforrásává sok esetben, de korántsem minden esetben.

Hiszen így – a hőszivattyúk jóvoltából – 1/4 -1/6-át energiát kell csak előteremtenünk megújuló energiaforrásokból a fűtés vagy más hőenergia igény fedezésére a tisztán villamos fűtéshez képest. Jelen stratégiában azokat a technológiákat mutatjuk be részletesebben, amelyek ország szintű primer energia mutatója megfelelhet hazai pályázati forrás bevonására, azaz éves SPF értéke meghaladja a ~2,7 értéket. A többi technológiát csak megemlítjük.

A hőszivattyúk egy intelligens település energia menedzsmentjében az okos hálózat részeként is szerephez juthatnak, mint viszonylag rugalmasan vezérelhető jellemzően háztartási nagy fogyasztók. Németországban a szövetségi kormány támogatási rendszerének részeként 500 € plusz támogatást igényelhetnek azok a tulajdonosok, akik vállalják, hogy ún. „Smart Grid Ready” vagyis okos hálózat képes, és hőszivattyú teljesítmény kW-ként 30-liternyi hőenergia tároló (puffertároló) térfogatot is kiépítenek.<sup>215</sup>

<sup>215</sup> Forrás:

[http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare\\_energien/waermepumpen/publikationen/energie\\_ee\\_wp\\_liste.pdf](http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare_energien/waermepumpen/publikationen/energie_ee_wp_liste.pdf)



10.1 számú ábra: Ún. „Smart Grid Ready” címke<sup>216</sup>

Zalaegerszeg hosszútávú energia önellátási céljai miatt csak ilyen „SmartGrid Ready” hőszivattyúk beszerzését javasoljuk, jelenleg ilyen minősítésű készülékből 878 féle típus (2015.08.17-i állapot) érhető el az európai piacon.<sup>217</sup>

Ezen túlmenően lehetőség szerint javasoljuk kiépíteni a puffer tárolókat is. Ha a puffer tárolót nem lehet kiépíteni, abban az esetben legalább a használati melegvíz tárolót, mint napi szintű energiatárolási / energiaszabályozási lehetőséget.

<sup>216</sup> Forrás: 2015. november 5. <http://www.waermepumpe.de/sg-ready/>

<sup>217</sup> Forrás: [https://www.waermepumpe.de/fileadmin/user\\_upload/waermepumpe/02\\_Waermepumpe/Qualitaetssicherung/UEbersicht\\_SG\\_Ready-Antraege\\_Stand\\_17.08.2015\\_.pdf](https://www.waermepumpe.de/fileadmin/user_upload/waermepumpe/02_Waermepumpe/Qualitaetssicherung/UEbersicht_SG_Ready-Antraege_Stand_17.08.2015_.pdf)



## 10.1 Levegő hőforrású hőszivattyúk

Energia önellátási célokkal telepített hőszivattyúk esetében mi csak a levegő-vizes hőszivattyúkat javasoljuk, annál is inkább mivel a levegő-levegő hőszivattyúkra hosszú távon sem valószínűsíthető pályázati támogatás.

Ez a hőszivattyú típus a levegő hőtartalmat használja hőforrásként, a gépen ventillátorral átmozgatott általában több ezer köbméter levegő hűtésével. Minél melegebb a környezeti levegő annál kedvezőbb a jósági foka (COP).

### Hová javasoljuk:

- Ahol az alacsony hőmérsékletű fűtés megvalósítható.
- Ahol a kültéri egység zaja és mérete nem zavaró.
- Ahol az adottságok nem teszik lehetővé a talaj vagy egyéb hőforrás alkalmazását. Például kicsi munkagéppel nem jól megközelíthető, vagy régészetiileg védett kert vagy előkert esetén.
- Ahol fűtési (ritkán hűtési) energiatároló tartály (puffer tartály) is kiépíthető, levegő-vizes hőszivattyú rendszereknél kihasználható a nappali magasabb hőmérsékletű levegővel kedvezőbben üzemelő hőszivattyú gazdasági és energetikai előnye. >> Lásd hőenergia tárolás optimalizálás hőszivattyúval.
- Ahol a hűtési igény biztosan jelentkezik, ahol egyébként is telepítenének léghűtő kültéri egységet.
- Ahol nincs jelentős téli használati meleg víz igény (kedvezőtlen mutatók miatt).

### Hová nem javasoljuk:

- Ahol a téli félévben a levegő lehűtéséből adódó kondenzvíz elvezetése nem megoldható. (Például emeletes ház homlokzata.)
- Ahol a környezetben lévő növényzet szálló „szöszei” termései eltömíthetik a kültéri egység finom lemezelését. (Például Zalaegerszeg Megyei kórház platánfái környékén illetve nyárfák környékén stb.)
- Ahol a kültéri egység látványa városkép szempontjából nem elfogadható.

Jósági foka /üzemeletetési szemszögből „hatásfoka” fűtési üzemben:

COP 4,42 másképpen „hatásfoka” 442% a jelenleg elérhető legjobb Smart Grid képes levegő vizes típus A2/W35 üzemállapotban (2 °C fokos külső levegő 35 °C fűtési levegő esetén).  
Átlagos érték a SmartGrid képes inverteres típusoknál: COP = 3,58 A2/W35

## Hőenergia tárolás optimalizálás hőszivattyúval

Közvetlen napelem hajtású hőszivattyú:

A napelemek által nappal megtermelt villamos energia az alacsony energiájú épületekben részben hő formájában is eltárolható, ha az épületekbe hőtároló tartályt (puffertartályt) is beterveznek illetve maga az épület is nehéz szerkezetű, vagyis nagy hőtároló tömeggel bír.

A napon belüli hőtárolás (napenergia tárolás) lehetőségének kihasználásához - sok egyéb ok mellett - leginkább az ún. inverteres hőszivattyús fűtés illik (ma kapható hőszivattyúk többsége ilyen). Alkalmasak lehetnek egyaránt a levegő hőforrású és a talaj hőforrású típusok. Az inverteres hőszivattyúk képesek változtatni egy határon belül a hő teljesítményüket, és arányosan a villamos teljesítmény igényüket is. Így ha az épületre telepített napelemes rendszer több villamos teljesítményt nyújt, mint az épületben éppen igényelt, lehetőség van az inverteres hőszivattyúkat nagyobb teljesítményen jártni vagyis nagyobb hőmérsékletre emelni az alacsony energiájú épület energiatárolóját és/vagy az épületet. Ennek beállítását egy automata rendszer végzi, hosszú távon az épületek energiamenedzsere az ún. HEMS.

Levegő hőforrású típusoknál a közvetlen napelem hajtás további előnnyel is jár. Mivel a derűs téli napokon nappal magasabb a külső levegő hőmérséklete mint éjszaka, ezért a magasabb levegő hőmérsékletből adódóan a hőszivattyú magasabb jósági fokkal (COP-vel) tud működni legalább részben, közvetlen napelem hajtásos rendszernél. Ez azt jelenti, hogy arányosan kisebb villamos energiabefektetéssel állítja elő a hőenergiát, amit csak a napon belüli rosszabb, kisebb COP időszakban (este hűvösebb levegő) használunk majd fel. Összességében így az egy napra szükséges fűtéshez használt villamos energia mennyisége kevesebb, mint a napelemes közvetlen hajtás nélkül, még akkor is, ha a hőtárolási veszteségeket is figyelembe vesszük.

A közvetlen hajtás a városi energiaellátás számára is előnyös télen mert a napenergia termelési csúcsok az épületen belül elsimulnak és az esti fogyasztási csúcsok pedig csökkennek.

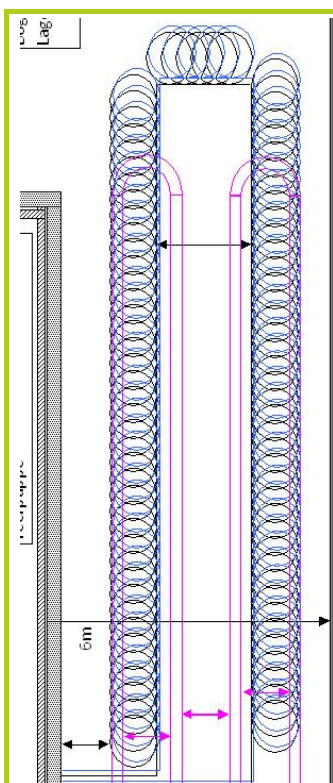
## 10.2 Sekély mélységű talaj hőforrású hőszivattyúk

A 20 m-nél nem mélyebb talajba telepített hőforrású hőszivattyús rendszereket szokás sekély (shallow) hőszivattyús rendszernek hívni.

### 10.2.1 Talajkörös rendszer

A sekély talajkörös rendszerek közé tartozik a talajkörös vagy „csőkígyós”, illetve horizontális elrendezésű néven ismert rendszer is. Itt a talaj hőjét gyűjtő csövek ~1-1,5 méter körüli mélységbe kerülnek. **Nem összetévesztendő** az ún. vertikális vagy talajszondás rendszerrel, amely 60-120 m mélységből gyűjti az energiát. Ezt a rendszer csak kivételes esetben, elsősorban nedves jó hővezető képességű talajok esetén ( $1,41+ \text{ W/mK}$ ), különösen tágas helyszíni adottságok mellett javasoljuk az energia-önellátás részévé tenni. Az 1-1,5 méteres telepítési mélységben zord tél esetén januárra annyira kihűlhet a talaj, hogy szinte elveszíti előnyét a levegő-vizes rendszerekhez képest, miközben költségei jóval magasabbak annál. **Zalaegerszegre olyan telepítési helyszínekre javasoljuk csak ahol egyébként is sok talajmunkával járó munkavégzés várható, Pl. talajcserés rekultiváció.**

Hosszú keskeny telkeknél a Grabenkollektor vagy más néven slinky loop jöhet számításba. Hátránya, hogy jelentős talajmunkával jár.



Csőkígyó telepítési terve 6 m széles területen

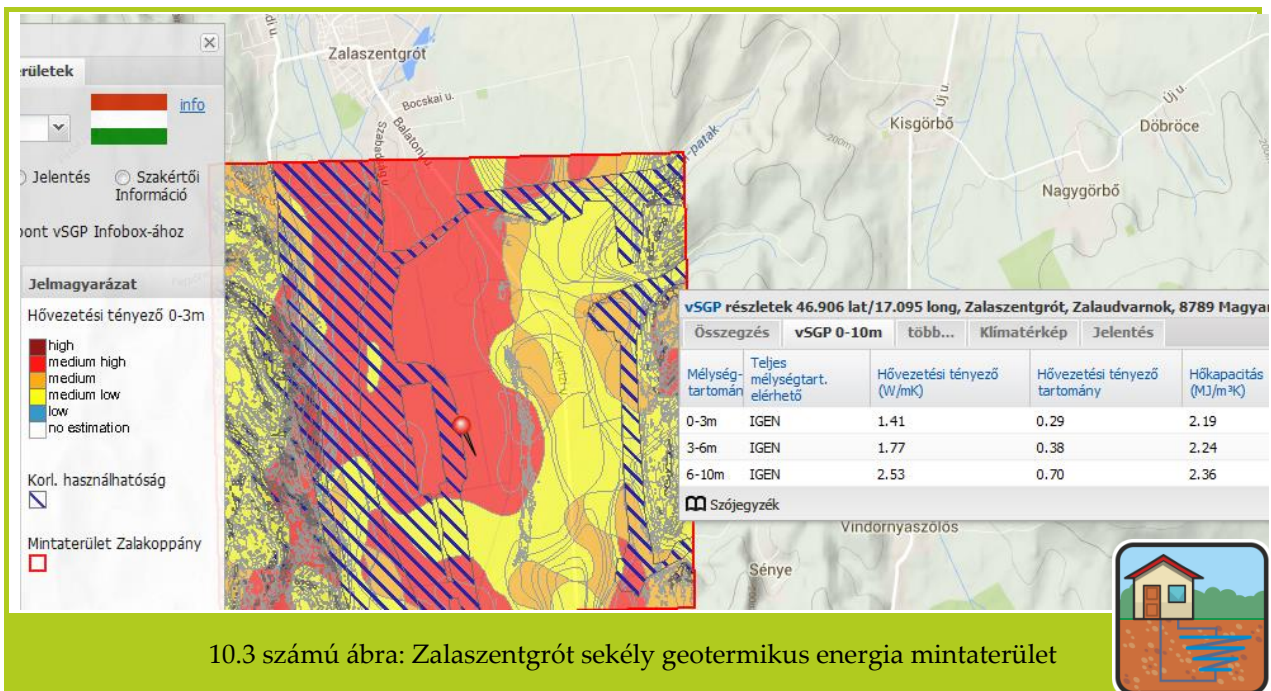


Keskeny telkeknél alkalmazott hőszivattyú hőgyűjtő, 2-2,5x akkora hő gyűjtő terület szükséges, mint a fűtött terület.



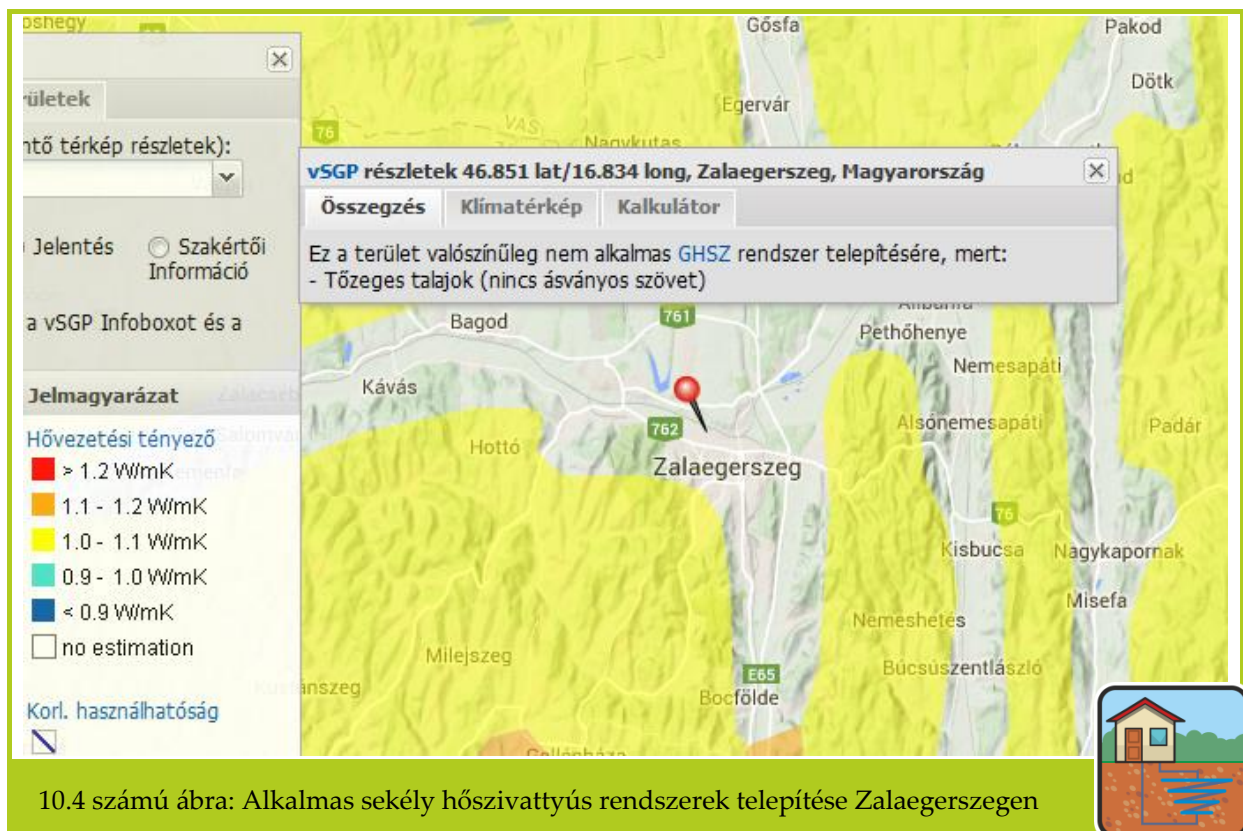
10.2 számú ábra: Csőkígyó ábrázolás





10.3 számú ábra: Zalaszentgrót sekély geotermikus energia mintaterület

A fenti térkép szerint a vörös terület korlátozások nélkül használható sekély hőszivattyús alkalmazásokhoz. Zalaegerszeg területére nincs részletes térkép.<sup>218</sup>



10.4 számú ábra: Alkalmas sekély hőszivattyús rendszerek telepítése Zalaegerszegen

<sup>218</sup> Forrás: 2015. november 11. <http://geoweb2.sbg.ac.at/thermomap/index.html?lang=hu>

A fenti ábra alapján Zalaegerszegen a tőzeges talajos területeket (átlátszó) nem javasolják sekély hőszivattyús alkalmazásra.

Ugyanakkor a sárgával jelölt területekről a gyakorlatból tudjuk, hogy alkalmas sekély hőszivattyús rendszerekhez.

Tapasztalatunk szerint a konkrét helyszínnél meglévő talajmechanikai jegyzőkönyvből lehet kiindulni, amiben a megütött talajvízszint és rétegsor alapján lehet eldönteni a talajkörös hőszivattyú alkalmazhatóságát. Illetve visszatérő tapasztalat, hogy a talajkörös rendszereket érdemes túlméretezni.

### 10.2.2 Spirál kollektoros rendszer

Ez a megoldás leggyakrabban a Rehau gyártó ún. helix szondáját jelenti. Előnye, hogy ez a megoldás kisebb talajmunkával jár, mint a földhőkosaras rendszer, mivel talajfúróval kiemelhető a szondák helye. Kisebb helyigénye van telepítéskor a munkagépeknek is, azaz kisebb kertekben is megoldás lehet. Hátránya hogy egy-egy spirál kollektor legfeljebb 400-700 W hő teljesítményt nyújt. A szondák egymástól minimum 2-2,5 méterre telepíthetők. A szondák felső vége a talajszint síkjától minimum 1,5 méteren mélyen lehetnek. A szondák szokásos hossz mérete 2-3 méter, átmérője 40-50 cm. Épületek felújításakor utólag is kialakítható a rendszer a kertben vagy ritkábban az előkertben. Épületek alá (pl. pincékbe) nem javasoljuk telepíteni, mert a talaj felső rétegeit alapvetően a napenergia melegíti fel és az épületek alatt sok év alatt túlhűlhetnek a szondák.



Spirálkollektor földfúrógép



Spirálkollektorok telepítés közben<sup>219</sup>



10.5 számú ábra: Spirálkollektor telepítés

További előnye, hogy nem igényel bányakapitánysági vagy vízjogi engedélyt. Ugyanakkor régészeti területen nem telepíthető.

<sup>219</sup> Forrás: <http://www.bauweise.net/grundlagen/technik/waermepumpe/quellen/waermequelle.htm>



Zalaegerszegre a nem tőzeges talajszerkezetű és lehetőleg talajvizes vagy rétegvizes rétegekbe és területekre javasoljuk ahol a kertméret ezt a technológiát lehetővé teszi. (lásd lenti ábra) Hüvelykujj szabályként új építéseknel vagy jelentős épületkorszerűsítéseknel jöhet számításba, családi házas övezetben legfeljebb 100 m<sup>2</sup> fűtött alapterületű házakhoz ~600 m<sup>2</sup> telekmérettől.

Hátránya hogy kevés gyártó kínál spirál szondát, csak géppel telepíthető. A rendszer költsége biztosan meghaladja a levegő-vizes rendszer költségét.

### 10.2.3 Földhő kosaras hőszivattyús rendszer

Ez a megoldás szintén a talaj sekély rétegeiből nyeri az energiát, elnevezését a kosárszerű formában kialakított energiagyűjtő csövezéséről kapta. A kosarak rendszerint ~1,5-2 méter átmérőjűek és ugyan ilyen magasak a talajszinttől minimum 1,5 m mélyre telepítve. Ezért nincsenek hatással a kertben élő fákra és egyéb növényekre. A csövezésben jellemzően valamilyen fagyálló folyadék kering zárt rendszerben. Egy-egy kosár hozzávetőleges teljesítménye 800-1500 W. Egy jól szigetelt felújított vagy újjépítésű ~100 m<sup>2</sup> körüli fűtött alapterületű családi házhoz általában 4 db, de inkább 5 db kosár szükséges. A földhőkosarak tengelyei között 4,5-5 m távolságot javasolt tartani. Ezért családi házas övezetben, a gyakorlatban 720-750 m<sup>2</sup> –es telekmérettől jöhet számításba.

Zalaegerszegre a nem tőzeges talajszerkezetű és lehetőleg talajvizes vagy rétegvizes rétegekbe és területekre javasoljuk ahol a kertméret ezt a technológiát lehetővé teszi. A horizontális ún. csőkígyós rendszerhez képest, a mélyebb telepítés miatt a talajréteg áthűtésére kisebb az esély, végül jobb szezonális hatások várható.

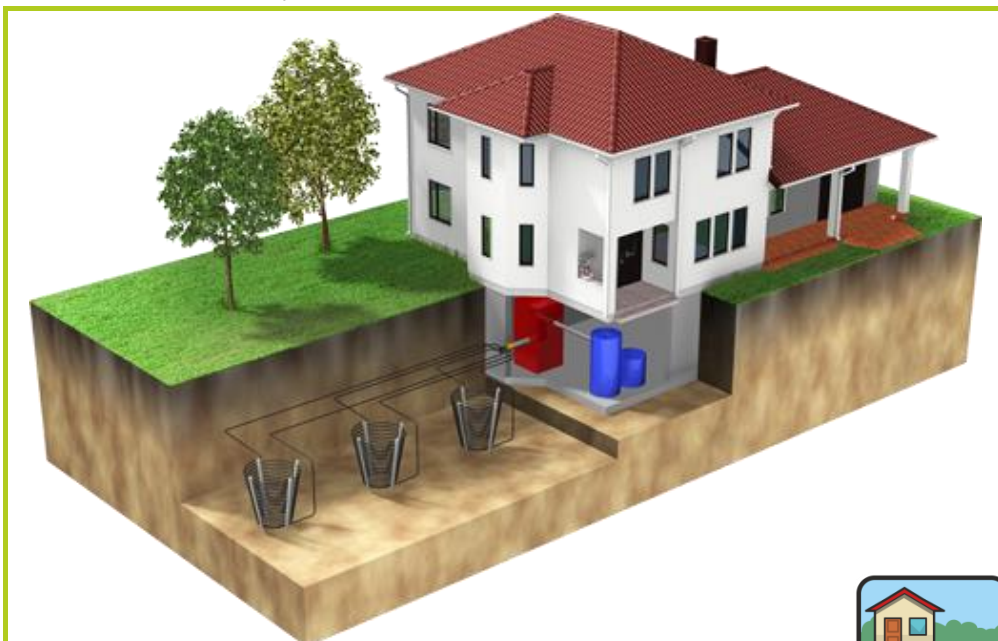
Előnyei:

- Egyszerű szerkezetek kevés kötéssel, ezért általában kisebb költséggel kialakítható a hőforrás oldal, mint a spirál szondás rendszerénél.
- A kosarak ára fajlagosan kedvezőbb lehet, mint a spirál szondák.
- Sok helyi vállalkozót találnia a munkagödör kialakítására. (körtó vagy markoló).
- Nem igényel bányakapitánysági vagy vízjogi engedélyt. Ugyanakkor régészeti területen nem telepíthető.
- Előnye még a talajhőforrású rendszerek között, hogy kialakítsa kisebb bolygatott talajmennyiséggel jár, mint a csőkígyós rendszer kialakítása.

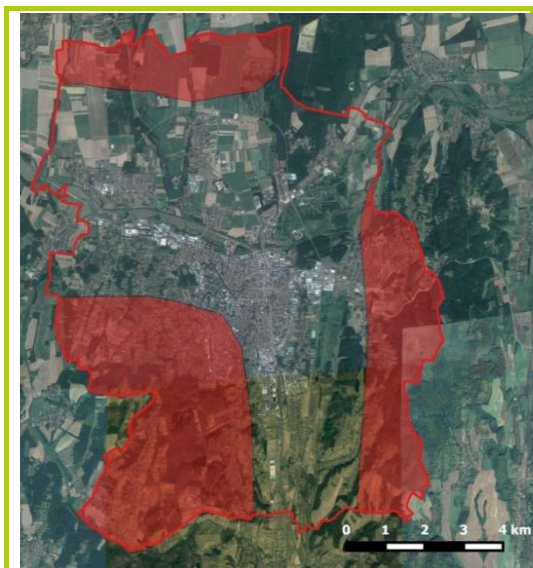
Hátránya:

- A földhőkosarak telepítéskor szükséges viszonylag nagy munkagödör miatt az épületektől minimum 3 métert el kell hagyni.
- Nagyobb bolygatott talajmennyiséggel jár, mint a spirálszondás rendszer telepítése.
- A teljes rendszer költsége biztosan meghaladja a levegő-vizes rendszer költségét.

Fajlagos teljesítmény  $\sim 2,0+$  W/mK hővezetési tényezőjű talajban:  $\sim 8-10$  W/m (földhőkosárcső hossz) 1800 óra éves hőszivattyú üzemidővel számolva.



10.6 számú ábra: Földhőkosarak szemléltetése, telepítés után a növényzetet nem befolyásolják<sup>220</sup>



Zalaegerszegen elsősorban a pirossal jelölt területek (nem tőzezes talaj) jöhetnek számításba a földhőkosaras hőszivattyú szempontjából



Kertvárosi Csillagközi Óvoda jelentős hőszigetelése után a szomszédos parkban lehetne kialakítani a földhőkosaras vagy spirálszondás hőszivattyús rendszer hőforrásait (piros háromszög: a Köztársaság útja és a Csillagköz közötti terület)

10.7 számú ábra: Potenciális földhőkosaras vagy spirálszondás hőszivattyús rendszer telepítési helyek Zalaegerszegen

<sup>220</sup> Forrás: [http://www.noventec.de/fileadmin/noventec\\_user\\_upload/pdf/Erdwaermekorb.pdf](http://www.noventec.de/fileadmin/noventec_user_upload/pdf/Erdwaermekorb.pdf)

A földhőkosarak és más sekély hő gyűjtők méretezésével kapcsolatban a német mérnökkamara VDI 4640 számú ajánlása tartalmaz részletes információkat.

#### 10.2.4 Energia cölöpös rendszer

Az ún. energia cölöpös megoldás alapvetően újépítésű középületeknél, irodaházaknál jelenthet hőszivattyú hőforrás megoldást. Cölöpös szerkezetű alapnál a készülő vasbeton szerkezetű cölöpök vasalására szerelik fel a hő gyűjtő csöveket és így öntik ki betonnal. Így az alap cölöpeinek palástja nemcsak az épület teherhordásáért felelős, hanem hő gyűjtő/ hő leadó felület is egyben. Létezik előre gyártott vert cölöp változata is. A cölöpök mélysége rendszerint 20 méter. Ennél a megoldásnál a talajkörös energiaátadó felületet a hűtési igényekhez is méretezik, mivel rendszerint a nyári hűtést is az energia cölöpök biztosítják. Németországban elterjedt megoldás új építésű iroda házaknál.

Előnyei:

- Nem igényel az épületen kívül újabb szabad területet.
- A vasbeton cölöpök megnövelik az egyes csövek energiagyűjtő aktív felületét.
- 20 méter mélységig nem igényel újabb engedélyt.
- Hosszú élettartamú rendszer.
- A hőszivattyú hőforrás létesítés költsége viszonylag alacsony (egyszerű szerkezet és az épület alapozáshoz szükséges földmunka költségével ez is megvalósítható egy lépésben).
- 20m mélységben a talaj hőmérséklete állandónak tekinthető.

Fajlagos átlagos ára: 40 €/fm<sup>221</sup>

Fajlagos teljesítmény energia cölöp: 0,3-0,5 m átmérőig: 40-60 W/m<sup>222</sup>

Fajlagos teljesítmény energia cölöp: > 0,6 m átmérő és fölötté: 35 W/m<sup>223</sup>

Fajlagos teljesítmény résfalak (résfal): 30 W/m<sup>2</sup>.<sup>224</sup>

Fajlagos éves energiahozam ~75 kWh/m (svájci adat)<sup>225</sup>

A pontos hőtéljesítményt ún. Geothermel Response Test segítségével lehet megállapítani.

---

<sup>221</sup> Forrás: 2015. november 29. [http://xn--energiepfhle-ocb.com/pdf/Energiepfahle\\_Vortrag-CEP\\_Stuttgart.pdf](http://xn--energiepfhle-ocb.com/pdf/Energiepfahle_Vortrag-CEP_Stuttgart.pdf)

<sup>222</sup> Forrás: [http://xn--energiepfhle-ocb.com/pdf/Energiepfahle\\_Vortrag-CEP\\_Stuttgart.pdf](http://xn--energiepfhle-ocb.com/pdf/Energiepfahle_Vortrag-CEP_Stuttgart.pdf)

<sup>223</sup> Forrás: [http://xn--energiepfhle-ocb.com/pdf/Energiepfahle\\_Vortrag-CEP\\_Stuttgart.pdf](http://xn--energiepfhle-ocb.com/pdf/Energiepfahle_Vortrag-CEP_Stuttgart.pdf)

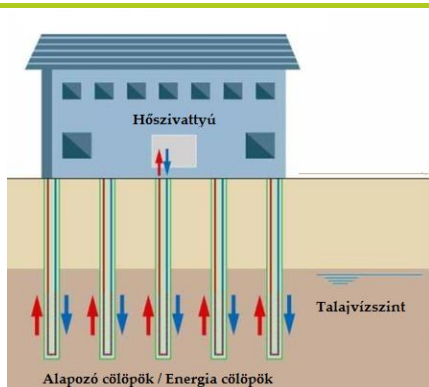
<sup>224</sup> Forrás: [http://xn--energiepfhle-ocb.com/pdf/Energiepfahle\\_Vortrag-CEP\\_Stuttgart.pdf](http://xn--energiepfhle-ocb.com/pdf/Energiepfahle_Vortrag-CEP_Stuttgart.pdf)

<sup>225</sup> Forrás: <http://www.geothermie.de/fileadmin/useruploads/Notiz3.pdf>



Hátránya:

- Utólag nem alakítható ki.
- Sok épületnél nem cölöpös alapot alakítanak ki.
- A szondák (cölöpök) lehűtésének, hőelvonásának alsó határhőmérséklete 0°C.



Energiacölöp elvi séma, az alapozás szerkezeti elemei egyben hőszivattyú hőforrások is.



Svájc, Fully-i 2635 m<sup>2</sup> alapterületű iskola 41db energiacölöpös dupla U csöves hőszivattyús fűtéssel<sup>226</sup>



10.8 számú ábra: Energiacölöp rendszer



10.9 számú ábra: Előre gyártott vert alap/energiacölöp leütés közben, és kész állapotban (kis kép) láthatóak a hőszivattyú csatlakozás csövei<sup>227</sup>



<sup>226</sup> Forrás: 2015. november 29. <http://www.geothermie.de/fileadmin/useruploads/Notiz3.pdf>

<sup>227</sup> Forrás: 2015. november 29. [http://xn--energiepffhle-ocb.com/pdf/Energiepfaehle\\_Vortrag-CEP\\_Stuttgart.pdf](http://xn--energiepffhle-ocb.com/pdf/Energiepfaehle_Vortrag-CEP_Stuttgart.pdf)

Előre gyártott energiacölöp gyártó: CentrumPfähle GmbH

A kapható talaj hőforrású Smart Grid képes hőszivattyúk átlagos COP értéke: 4,68 (B0/W35) üzemállapotban. Legmagasabb COP érték a kapható típusok között: 5,00 (B0/W35)

### 10.2.5 Talajvíz hőforrású hőszivattyú

A talajvízes hőszivattyús rendszert gyakran nevezik még ún. „kutas” vagy „kútpáros” rendszernek. A kútpáros elnevezés jól kifejezi, hogy a rendszerhez két talajvízes kút szükséges: az egyik kút a hőforrás kút, a másik pedig a hő elvont talajvíz visszajuttatására szolgál a talajba. Családi házaknál a két kút egymástól való ajánlott távolsága ~20 méter. A rendszer hátránya, hogy a kutakból kivett majd visszafolyatott vízmennyiség meghaladja az éves szinten 500 köbmétert, ezért, ún. vízbeszerzési tanulmányhoz kötött a létesítés.



Zalaegerszeg nagy részén számításba jöhet, ugyanakkor 8-10 méternél mélyebb rétegből szivattyúzott talajvíz esetén gazdaságossága erősen romlik a szivattyúzási munka villamos energia igénye miatt. Homokos kutaknál rendszeres karbantartást igényel. A hőszivattyút a kútkörhöz a gyakorlatban legtöbbször leválasztó hőcserélőn keresztül illesztik, ami rontja a rendszer jóságát. Valamint a kútkör hőcserélőjét ajánlott évente nagynyomással kitisztítani a hőcserélőben kialakuló ún. biofilm miatt. A kút bűvárszivattyú miatt a rendszer élettartama rendszerint rövidebb, mint a sekély talajkörös rendszereké.

<sup>228</sup> Forrás: Magyarország talajvíz térképe: [http://map.mfgi.hu/tvz\\_1248/](http://map.mfgi.hu/tvz_1248/) 2015. november 11.

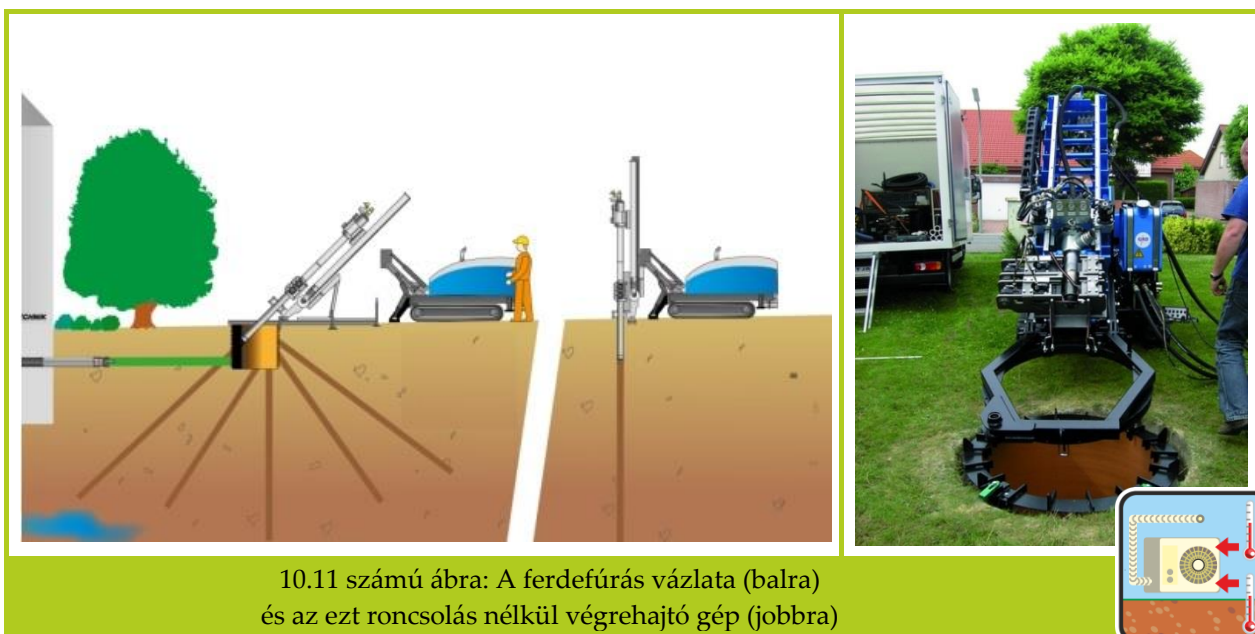


## 10.3 Talajszondás rendszer

Itt a főforrás a talaj mélyebb, már valóban geotermikusnak nevezhető 60-120 méteres rétegeiből nyert energia. Ez az ún. vertikális elrendezésű rendszer.

### 10.3.1 Mélyszondás hőszivattyúk

Mélyszondás hőszivattyú működésének alapja, hogy a talaj mélyebb rétegeinek hőtartalmát (melyet már a Föld belső hője tart melegen) hasznosítja. Alkalmazási területe elsősorban olyan helyeken van, ahol a sűrű beépítettség, vagy egyéb épített és természetes akadályok (burkolt utca, parkoló, park, látványosság) nem teszik lehetővé a hagyományos talajszondás hőszivattyú és a fúrás kivitelezését. A szondák hatóterülete közterület alá is kerülhet. A helyi geotermikus adottságok vizsgálata nagyon fontos részét képezi a telepítésnek, ezt a lépést nem szabad kihagyni.



10.11 számú ábra: A ferdefúrás vázlatja (balra) és az ezt roncsolás nélkül végrehajtó gép (jobbra)

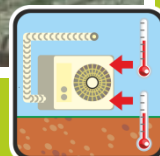
A fúrásokat egy speciális eszközzel végzik, amely a kijelölt terület egy adott (~1 méter átmérőjű) pontjából centrálisan mélyít ferdefúrásokat. Ez azt jelenti, hogy a földmunkát csak egy kisméretű kör alakban (~1 méter) kell végezni.

A gép előnye, hogy rendkívül kis helyen is elfér, szállításához nem szükséges nagy teherautó és roncsolás-mentesen képes kivitelezni a fúrást. Méreteit tekintve körülbelül 1,5 méter széles, így a keskenyebb kapukon is befér a kertbe, a hajtásnak és a szállítóeszköznek nem kell minden esetben egy helyen tartózkodnia, ez tovább csökkenti a berendezés helyigényét. Ezen kívül beltéri alkalmazására is van példa.<sup>229</sup>

<sup>229</sup> Forrás: <http://www.stiebel-eltron.co.uk/hot-water/information-planning/reference-cases/north/heat-pump-case-studies/gshp-aberdyfi/>



10.12 számú ábra: A teljes berendezés



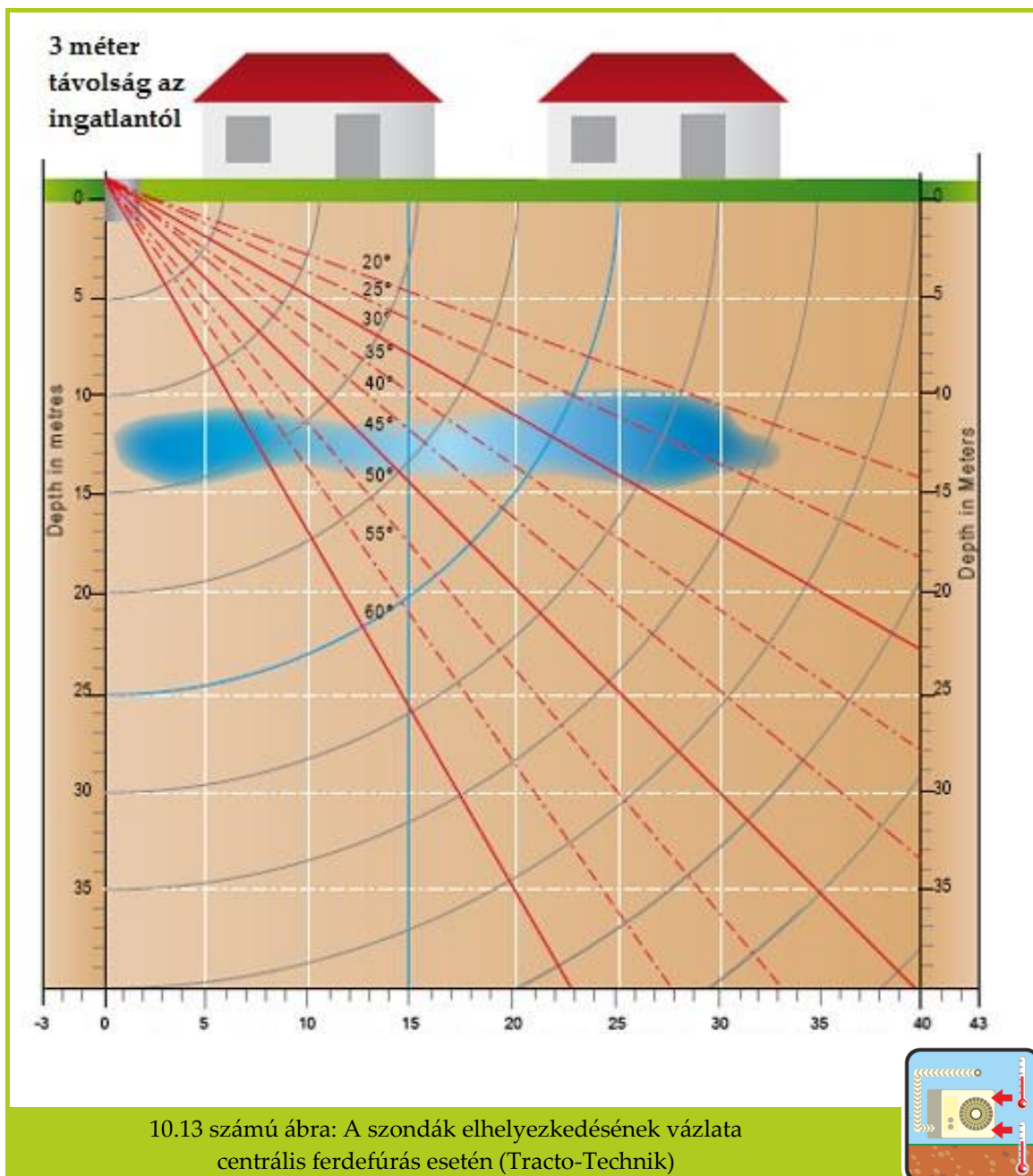
Centrális (roncsolásmentes) ferdefúrásokkal foglalkozik az Ecofriendly Installations<sup>230</sup> és a Tracto-Technik GmbH<sup>231</sup> nevű cég is.

2015-ös német források szerint a centrális ferdefúrás folyóméterének ára 30 és 50 euró között változik.<sup>232</sup>

<sup>230</sup> Forrás: <http://www.ecofriendlyinstallations.com/>

<sup>231</sup> Forrás: <http://www.tracto-technik.com/>

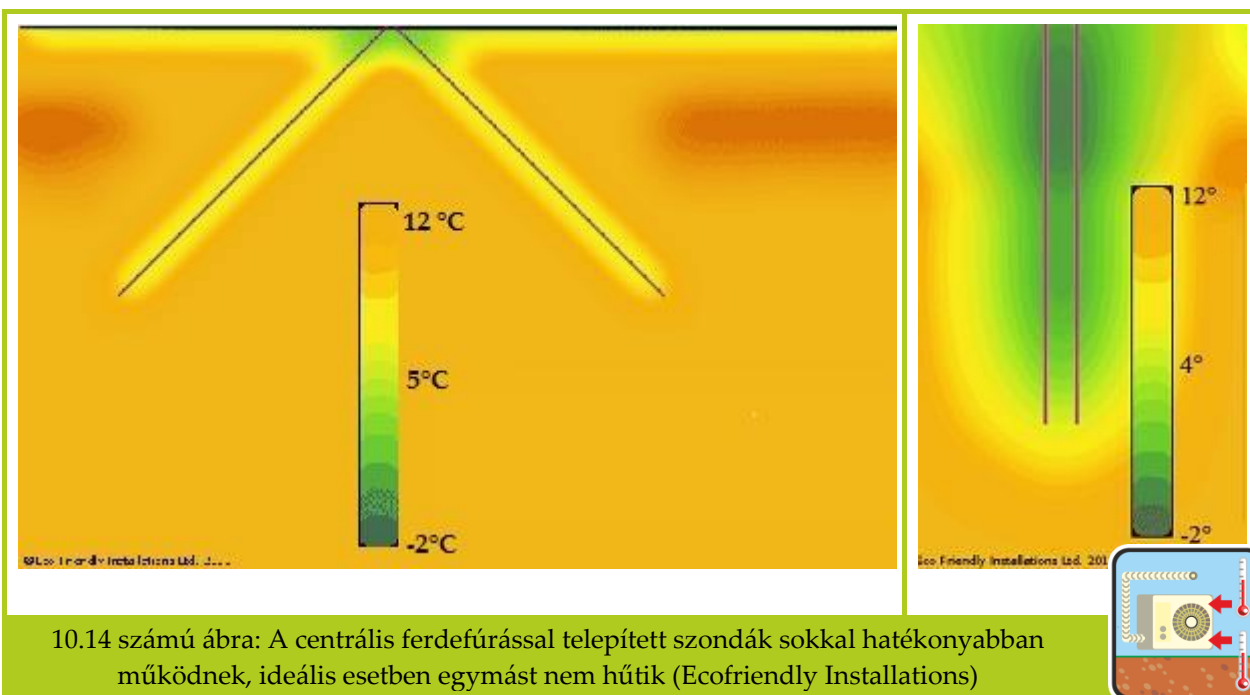
<sup>232</sup> Forrás: <http://www.kaeuferportal.de/energie/erdwaermepumpen/tiefenbohrung/#0>



Zalaegerszegen ezt a megoldást a sűrűn beépített és sekély geotermikus energia szempontjából nem ideális, tőzeges területekre javasoljuk, ahol sem a kutas, sem a levegő vizes hőszivattyú nem jöhet számításba (például zavarná a szomszédokat). Továbbá olyan helyszíneken is jó megoldás lehet, ahol középtávon sem várható a termásvíz alapú távfűtés kiépítése. Ezt a centrális ferdefúrásos technológiát olyan helyekre javasoljuk, ahol a hagyományos fúrás nem kivitelezhető.

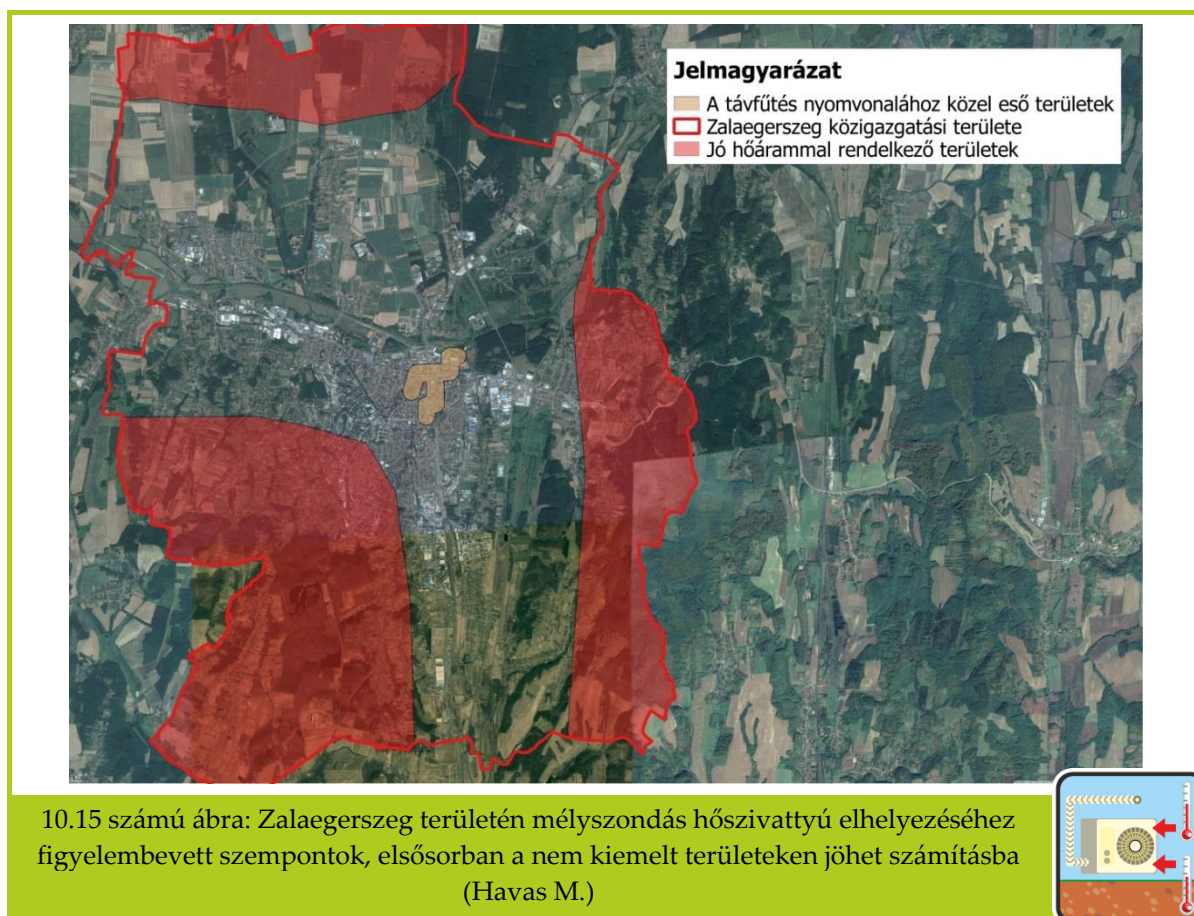
Zalaegerszegen ez a technológia például a Dózsa György utcáról leágazó keresztutcákon lehet szükséges vagy jöhet számításba. Bár ezen a területen 4 méteren már elérhető a talajvíz, ezért érdemes megvizsgálni, hogy melyik műszaki megoldás ad jobb gazdaságossági mutatókat.





A centrális ferdefúrással kivitelezett talajszondák további előnye, hogy az egyes szondák kevésbé zavarják egymást, mert a hőnyerő felületek távolabb esnek egymástól.

A lenti ábrán a pirossal jelölt területeken is lehet mélyszondás hőszivattyút kialakítani, azonban a bányakapitánysági engedélyeztetési költségek és a fúrás költségei magasabbak lehetnek, mint a sekély geotermikus energiahasznosítás.



## 10.4 Egyéb hőforrású hőszivattyúk

### 10.4.1 A Zala folyó, mint hőforrás

A Zala folyó is lehet hőforrása hőszivattyús rendszernek. **Mivel a tervezett geotermikus távfűtés egyik gerince a Rákóczi úton fut, ott elérhető a kedvezőbb fűtési megoldás a közintézmények számára. Ezért inkább az andráshidai területen jöhet számításba az ottani tagóvoda esetleg a védőnői szolgálat fűtésére a folyó élővize, mint hőforrás.**

Németországban, az Egyesült Királyságban több helyen is üzemel ilyen rendszer.

Úgynevezett magas hőmérsékletű hőszivattyúk váltak be erre az alkalmazásra. Ezek akár 90°C előremenő hőmérséklet biztosítására is képesek. Azonban **azt javasoljuk, hogy legfeljebb 65°C hőmérsékletű fűtési rendszert alakítsanak ki** a kedvezőbb jósági fok vagyis COP érték elérésének érdekében.

Működő rendszerek:

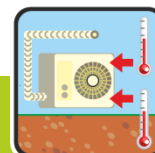
- Lauterecken



Magas hőmérsékletű hőszivattyú Thermeco<sup>2</sup>  
Lautereckenben, Németország



A lautereckeni hőszivattyús hálózat



10.16 számú ábra: Lauterecken-i hálózat<sup>233</sup>

A lautereckeni hálózat névleges teljesítménye 232 kW, teljes hossza 270 méter, a hálózat teljes ára pedig 72 900 € volt. Ebből a szigetelt hálózat hossza 200 méter, mely 40 500 € - ba került. A szigetelt hálózat hosszának fajlagos ára: 202,5 €/m.

A fenti ábrán 1. épület a folyóvíz kiemelésének helyét, a 2. az épület hőszivattyút, míg a többi szám a 7 darab fűtött épületet mutatja. A hő központ ára ~ 3000 € volt.

<sup>233</sup> Forrás: <http://www.durr-thermeco2.com/de/projekte/item/387-nahwaermenetz-stadt-lauterecken>



- Dollnstein



A dollsteini hálózat névleges teljesítménye 440 kW, teljes hossza 1300 méter, a hálózat teljes kialakítási költsége: 351 000 €. Nem szilárd burkolatú szakaszon a teljes vezetékből 590 méter fut, melynek ára 82 600 € volt. A nem szilárd burkolatú vezeték hossz részén a fajlagos ára 140 €/m. A hő központok ára pedig ~ 3000 €-ba került.<sup>235</sup>

Példa:

12/10°C hőforrás és 75/40°C és előre menő hőmérséklet esetén a ThermEco (széndioxid munkaközegű) HHR 1000 IHE W-W típusú hőszivattyú 3,04 COP értéket tud biztosítani. Míg ugyanez a gép 55/40 °C hőfoklépcsővel járva 3,22 COP értékét biztosít. (Gyártói adatközlés.)

<sup>234</sup> Forrás: <http://www.durr-thermeco2.com/de/projekte/item/831-nahwaermenetz-marktgemeinde-dollnstein>

<sup>235</sup> Forrás: <http://www.durr-thermeco2.com/de/projekte>

### Összefoglalva:

Élővíz alapú hőszivattyús rendszert egy-egy épület fűtéséhez nem érdemes kiépíteni, inkább több fogyasztó esetén. Illetve meg kell vizsgálni, hogy a területen van-e kedvezőbb hőszivattyús vagy biomassza megoldásra lehetőség, de ha a fűtendő épületekben hőszigetelés után 50°C körüli fűtés kialakítható, akkor a felületfűtési rendszer költsége (pl: padlófűtés) nélkül is át lehet térni hőszivattyús és gazdaságos fűtésre.

#### **10.4.2 Elfolyó termálvízet hasznosító hőszivattyú**

Erre a felhasználásra leginkább alkalmasak a szintén magas hőmérsékletű hőszivattyúk mert ezek a típusok akár 40-50°C körüli hőforrást is képesek elviselni, míg a hagyományos munkaközegű hőszivattyúk legfeljebb ~30°C körüli hőmérsékletet bírnak el. **A távfűtési fejezetben is leírt Zrínyi (~424 kW) és Kölcsey (~247 kW) gimnáziumok fűtését javasoljuk így megoldani** mivel az épületek előtt vezet el a lefűtött visszasajtolásra váró vizet szállító távvezeték. 40°C hőforrás esetén a magas hőmérsékletű hőszivattyúk várható jósági foka, vagyis COP értéke 3-4. Ekkora teljesítmények esetén a mélyszondás hőszivattyú rendszer helyhiány miatt nem lenne megvalósítható, illetve kialakítása jóval nagyobb költségekkel járna, mint a termálvizes hőszivattyús rendszeré. Így az „éles vizes” távfűtési csövetékpár csőhosszán is elérhető megtakarítás. Összességében olyan gazdaságos energetikai lehetőség, amelyet a távfűtés megvalósulása esetén mindenképp érdemes kihasználni.

**Felújítás után** 2. ütemben a **Csány László Közgazdasági Szakközépiskolát** is javasoljuk a visszasajtoló termálvíz gerincvezetékéhez csatlakoztatni, mivel elérhető, gazdaságos távolságban van. HHR 2000 IHE W-W 2000 kW névleges teljesítményű típusú hőszivattyú listaára: 390000 €

#### **10.4.3 Gázmotoros hőszivattyúk**

A gázmotoros hőszivattyúkban a hőszivattyú kompresszorát nem villamos motor hajtja, hanem belső égésű gázmotor. Általában a gázmotoros hőszivattyúk csak nagyobb 50 kW feletti névleges hőteljesítményben érhetők el. Megújuló energia alapú városi energia ellátó rendszerbe csak olyan területekre javasoljuk ahol a gázcsatlakozás kapacitása adott. Ugyanakkor a villamos hajtású hőszivattyúkhöz a villamos csatlakozás vagy nem elegendő kapacitású vagy aránytalanul nagy költség mellett vállalja csak a szolgáltató a hálózat bővítését. Jelenleg a piacon elérhető hőszivattyú típusok közül csak levegő-víz típusokról van tudomásunk.

Előnye:

- Metán (földgáz, tisztított biogáz, szintetikus metán) elérhetősége esetén gázkazánokhoz képest magas hatásokon képesek hőenergia szolgáltatására.
- Egyes típusaik képesek egy berendezésen belül hő és villamos energiatermelésre is.

Hátránya:

- Amennyiben a városi energiaszolgáltató rendszer szolgáltatója az alapvetően megújuló energia alapú villamos energiát, a teljes értékláncon szemlélve (gáztól a hőig) a gázmotoros hőszivattyúk elmaradnak a villamos hajtású hőszivattyúktól, összességében alacsonyabb hatásfokkal képesek csak működni.
- A nem hőerőműi megújuló alapú (szél és napenergia) villamos energia termelés esetében nem jelentkezik a hagyományos hőerőműi termelésnél még meglévő értéklánc előnye a gázmotoroknak.
- Nem képesek részt venni mint fogyasztó a napi szintű villamos energia csúcsok elsimításában.
- Jelentős karbantartási igényük van (motorolaj csere, légszűrő csere vagy tisztítás, gyújtógyertya csere stb).
- Élettartamuk a belső égésű motor miatt rövidebb, mint a villamos hajtású hőszivattyúké.
- Füstgázvezetetről gondoskodni kell, nagyobb zajterhelést okoznak, mint a hasonló teljesítményű villamos hajtású gépek.
- Tetőre telepítve nagyobb tetőterhelést jelentenek, mint a villamos hajtású gépek.
- Kevés versengő gyártó kínál ilyen hőszivattyút.

Éves átlagos jósági fokuk - SPF= $\sim$ 1,4

#### 10.4.4 Abszorpciós hőszivattyúk

Az abszorpciós hőszivattyúk hatásfoka messze elmarad a kompresszoros hőszivattyúkéétól, azonban szinte zajtalanul is képesek működni. Részletesebb bemutatásra az Energiahatékonyság fejezet, Hűtés alfejezetében kerül. **A megújuló energia alapú városi energia önellátó rendszerbe nem javasoljuk használatukat**, mivel a teljes értékláncon (gáztól a hőig) rosszabb mutatóval rendelkeznek, mint a villamos hajtású hőszivattyúk.

Hőforrás alapján lehetnek

*levegő:* éves átlagos hatásfok SPF = 1,31-1,58 (35 °C előre menő hőmérséklet esetén)

*víz:* éves átlagos hatásfok SPF =  $\sim$ 1,64 (35 °C előre menő hőmérséklet esetén)

*szoláris sugárzás:* éves átlagos hatásfok SPF = 1,22-1,39 (35 °C előre menő hőmérséklet esetén)

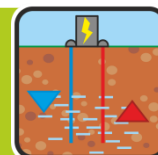
*hőforrásúak.*<sup>236</sup>

---

<sup>236</sup> Forrás:

[http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare\\_energien/waermepumpen/publikationen/energie\\_ee\\_wp\\_liste.pdf](http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare_energien/waermepumpen/publikationen/energie_ee_wp_liste.pdf)

## 11. Geotermikus energia alapú villamosenergia termelés



A geotermikus energia alapú villamos energiatermeléshez Magyarországon alapvetően ebben a fejezetben tárgyalt technológiák jöhetnek számításba. Ezen túlmenően a távfűtésnél említett műszaki és gazdasági megfontolásokat érdemes figyelembe venni.

### 11.1 ORC alapú geotermikus energiahasznosítás

#### 11.1.1 50 kW-os erőmű

Zalaegerszegen a pózvai kórház területén lévő termál kút kifolyó termálvíz hőmérséklete 92 C, ami már alkalmas lehet villamos energiatermelésre is. Azonban ennél a hőmérsékletnél a legtöbb munkaközeg gőze még tartalmazhat folyadék cseppeket, ami a hagyományos lapátos turbinák idő előtti elhasználódásához vagy meghibásodásához vezet. Ezért ekkora hőmérséklethez ún. **iker csavar expanderes ORC erőművet javaslunk**. Az iker csavar expander, a nagyüzemi sűrített levegő előállításból már ismert iker csavarkompresszor ellenkező irányú hasznosítása. Itt a nagynyomású munkaközéget rávezetik a pontos illesztésű expander csavarokra, amelyek végül generátort hajtanak.

Csavar expander (screw expander) gyártásban elsősorban a svédek járnak elől, talán mert Rudolf Lysholm svéd mérnök találta fel a csavar kompresszort is. A csavar expander alapú nedves vízgőzös erőműveket széles alkalmazzák világszerte ipari alkalmazásokban.

Romániában Aradon az Ioşia strandon is működik egy 50 kW<sub>e</sub>-os geotermikus hőforrású ORC kiserőmű. A hőforrás 105 C-os, 700 kWt teljesítményű. **Ilyen erőműnek demonstrációs céllal és a felsőoktatással való együttműködésben lehetne szerepe Zalaegerszegen.** A Műegyetem gépészeti kihelyezett kara (bár nem épületgépész kar), a hőforrás, és a hő felhasználó fogyasztók is rendelkezésre állnak. Ráadásul az erőmű hatásfoka javul attól, ha hűtő oldalán meleg víz előmelegítésre használják. Egy ilyen erőmű több villamos energiát szolgáltatna, mint a Zalára telepített törpe vízerőmű, ugyanakkor élő ORC laboratórium is lehetne. Jelenleg tudomásunk szerint Magyarországon nincs működő ORC erőmű, ezért jelentős oktatási lehetőségnek tartjuk.



11.1 számú ábra: Románia, Arad, ElectraTherm 50 kW<sub>e</sub> névleges teljesítményű csavar expanderes ORC erőmű

Az aradi erőmű fajlagos ára: 4400 €/kW<sub>e</sub><sup>237</sup>

Ezen árak alapján 8600 h éves működtetéssel számolva jobb gazdasági mutatói vannak, mint a mai naperőműveknek. A 8600 óra éves névleges teljesítményű üzemidejük kb. 7,5 szerese a naperőművékének (1150 kWh/kWp), de a beruházási költség „csak” kb. négyszerese. **Ez az erőmű Zalaegerszegen a pózvai kórház geotermikus távvezetékére telepítve közel annyi energiát képes termelni egy év alatt, mint egy 330 kWp teljesítményű naperőmű. Ugyanakkor helyigénye csak 1/26-a a naperőművének.**

Energiatermelési képesség alapján érdemes összevetni más technológiákkal, hiszen számunkra az éves energiamennyiség a mérvadó, nem a pillanatnyi vagy a névleges teljesítmény. **Egy ilyen erőmű megvalósítása akkor lenne igazán gazdaságos, ha a hűtő oldali hőenergiája is hasznosíthatóvá válna, pl. HMV vagy gőzvíz előmelegítésre.**

Csehországban öt ilyen nagyságrendű gép is üzemel hasonló hőmérsékletű hóforrással.<sup>238</sup>

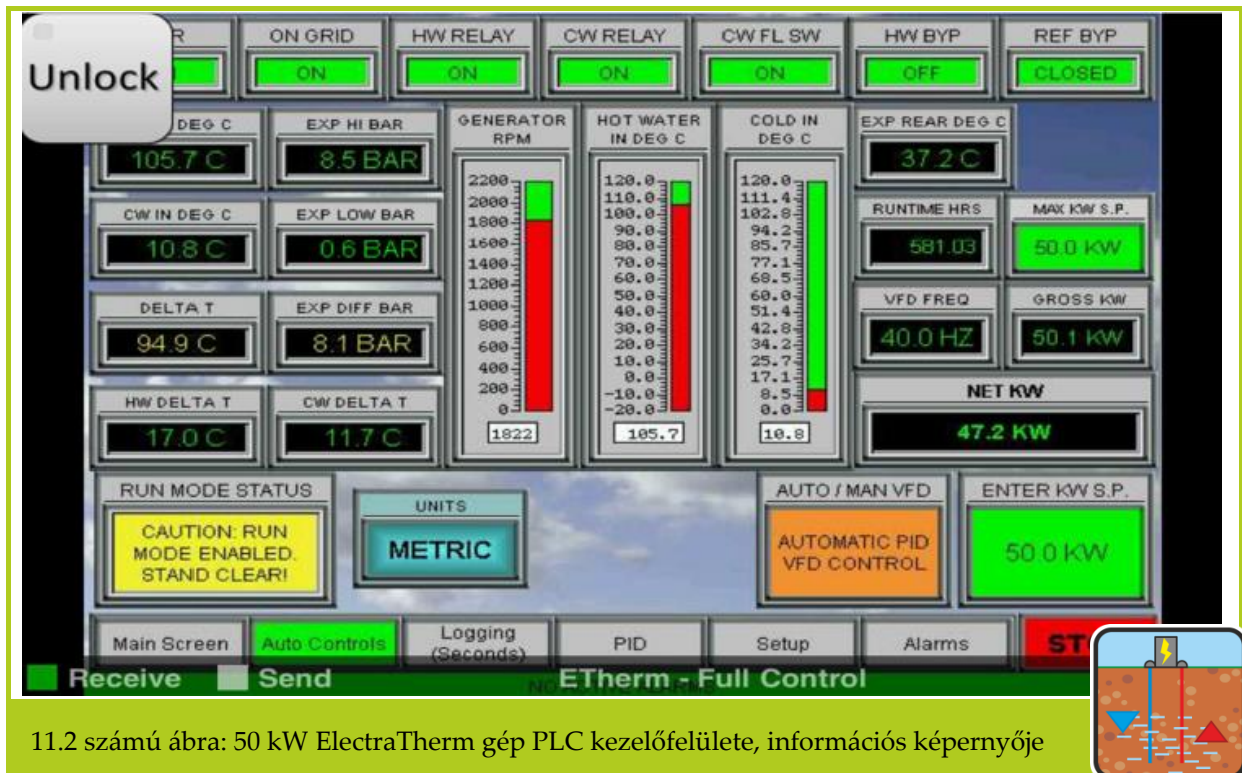
Illetve Németországban jelenleg 8 db van, és több is épül.<sup>239</sup>

<sup>237</sup> Forrás: <http://www.bihon.ro/miza-transgex-certificatele-verzi/1399377>

<sup>238</sup> Forrás: <http://www.enerdot.lv/GB%20-%20Green%20Machine%20presentation.pdf>

<sup>239</sup> Forrás: <http://www.gmk.info/references.html>





#### Előnyei:

- Kis helyigény,
- Minimális karbantartásigény
- Oktatási lehetőség, illetve a duális képzés részeként is szerepelhet, valamint kutatás fejlesztési kiindulópontja lehet az uniós szinten is jelentős magyar geotermikus energia felhasználás fejlesztésének.
- Tematikus turisztikai látványosság (ökoturizmus) a GreenCity részeként

#### Hátrányai:

- Kevés szállító (GMK, ElectraTherm)
- Zajterhelés
- Kevés a szakember ehhez a technológiához
- 15 éves élettartam
- ~9-10% hatásfok (a termálvíz bekerülési ára miatt fontos)

#### Telepítési időigény:

50 kW<sub>e</sub> teljesítményű erőmű esetén összesen kb 6 hónap lenne szükséges a tervezés és a HMKE erőmű hálózati csatlakozásának megszerzéséhez illetve az erőmű telepítéséhez a párhuzamosságokat kihasználva.

#### Gyártók:

- ElectraTherm
- GMK <http://www.gmk.info>

### 11.1.2 50 kW<sub>e</sub>-nál nagyobb ORC erőművek

Opcon csavar expanderes ORC erőmű ipari hasznosítása 2011-ben, fajlagos ár 580 kW<sub>e</sub> teljesítménynél: 3100-tól 3800 €/kW<sub>e</sub>.

Ennek az erőmű típusnak az a különlegessége, hogy amennyiben rendelkezésre áll megfelelő alacsony hőmérsékletű hűtő oldal, rendkívül alacsony hőforrás esetén is működő képes marad ez az erőmű. Egy Svédországban működő Opcon erőmű a gépre vezetett ~74°C-os (340 m<sup>3</sup>/h) hőmérsékletű hulladékhőből nyert hőforrással, és ~15°C-os hűtő oldali hőmérséklettel (tó vízből ~720 m<sup>3</sup>/h) 500 kW<sub>e</sub> névleges teljesítményt biztosít folyamatos üzemben. **Zalagerszegen a hideg oldal biztosítása nem látszik megoldhatónak ezért a pózvai geotermikus kutat, mint főforrást nem javasoljuk ~500 kW<sub>e</sub> nagyságrendű erőművel terhelni.** A távfűtés, mint hidegoldal nem lenne alkalmas, hiszen még a visszatérő hőmérséklete is ennél lényegesen magasabb.

#### Gyártók:

- OPCON AB
- Infinity Turbine

Zalaegerszeg esetében a geotermikus ORC technológia csak a délnyugati nagymélységű 4000m+ CH kutak ún. EGS (Enhanced Geothermal System) átalakításával, vagy újabb nagymélységű 150°C+ hőmérsékletű vízadó réteg feltárásával lenne kiaknázzható. Azonban mindkét megoldás finanszírozhatósága rendkívül kérdéses, a magas kezdeti költségek és a magas kezdeti kockázat együttállása miatt. Illetve jelenleg több lekötött nagymélységű (2500m+) bányatelek is van már a szóban forgó DNY-i területen. Továbbá az EGS technológiával még viszonylag kevés sikeres projekt valósult meg. A villamos energiatermelés utáni hő hasznosítás rendszerint távfűtéses rendszerrel együtt jelent gazdaságos megoldást, ugyanakkor a potenciális hő fogyasztók a délnyugati „forró pontoktól” mintegy 15 km-re esnek. Ez a távolság már megkérdőjelezi a hő távfűtéses gazdaságos felhasználhatóságát. A fenti okok miatt **ORC ciklusú geotermikus erőművek kialakítását a közeljövőben nem javasoljuk**, de 10-15 év múlva technológiai fejlődést feltételezve, felülvizsgálatra érdemes megoldás lehet, mivel füstgázmentes, kis helyigényű nem váltakozó elérhetőségű megújuló energiaforrás.

### 11.1.3 Kalina ciklusú geotermikus erőművek

Az ún. Kalina ciklus is zárt rendszerű körfolyamat, az ORC erőművek egyfajta továbbfejlesztett változatának tekinthető, szintén hőerőgép. Itt a munkaközeg víz és ammónia elegye. A körfolyamat során alkalmazott ammónia-víz termikus tulajdonságai előnyösebb működési tartományt eredményeznek az erőmű hőmérséklet viszonyaiban, és határfokában is, mint az ORC erőműveknél elérhető mutatók. Az ún. alacsony entalpiájú geotermikus

hőforrásoknál (ilyenek a Zalaegerszeg számára elérhető hőforrások is) ~25%-al nagyobb villamos energia kihozatalt eredményez, mint az ORC körfolyamat.<sup>240</sup>

A gyakorlatban azonban bonyolultabb gép adódik. Nagyon kevés szállító elérhető világszerte jelenleg, illetve 500 kW<sub>e</sub> alatti mérettartományban nem ismerünk szállítót.

Németországban München közelében Unterhachingban működik 2009 óta egy kapcsolt energiatermelésben működő Kalina ciklusú erőmű 3,4 MW<sub>e</sub> villamos és 20 MW<sub>th</sub> névleges hő teljesítménnyel. Hőforrás 133 °C 3580 méter mélységből, vízhozam >150l/s (!).

A másik németországi Kalina erőmű Brushalban működik 580 kWh teljesítménnyel. Ennél a típusnál a turbina fordulatszáma 28000 RPM, ami magasnak számít a kis teljesítményű turbinák között, aggályos a várható élettartamra tekintve.

**Zalaegerszeg esetében a geotermikus Kalina technológia csak a délnyugati nagymélységű 4000m+ CH kutak ún. EGS (Enhanced Geothermal System) átalakításával vagy újabb nagymélységű 150°C+ hőmérsékletű vízáadó réteg feltárásával lenne kiaknázzható.** Azonban mindkét megoldás finanszírozhatósága rendkívül kérdéses, a magas kezdeti költségek és a magas kezdeti kockázat együttállása miatt. Illetve jelenleg több leköltött nagymélységű (2500m+) bányatelek is van már a szóban forgó DNY-i területen. Továbbá az EGS technológiával még viszonylag kevés sikeres projekt valósult meg. Végül a villamos energiatermelés utáni hő hasznosítás rendszerint távfűtéses rendszerrel együtt jelent gazdaságos megoldást, ugyanakkor a potenciális hő fogyasztók a délnyugati „forró pontoktól” mintegy 15 km-re esnek. Ez a távolság már megkérdőjelezi a hő távfűtéses gazdaságos felhasználhatóságát. A fenti okok miatt a Kalina ciklusú geotermikus erőművek kialakítását a közeljövőben nem javasoljuk, de 5-10 év múlva technológiai fejlődést feltételezve, felülvizsgálatra érdemes megoldás lehet, mivel füstgázmentes, kis helyigényű nem váltakozó elérhetőségű megújuló energiaforrás.

#### **Fajlagos ár (Japán és Izlandi erőművek alapján):**

1700 MW<sub>e</sub> erőműnél 2001-ben : 2176 €/kW

A geotermikus villamos energia előállítás önköltségi árát (LCOE) a szezonális energiátárolás költségeivel érdemes összevetni, hiszen a téli félév legdrágább villannyal járó időszakában is képesek energiatermelésre ráadásul jellemzően minél hidegebb van annál kedvezőbb határfok mellett.

---

<sup>240</sup> Forrás:

[http://www.ahkungarn.hu/fileadmin/ahk\\_ungarn/Dokumente/Bereich\\_HF/Dienstleistungen/Kooperationsboersen/2013-10-14\\_EE2013/Praesentation\\_Knapek.pdf](http://www.ahkungarn.hu/fileadmin/ahk_ungarn/Dokumente/Bereich_HF/Dienstleistungen/Kooperationsboersen/2013-10-14_EE2013/Praesentation_Knapek.pdf)

## 12. Geotermális alapú távhőellátás



A hőigények gazdaságos, környezetkímélő, megfelelő mennyiségben és minőségben történő biztosításának egyik módja a központos (centralizált) hőellátás.

A távhő az a hőenergia, amelyet a távhőtermelő létesítményből hőhordozó közeg alkalmazásával távhőhálózaton keresztül üzletszerű tevékenység keretében a felhasználó helyre eljuttatnak. Ha a fogyasztó a termelt és részére eljuttatott hőt a jogi személyiségű szolgáltatótól (társaságtól) közüzemi szerződéses formában, a jogszabály (távhőtörvény) által szabályozottan veszi igénybe, távhőszolgáltatásról beszélünk. Hazánkban a távhőellátás távhőszolgáltatás formájában valósul meg. Ez azt is jelenti, hogy a fogyasztó és a hőtermelő közé egy közvetítő, a szolgáltató épült be.

A magyarországi távhőellátás az 50-es években jelent meg a termelői szektorban. Itt ismerték fel a villamos energiafejlesztésnél illetve az ipari technológiáknál a hulladékhő felhasználás gazdasági előnyeit és a beruházás feltételeinek megléte hozta létre az első távhőellátó rendszerek kiépülését.

A lakossági távhőellátás a 60-as években az állami lakásépítési programmal lépett be és nagyarányban terjedni kezdett. Ez a dinamikus fejlődés a maga problémáival együtt az 1988-89-es évekig tartott.

Az állami lakásépítés leállásával a távhő szektor mennyiségi fejlődése is megállt.

Az utóbbi 20 év jellemző főbb adatait és időbeli alakulását az 12.1 számú táblázat szemlélteti.

		1990	2000	2009	2010
Távhőszolg. rendsz. száma	db	328	241	207	201
Hőtermelő létesítm. száma	db	310	239	265	n.a
Hőtermelő létesítm. kapacitása	MW	18 817	12 487	9 041	8 035
Távfűtött lakások száma	db	638 827	641 204	654 603	647 453
Távfűtött lakások fűtött térf.	lm <sup>3</sup>	88 758 486	87 436 928	93 371 275	92 346 238
HMV-vel ellátott lakások száma	db	586 147	590 453	602 071	594 242
Közületek fűtött térfogata	lm <sup>3</sup>	16 941 905	19 793 158	22 237 093	23 121 023
Lakások száma országosan	ezer db	3 853	4 062	4 331	4 359
Távfűtött lakások aránya	%	16.57	15,8	15.1	14,9
Csúcshő igények					
- átalánydíjasok fűtése	MW	3 887	3 859	3 080	2 980
- átalánydíjasok HMV ellátása	MW	741	620	615	590
- ipari fogyasztók	MW	3 961	1 810	1 584	1 261
Összes csúcshőigény	MW	8 598	6 289	5 279	4 831
Hőfelhasználások					
- iparnak	TJ/év	42 671	21 546	10 228	10 175
- lakásfűtésre	TJ/év	21 981	20750	16 821	18 198
- lakás HMV-re	TJ/év	12 777	7 862	5 660	5 653
- közületek fűtésére	TJ/év	4 248	4 124	4 675	4 910
- közületek HMV-re	TJ/év	727	473	421	386
- egyéb	TJ/év	1 110	1 722	3 054	3 807
Értékesített összes hő	TJ/év	83 514	56 477	41 064	43 129
Energiahordozó felhasználás					
- szilárd	TJ/év	29 172	14 086	1 758	2 255
- tüzelőolaj	TJ/év	988	14	54	7
- vezetékes gáz	TJ/év	63 797	50 361	40 205	46 063
- fűtőolaj	TJ/év	12 098	4 423	1 541	193
- egyéb	TJ/év	2 279	3 594	6 204	8 956
Összes en.hord. felhasználás	TJ/év	108 334	72 478	49 908	55 019
Kapcsolt vill.en. termelés					
- kapacitás	MW	702	878	1 822	1 772
- vill.en. termelés	GWh/év	2 227	3 386	5 378	6 089
(OSAP adatszolgáltatás)					

12.1 számú táblázat: A távhőellátás utóbbi 20 évének főbb adatai



A táblázat adataiból néhány fontos következtetés adódik:

- az értékesített hőmennyiség közel a felére esett vissza, ezen belül az ipari fogyasztók felhasználása az egyharmadára esett, gyakorlatilag a távhőszolgáltatás kommunális szolgáltatást jelent.
- Az energiahordozó a földgáz (83,6 %).
- A lakás fűtési fajlagos fogyasztás a korszerűsítések eredményeként 34GJ/lakás,év (1990. év) értékről 28GJ/lakás,év(2010. év) értékre csökkent.
- A termelői oldalon még mindig jelentős a többlet kapacitás.
- Az egyéb energiahordozók alatt jelentősen megnőtt a megújuló energiák felhasználása.

A távhőellátás és távhőszolgáltatás Európában és nálunk is kilépett a korábbi közvetlen „fűtési szerepkörből”, és az energia- és környezetpolitika tudatos eszközévé vált. A távhőellátás, távhőszolgáltatás a lakossági szférában sem egyszerűen közmű, hanem az energiahatékonyság növelésének, valamint a környezet- és klímavédelem fontos szereplője. A távhőrendszerek helyet és lehetőséget adnak a villamosenergia-termelés legkorszerűbb, leghatékonyabb és leggyorsabban megvalósítható módjának, a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelésnek, ezen belül a kombinált ciklusú, valamint a gázmotoros energiatermelésnek.

Az utóbbi években a fogyasztók részéről megindult egy épület-rekonstrukciós tevékenység (épületszigetelés, nyílászáró csere, fűtési fogyasztás mérése, szabályozhatóság kialakítás), amely jelentősebb energia megtakarítást egyúttal biztos díjcsökkenést is eredményez. A folyamatot az állam pénzügyileg támogatja (panel, panel+stb).

A folyamatosan csökkenő hőigények, a felhasznált energiahordozóban a 83%-os részarányt képviselő földgáz és annak állandóan változó, növekvő ára alapvetően befolyásolják a hőellátás gazdaságosságát, és a lakossági fogyasztók díjérzékenysége pedig a távhő megítélését.

De a szolgáltatónál és a termelőnél is hatékonyság romlást okoz mind műszaki, mind gazdasági területen. (kapacitás-kihasználás, veszteségek növekedése).

A hőpiac csökkenés a kapcsolt hő- és villamos energiatermelés lehetőségét is rontja. A távhőellátási szektornak a fentiek ellensúlyozására és a tovább létezéshez a következőket kell megtennie:

- a hőpiac kibővítésének lehetőségét meg kell találni akár az állam támogatásával,
- szükséges az olcsóbb hő beszerzésének illetve előállításának irányába elmozdulni, amihez Magyarországon a kiváló geofizikai, hidrológiai és geotermikus adottságok következtében a legjobb lehetőséget a hévíz fűtési célra történő mind szélesebb körű felhasználása adhatja.

## 12.1 A hazai geotermális energiával működő városi távhőrendszerek és azok továbbfejlesztése a Táv hő Cselekvési Tervnek megfelelően

A geotermikus energia bázisterületeihez kapcsolható távhőrendszerek terület elhelyezkedése a geotermális adottsághoz kötött.

A meglévő hévízkutakhoz kapcsolódó rendszerek voltak az elsők, emiatt széleskörű tapasztalatokkal szolgálnak ezek a távhőellátó rendszerek.

Jogszabály szerint távhőellátásnak minősülő rendszerek üzemelnek az alábbi városokban:

- Csongrád
- Hódmezővásárhely
- Nagyatád
- Szeged
- Szentes
- Szigetvár
- Vasvár
- Szentlőrinc

Település	Energiahordozó			Fűtött térfogat		Csúcshő-igény MW	Értékesített hő GJ/év
	összes GJ/év	geoterm. GJ/év	arány %	lakás lm <sup>3</sup>	közület lm <sup>3</sup>		
Csongrád	29 913	26 949	90,0	78 172	3 312	5	23 603
Hmv.hely	109 306	87 941	80,4	421 691	146 763	29	105 927
Nagyatád	10 306	3 320	32,2	29 010	5 772	2	8 483
Szeged	1 230 538	21 680	1,7	3 697 084	365 142	151	1 027 354
Szentes	89 896	87 607	97,4	201 237	192 129	11	70 150
Szigetvár	43 886	4 829	11,0	116 763	18 126	11	37 552
Vasvár	21 211	2 735	12,9	44 225	70 888	5	20 849
Szentlőrinc	21 757	21 757	100,0	89 470	3 613	4	16 355

12.2 számú táblázat: A geotermikus energiát (is) hasznosító magyarországi távhőrendszerek

A fenti rendszerek fűtés és használati meleg víz (HMV) készítésének céljára használják a geotermikus energiát.

A rendszerek kialakítása városonként eltérő, éppúgy, mint a fogyasztói struktúra.

A két legnagyobb hévízfelhasználó távfűtés Hódmezővásárhelyen és Szentesen van. A rendszerek fejlesztése és kialakulása az alábbi négy város esetében más és más.

**Hódmezővásárhelyen** a szerves fejlődés városnegyedenként önálló hévízkutakkal kezdődött, és ezeket az önálló üzemre is képes negyedeket közműszerűen kötötték össze. Ez a megoldás Közép-Európában egyedülálló, mint hévíz közműrendszer. Itt a hévíz kedvező vízminőségi adottságának köszönhetően közvetlenül alkalmas HMV-szolgáltatásra. Négy rendszerből áll a városi távhőrendszer, amely számos nagy hőfogyasztású középületet is ellát hővel és melegvízzel (uszoda és fürdő, városháza, kórház, stb.). A városi távhőrendszer végpontja a strandfürdőnél a lehűlt hévíz visszasajtolásánál van (1700 m mélységű kút.) Ennek a nagyrendszernek a közműszerű működtetése azt eredményezi, hogy a teljes hőigény 80%-át geotermikus hővel fedezik.

**Szentesen** korábban négy, gázenergiával működő távhőrendszer üzemelt, önálló működéssel és mintegy 400 ezer fűtött m<sup>3</sup>-rel. A fejlesztés több lépcsőben valósult meg, két termálkút bekapcsolásával, ma már szervesen egy egységet alkot a teljes városi távfűtés, ahol a hő 97%-ban geotermikus bázison üzemel. Három városnegyedben a korábbi, meglévő kazántelegek megmaradtak csúcs-, illetve tartalék üzemre földgáztüzeléssel.

**Szegeden** sok kisebb távfűtő rendszer alkalmasnak tűnt helyi geotermikus ellátás bevezetésére. Különlegesség volt pl. a klinikai negyed épületeinek termálvízzel való fűtése, ami ma már újra működik hévízbázison.

A két hévízzel ellátott városnegyed külön-külön hévízbázissal rendelkezett, és a szükséges hő 35%, illetve 15%-át látta el geotermiával.

**Szentlőrincen** új, sikeres fejlesztéssel visszasajtolással tudják működtetni a kisméretű távhőrendszert.

A többi város esetében, a változó adottságoknak megfelelően használják a hőbázist, jelentős földgáz-megtakarításokkal.

#### A meddő szénhidrogén kutakhoz kapcsolódó távhőrendszerek

A 1960-70-es években az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt (OKGT) szénhidrogénre meddő, de termálvizet adó kútjaiból többet vettek át más gazdasági szereplők – jellemzően iparvállalatok és termelőszövetkezetek –energiaellátásuk biztosítására. Arról azonban, hogy távhőrendszer épült volna ilyen kutakból kitermelt hévízre alapozva, nincsen tudomásunk.

A rendszerváltás óta az OKGT meddő szénhidrogénkútjai a Bányavagyon hasznosító Nonprofit Közhasznú Kft. kezelésében állnak. Ők végzik adottságaik értékelését, tartják naprakészen az adatbázist, és keresik értékesítési lehetőségeiket.

#### A települési termálvízfűtési rendszerek jogi helyzete

A termálvíztermelő és szolgáltató rendszerek vízi létesítményeknek számítanak. Ebből következően megépítésükhöz és üzemeltetésükhöz vízjogi hatósági engedélyre van szükség,

ami kiterjed a termálvizet kitermelő, kezelő, elosztó, hasznosító és elhelyező létesítményekre, berendezésekre.

A termálvízzel megvalósuló geotermikusenergia-hasznosítás hagyományosan olyan tevékenység, amely vízjogi engedéllyel létesíthető és folytatható, és ezt a bányatörvény 1993-tól hatályos formája csak annyiban módosította, hogy a felszíntől számított 2500 m-nél mélyebbről származó geotermikus energia hasznosítására, mára bányahatósági engedélyezést tett kötelezővé. Azonban sem a vízjogi, sem a bányahatósági engedélyezésből nem következik az, hogy az ilyen termálvizes energiaszolgáltatások egyben távhőszolgáltatások is lennének. **Fontos ugyanis megjegyezni, hogy a termálvíz hőmérsékleti és mennyiségi korlátai miatt a geotermikus energia általában nem képes a fogyasztói igények teljes körű kielégítésére.** Ezért minden fogyasztónak folyamatosan üzemképes és bármikor „bevethető” állapotban kell tartania meglévő kazánjait, hogy a szükséges teljesítménypótlásról saját maga gondoskodni tudjon. Ezáltal nem teljesíthető az a követelmény, aminek pedig a távhőszolgáltató rendszerek mindegyike megfelel, hogy a fogyasztói igényeket 100%-ban képesek kielégíteni, és a fogyasztónak semminemű kiegészítő hőtermelést nem kell végeznie. A távhőszolgáltatásnak tehát nem elégséges feltétele az, hogy a hőenergia „messziről jön”, ahhoz az is kell, hogy képes legyen az igények teljes körű kielégítésére.

Fentiekből következően a termálvizes geotermikus fűtési rendszerek távhőellátásnak igen, távhőszolgáltatásnak azonban nem tekintendők.

Ez persze **nem zárja ki annak a lehetőségét, hogy a jövőben megépülő új termálvíz hasznosításokkal távhőszolgáltatás is létrejöjjön.** Amennyiben a termálvíz-hasznosítást megvalósító beruházó gondoskodik a csúcsergia, illetve a termálrendszer havária eseményei miatt szükséges tartalékenergia biztosításáról, és emiatt a rendszerre kapcsolt fogyasztóknak saját hőtermelő kapacitást nem kell fenntartaniuk, akkor már műszaki és jogi értelemben is távhőszolgáltatásról beszélhetünk. Ebben az esetben a geotermikus távhőszolgáltató ugyanúgy monopolhelyzetbe kerül, mint bármely más távhőszolgáltató, hiszen a fogyasztói a megfelelő mennyiségű és minőségű hőenergiát máshonnan beszerezni nem képesek, és így indokoltá válik a fogyasztók hatósági-áras védelme a szükségszerű monopolhelyzet miatt. A hatósági ár azonban veszélyt is rejt magában, hiszen ha abban nem tükröződik a tőkebefektetés tisztas megtérülésének igénye, és a hatósági ár, mint maximált szolgáltatási díj nem nyújt fedezetet a működési költségeken túl a tőke megtérülésére, akkor az ármegállapításnak való kitettség elriaszthatja a potenciális befektetőket a geotermikus beruházások elindításától. Jobb esetben a beruházás megvalósul ugyan, de előfordulhat, hogy olyan műszaki megoldás választásával, ami energetikailag nem a legoptimálisabb csak azért, hogy távhőszolgáltatás legyen, és ezáltal hatósági ármegállapítási kötelezettség ne jöhessen létre.

A hazai gyakorlatban tapasztaltunk már olyan törekvést, hogy lakossági fogyasztóval rendelkező település geotermikus energiaszolgáltatót a hatóság arra kötelezett, hogy kérje meg a szükséges engedélyeket, és jelentkezzen be a távhőszolgáltatási körbe.

Véleményünk szerint ez nem helyes eljárás.

Az államigazgatási szerv vélhetően abból indult ki, hogy ha létezik egy távhőellátás, mint amilyen a geotermikus energiaszolgáltatás is, és az lakossági fogyasztót lát el, akkor az a helyi önkormányzatnak kötelező közszolgáltatása kell, hogy legyen, ami pedig csak távhőszolgáltatás lehet. Ebből viszont már egyenesen következik – a lakossági fogyasztókra vonatkozóan – a szolgáltatási díj hatósági megállapítása.

Véleményünk szerint azonban nem kerülhető meg annak a körülménynek a vizsgálta, hogy a fogyasztó hőellátását kizárólag egy szolgáltatótól képes-e beszerezni, vagy sem? Az első esetben szükségszerű a monopolisztikus szolgáltatói helyzet kialakulása, míg több beszerzési forrás esetén éppen ellenkezőleg, szolgáltatói versenyhelyzet áll elő, amikor a fogyasztó számára kedvezőbb szolgáltatást fogja igénybe venni. Márpedig versenyhelyzet fennállásakor külső, hatósági ár megállapításnak vagy nincs, vagy nagyon korlátozottan lehet csak létjogosultsága. A verseny korlátozása nyilvánvalóan nem lehet célja semmilyen állami beavatkozásnak. A hatósági ár indokoltságát a szolgáltató monopolhelyzete alapozza meg, amely teret adhat a helyzetével való visszaélésre a szolgáltatási díj megállapításánál, ami ellen a (lakossági) fogyasztót az állam köteles megvédeni. Versenyhelyzet esetén azonban ilyen védelemre a fogyasztó nem szorul, legfeljebb akkor, ha a szolgáltatók kartellbe tömörülve mesterségesen magasan próbálják tartani az árat. Ezt a magatartást azonban törvény tiltja.

Áttekintve a települési geotermikus rendszerek létrejöttének magyarországi jellemzőit, azt tapasztalhatjuk, hogy azok az esetek elsősorban többségében, szinte 100%-ban meglévő épületek hőellátását célozták meg, azaz olyan helyeket, ahol valamilyen hőtermelés korábban is folyt. Nagyon gyakran egy-egy település közintézményeinek (iskolák, óvodák, hivatalok, művelődési házak, stb.) gáztüzelésének kiváltása volt a cél, ami mellett időnként központi fűtéssel rendelkező lakóépületek, leginkább társasházak geotermikus fűtése is szóba került. A lényeg egyértelműen az, hogy valamennyi épület rendelkezett a saját, fűtéséhez és a meleg víz készítéséhez szükséges berendezésekkel, valamint energiahordozó-vételezési lehetőséggel, ami majdnem mindig a vezetékes földgázhálózati csatlakozást jelentette. A geotermikus energia szolgáltatásának lehetősége a földgázellátással párhuzamos szolgáltatásként jelent meg. Ennek megfelelően a meglévő hőtermelő eszközök mellé telepítették a geotermikus rendszer berendezéseit olyan technológiai kapcsolással, hogy szükség esetén a meglévő hőtermelés kiegészíthesse a geotermikus fűtést. Az ilyen módon megkettőződött hőellátási mód pedig gazdasági versenyhelyzetet teremtett, ami általában abban nyilvánult meg, hogy a geotermikus energia díját a mindenkori földgázárhoz kötötték úgy, hogy ahhoz képest a geotermikus energia mindig csak olcsóbb legyen. Ezzel a geotermikus energia saját javára fordíthatja azt a hátrányt, ami a helyi jellegéből, korlátozottan szállíthatóságából ered. A



földgáz ugyanis az ország szinte bármely pontján elérhető energiahordozó, az ország primer energiamérlegben igen jelentős súllyal bír, így az hő árát a helyi viszonyok és hatások nem, vagy csak nagyon korlátozottan befolyásolhatják.

Még egy adalék ahhoz, hogy a geotermikus energia szolgáltatása nem távhőszolgáltatás. Előfordultak olyan esetek is, amikor a már kiépült termálvizes hálózatra olyan új fogyasztókat kötöttek rá, amelyek a hálózat megépítésekor még nem léteztek. Az ilyen új épületek fűtési rendszerét általában már a helyi termálvíz adottságaihoz igazodva tervezték meg, azonban egyetlen példát sem ismerünk, ahol a teljes értékű kazános hőtermelést nem építették volna ki. Annak ellenére cselekedtek így, hogy a minél nagyobb mértékű geotermikus ellátást célozták meg. A gyakorlati tapasztalat tehát azt mutatja, hogy nemcsak a geotermikus rendszer megépítése előtti, hanem az azt követően létesült fogyasztók is kettős hőellátó megoldással rendelkeznek. A versenyhelyzet továbbra is töretlenül fennáll, monopolisztikus szolgáltatás nem jön létre.

Értelemszerűen a geotermikus energia csak akkor tud versenyezni, azaz helyileg olcsóbb lenni a földgáznál, ha a geotermikus beruházás gazdaságossága azt megengedi. Ezen a ponton válik fontossá a támogatáspolitikai.

## 12.2 A geotermális energia, mint megújuló energiaforrás

A hő felszínrehozatala, kitermelésének tervezése és a hőgazdálkodás szempontjából fontos ismerni a geotermális energia mennyiségét. Eltérő becslések léteznek a tárgyban, de az alapfogalmakban a pontos leírás egyértelmű.

**A geotermális energia földtani készletének egy meghatározott térfogatba zárt kőzet szilárd és cseppfolyós alkotóinak kezdeti, zavartalan felső és választott alsó hőmérséklet határok közötti hőtartalmát (pontosabban energiáját) nevezzük.** (Szilas A. Pál definíciója)

A választott alsó hőmérséklet határ általában a felszíni évi középhőmérséklet. A meghatározott térfogatba zárt kőzet jó áteresztőképességű és hézagai vizet tartalmaznak, vagy a felszínről vízutánpótlást kapnak.

**Geotermális telep** az az összefüggő kőzettest, amelyből vízzel hőenergiát szállítunk a felszínre. A mélységi eredetű víz tehát hőhordozó.

A geotermális fluidummal telített kőzettest, amely porózus, áteresztőképes, egységnyi térfogatú részének fajlagos belsőenergia tartalma a következő:

$$E = \phi \cdot \rho_F \cdot c_F \cdot T_F + (1 - \phi) \rho_K \cdot c_K \cdot T_K$$

ahol  $\phi$  = porozitás,

$\rho$  = sűrűség,

$c$  = fajhő,

$T$  = abszolút hőmérséklet,

$F$  index a fluidumra,  $K$  index a kőzetre vonatkozik.

Ha elméletileg a környezet hőmérsékletéig ( $T_o$ ) tudnánk felhasználni lehűtéssel a geotermális energiátartalmat, akkor a következőképpen írhatjuk:

$$E_{elm} = \phi \cdot \rho_F \cdot c_F \cdot (T_F - T_o) + (1 - \phi) \rho_K \cdot c_K \cdot (T_K - T_o).$$

A mélységi vízáradó rétegben hőmérséklet egyensúly van

$$T = T_F = T_K,$$

ezért:

$$E_{elm} = [\phi \cdot \rho_F \cdot c_F + (1 - \phi) \rho_K \cdot c_K] \cdot (T - T_o).$$

Egyszerűsítve, a kőzet eredő hőmérsékletével és fajhőjével írva:

$$E_{elm} = \rho \cdot c \cdot (T - T_o),$$

ahol

$$\rho = (1 - \phi) \rho_K \cdot c_K + \phi \rho_F,$$

és

$$c = \frac{\phi \rho_F c_F + (1 - \phi) \rho_K c_K}{\phi \rho_F + (1 - \phi) \rho_K}.$$

Az elméletileg kinyerhető energiamennyiség tehát:

$$E_{elm} = \int \int_{A_0} \rho c (T - T_0) dz d_A.$$

Mindez egy  $A$  nagyságú területre és  $z$  mélységre vonatkozik. Ez az ún. **kezdeti földtani készlet** energiája.

A hozzáférhető **földtani készlet** ebből a mélyfúrással elérhető tartományból kitermelhető energia. Ez a készlet természetesen nem hozható felszínre teljesen, ezért definiáljuk a **kitermelhető (vagy ipari) készletet**, amelyben csupán a reálisan a technológiai lehetőségeknek megfelelően kitermelhető készletet értjük. A 0-4 km mélységből, gazdaságosan a felszínre hozható geotermális energia lehet az ún. **gazdaságosan kitermelhető geotermális energiakészlet**. Hazánkban ez a pannon üledéksor és a mélykarszt hévíztárolóiból kitermelhető készlet része.

A pannon-üledéksorok rétegvizét, ha a lehűlt víz visszatáplálását is megvalósítjuk, - nemcsak a rétegvíz belső energiáját hozzuk a felszínre, hanem a kőzetváz belső energiájának egy részét is. Hazánk területén kb. 40 000 km<sup>2</sup> területen vannak a felsőpannon homokos víztároló kőzetei, ahonnan hévizeket tudunk felszínre hozni gazdaságosan.

### 12.2.1 Hévízkutatás és termelés

#### A Pannon-medence geotermális adottságai

A **geotermális rendszer** a földkéreg lehatárolt tartománya, amely annak környezetével hőátviteli kapcsolatban áll.

A geotermális tároló (rezervoár) a rendszernek része, ahonnan egy hőhordozó közeg által felszínre hozható a belső energia egy része. A tároló tehát megfelelő porozitású hévíz, vagy gőztároló geológiai képződmény. Ezt nevezzük természetes geotermális tárolónak.

A mesterséges tároló nem tartalmaz rétegfolyadékot, onnan a hőt a felszínről besajtott hőhordozó közeg által lehet kitermelni. Ezt a rendszert száraz forró kőzetnek nevezzük.

A hőátadás a mélyrétegekben konvekcióval vagy hővezetéssel történik.

A geotermális tárolót állandóan fűti a földi hőáram. A felszínre érkező hő utánpótlására a vezetési (konduktív) hőáram szolgál, amely viszonylag kisebb intenzitású, mint a konvekciós hőátadás.

A földi hőáram átlagos értéke nálunk 90 mW/m<sup>2</sup>. Ez a más európai területeken mért átlagosan 60 mW/m<sup>2</sup>-nél lényegesen nagyobb, ezért hazánkban gazdaságosan termelhető mélységi hőenergia, ha az egyéb földtani viszonyok is kedvezőek:

- süllyedő és üledékes medencékben,
- 50-60°C/km geotermikus gradiens,
- megfelelő víztartó rétegek jelenléte.

Az ilyen porózus, homokos, homokköves tárolókban konvekciós-áramok nem alakulhatnak ki. A mélység mentén mért hőmérsékleti gradiens lényegében lineáris.

Ezen un. kientalpiájú tárolók maximális réteghőmérséklete nem haladja meg a 150°C-ot. A legnagyobb hővezetéssel fűtött rezervoár vákuum az un. Felsőpannon homokos tároló az Alföld üledéksoraiban. Átlagosan 200 m vastagságú, kb. 40 000 km<sup>2</sup> kiterjedésű, amely az országhatártól függetlenül folytatódik a Kárpát-térben (Románia, Szlovákia a Kisalföld felől, Szerbia).

### A geotermális gradiens és a földi hőáram

Geotermális gradiensnek nevezzük a hőmérséklet mélység menti változását.

Jele:  $gg$

$$gg = \frac{dT}{dz}.$$

Ennek értéke rétegről rétegre más és más nagyságú, mert más a harántolt rétegek anyaga, hővezetési tényezője.

Az adott helyen az összes réteg fizikai, hőtani jellemzői határozzák meg a geotermális gradienst.

A geotermális gradiens hozzávetőlegesen megadott számértékénél jobb jellemző egy terület alatti geotermális adottságokra a **földi hőáram**. A réteghőmérséklet mélység szerinti inhomogenitása váltja ki a földi hőáramot.

Ennek nagysága:  $q = -k \frac{dT}{dz}$ ; konkrétan egy rétegre:

$$q = -\frac{k}{H}(T_1 - T_o)$$

ahol:  $k$  = az adott réteg hőátbocsátási tényezője,

$H$  = a réteg vastagsága,

$T_1 - T_o$  = hőmérséklet különbség a réteghatárok között.

A hőáramvektor:

$$q = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{H_i}{k_i}} (T_n - T_o).$$

## 12.2.2 Geotermális energiahasznosítási változatok

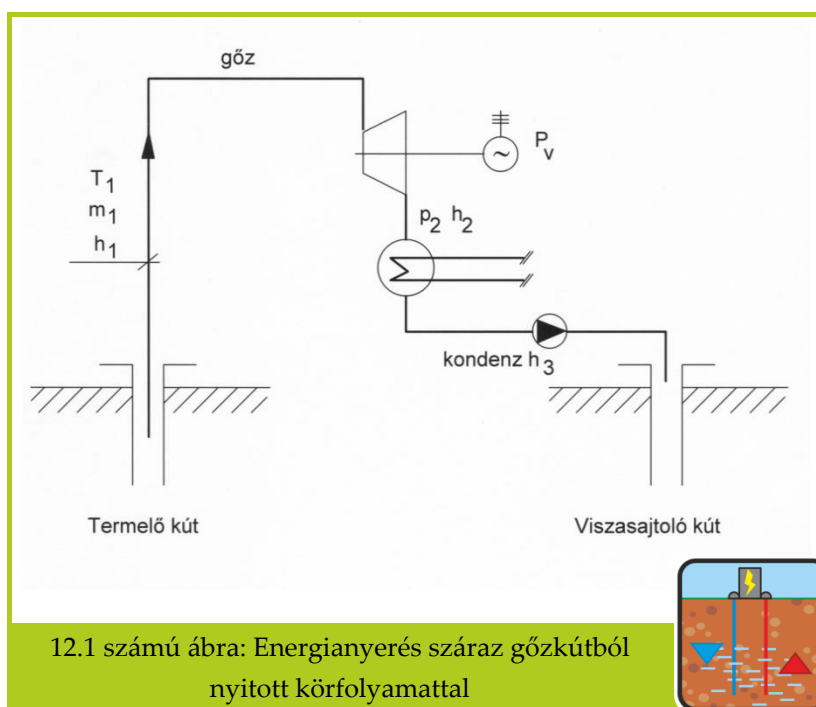
### Villamos-energia termelés változatai

A nagyhőmérsékletű geotermális energiaforrások hőjét tudjuk villamos áram termelésre is hasznosítani.

Az áramtermelésre alkalmas geotermális közegek:

- száraz gőz
- nedves gőz
- forróvíz

a.) **Száraz gőz kutakból** nyitott körfolyamat működésével nyerünk energiát. A mélyfúrású kútból telített vagy túlhevített gőzt kapunk, amelyet kondenzációs turbinába vezetünk. Az ilyen gőzerőmű elvi felépítését az 12.1 számú ábra szemlélteti.



Különös feladatként jelentkezhethet, ha nagy sótartalmú vagy gáztartalmú a gőz, mert lerakódások, agresszivitás, korrózió mutatkozhat a rendszerben.

A nyitott folyamatból kapott kondenzátumot az eredeti geotermális rétegbe kell visszajuttatni. A gyakorlatban több termelőkút gőzét hasznosítják egy turbinában. A felszínre lépő gőz  $p_1$  nyomású,  $h_1$  entalpiájú,  $T_1$  hőmérsékletű.

Ezzel a villamos teljesítmény:

$$P_v = m \cdot (h_1 - h_2).$$

Az induló hőáram:

$$\dot{Q} = \dot{m}_1 \cdot h_1.$$



A nyitott rendszer hatásfoka:

$$\zeta = \frac{P}{Q} = \frac{h_1 - h_2}{h_1}.$$

A geotermális hőfelhasználás hatásfoka:

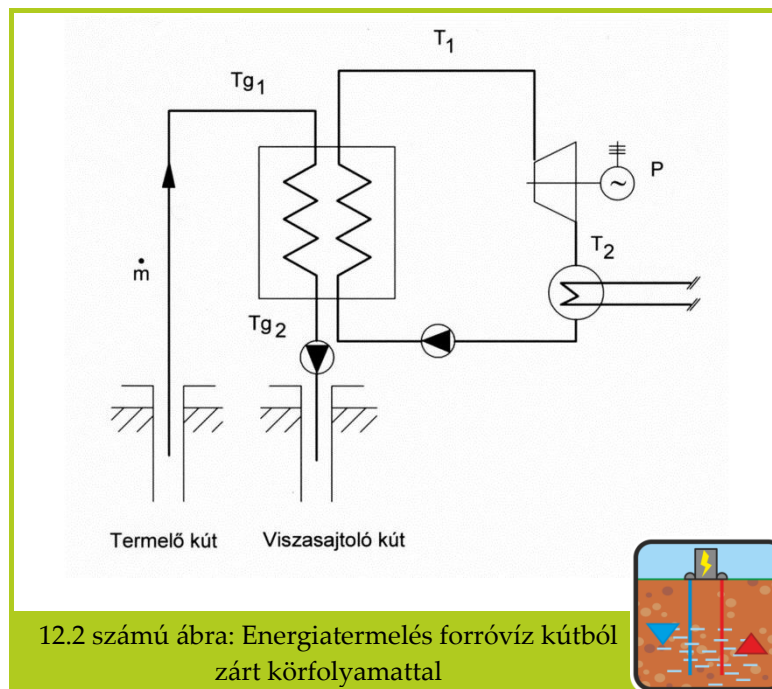
$$\zeta_g = \frac{h_1 - h_3}{h_1}.$$

ahol

$h_3$  az elfolyó kondenz entalpiája.

b.) **Forróvíz kutakból** zárt körfolyamattal lehet villamos áram termelést működtetni.

Általában több hévízkútból kapott fluidum alkotja a primer rendszer bemenetét. Hőcserélőkön átvezetve adja át a hőt a közvetítő közegnek. Ez lehet freon, ammónia vagy más alkalmas közeg, amelyet a turbinához vezetünk. Elvi felépítését a 12.2 számú ábra szemlélteti.



Az erőmű villamos teljesítménye:  $P = m \cdot c \cdot (T_{g1} - T_{g2}) \cdot \zeta$ .

Az erőmű hatásfoka:

$$\zeta_e = \frac{P}{Q_g} = \zeta_g \left[ 1 - \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^{\zeta_{br}} \right] \zeta_{vill},$$

az érkező geotermális hőáram:

$$Q_g = m \cdot c \cdot T_{g1}.$$

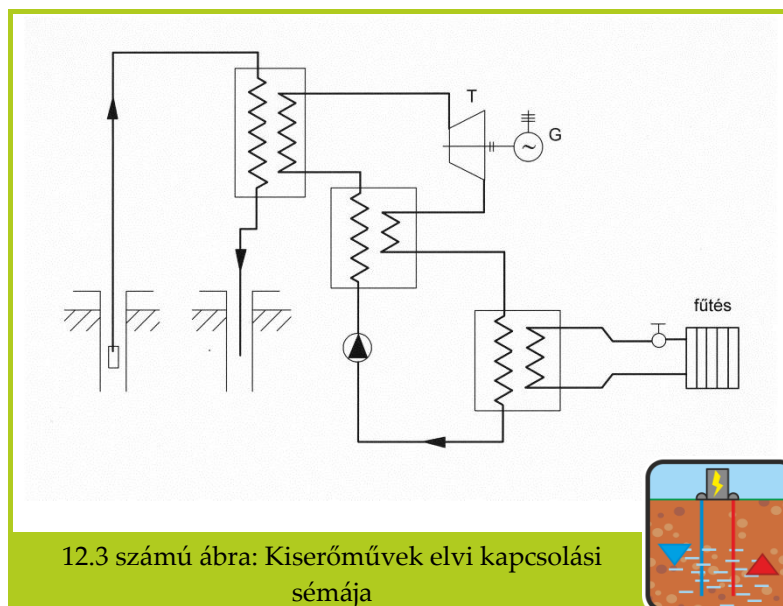
az erőmű irreverzibilis fokozati hatásfoka a villamos rendszer mennyiségi hatásfoka:  $\zeta_{vill}$   
 a termelt gőz termodinamikai átlaghőmérséklete:

$$\bar{T} = \frac{1}{\rho_{irr}} \cdot \frac{T_1 - T_2}{\ln \frac{T_1}{T_2}} = \frac{h_1 - h_2}{s_1 - s_2}$$

ahol

- $\rho_{irr}$  a gőzfejlesztő irreverzibilis tényezője,
- $h_1; s_1$  a kapott gőz entalpiája és entrópiája,
- $h_2; s_2$  a kondenz entalpiája és entrópiája.

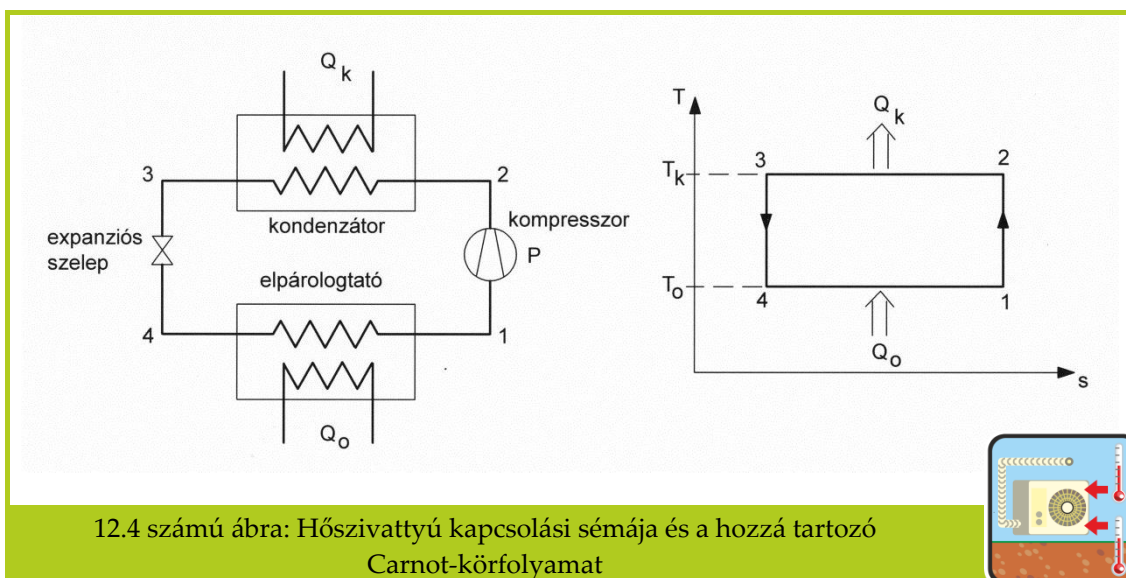
c.) A hévízkutak 100-150 °C közötti felszínén mért hőmérséklete esetében a termásvíz nem előnyös munkaközeg, mert a víz (a fluidum fő alkotója), nagy fajtérfogatú és kis kondenzátornyomás van. Ezért szerves munkaközeggel dolgozó kiserőműveket üzemeltetnek, vízgőz helyett Rankine körfolyamatta (Organic Rankine Cycle-ORC) (lásd: 12.3 számú ábra).



d.) Egyéb, nagyteljesítményű erőműnél, ahol a közelben jó geotermális (hévíz) adottság van, a geotermális energiát a megcsapolásos tápvíz előmelegítésére lehet felhasználni.

### Hőszivattyú

A hőszivattyú olyan zárt rendszer, amelyben körfolyamatot működtetünk és a munkaközeg a folyadék és gőz állapotot változtatja az áramlásnak megfelelően, a nyomás és a hőmérséklet változása szerint. Lényegében egy hűtőkörfolyamatról van szó, ahol az ideális Carnot - körfolyamathoz hasonlóan alakul a munkaközeg állapotváltozása. Kapcsolási sémáját a 12.4 számú ábra szemlélteti.



12.4 számú ábra: Hőszivattyú kapcsolási sémája és a hozzá tartozó Carnot-körfolyamat

A munkaközeg állapotváltozásai:

- 1-2 izentrópikus kompresszió (kompresszor által),
- 2-3 izotermikus hőleadás (kondenzáció),
- 3-4 izentrópikus expanzió (szeleppel),
- 4-1 izotermikus hőfelvétel (elpárologtató).

A hasznos hőteljesítmény:

$$Q_k = Q_o + P.$$

Az ideális körfolyamat teljesítménytényezője:

$$\varepsilon = \frac{Q_k}{P}.$$

A valóságos hőszivattyúban a 3-4 expanziót nem lehet izentróp folyamattal megvalósítani, ott entrópia növekedés lép fel.

A hőszivattyúk munkaközegei az ún. freonok vagy szerves fluoridok, fluorszénhidrogének.

A kompresszort meghajtó motorok:

- villamos vagy,
- belsőégésű motorok.

Igen fontos a gépi meghajtás primerenergia felhasználása: pl. a villamos áram előállításához felhasznált erőművi energiahordozó minősége és mennyisége, illetve az ottani hőenergia felhasználással készített villamos-energia termelés erőművi hatásfoka. Ehhez járul még az áram transzformálásának és nagy távolságú szállításának hatásfoka, vagyis az áramtermelés és szállítás összes veszteségének alakulása.

A hagyományos erőművek által kb. 30-35% hatásfokkal (pl. földgáz elégetésével) termelt villamos áram felhasználásával üzemelő villamos hajtású hőszivattyúk működtetésének nincs gazdaságossági realitása nemzetgazdasági szinten. Ha az átlagos erőművi hatásfok lényeges javulásával állítunk majd elő áramot a nagy erőművekben (pl. kombinált ciklusú erőművekkel, vízerőművekkel), akkor a villamos hőszivattyúk használata gyorsan elterjedhet. Sajnos nincs jelenleg megfelelő hazai ipari gyártóbázis a hőszivattyúk előállításához sem. Sokkal ígéretesebb a geotermális hulladék hő- és földhő hasznosítás számára a gázmotorral hajtott hőszivattyúk működtetése.

Javasolt hőszivattyúk a Zrínyi és a Kölcsey Gimnázium fűtésére, a visszasajtoláshoz vezetendő termálvízzel.

Sokkal előnyösebb, mint a villamos motorral meghajtott hőszivattyú, mert helyben felhasználható a gázmotor által leadott hő (hulladékhő).

### **Fűtéstechnikai hasznosítás**

#### *A hőmérsékletszintek problémája*

Korábban a 90/70°C névleges hőfoklépcsőre méretezett szekunder fűtési rendszerek esetén, amikor még az épületek is hőtechnikailag (mai szemmel nézve) igen pazarló módon fogyasztották a fűtési hőenergiát, a téli méretezési előremenő hőmérséklet a primer oldalon 90°C-nál nagyobb hőfokszinten állt rendelkezésre. Nem volt ritka a 130, 140°C-os névleges primer oldali előremenő hőmérséklet, amely az erőművek működési hőmérséklet-tartományok miatt volt adott.

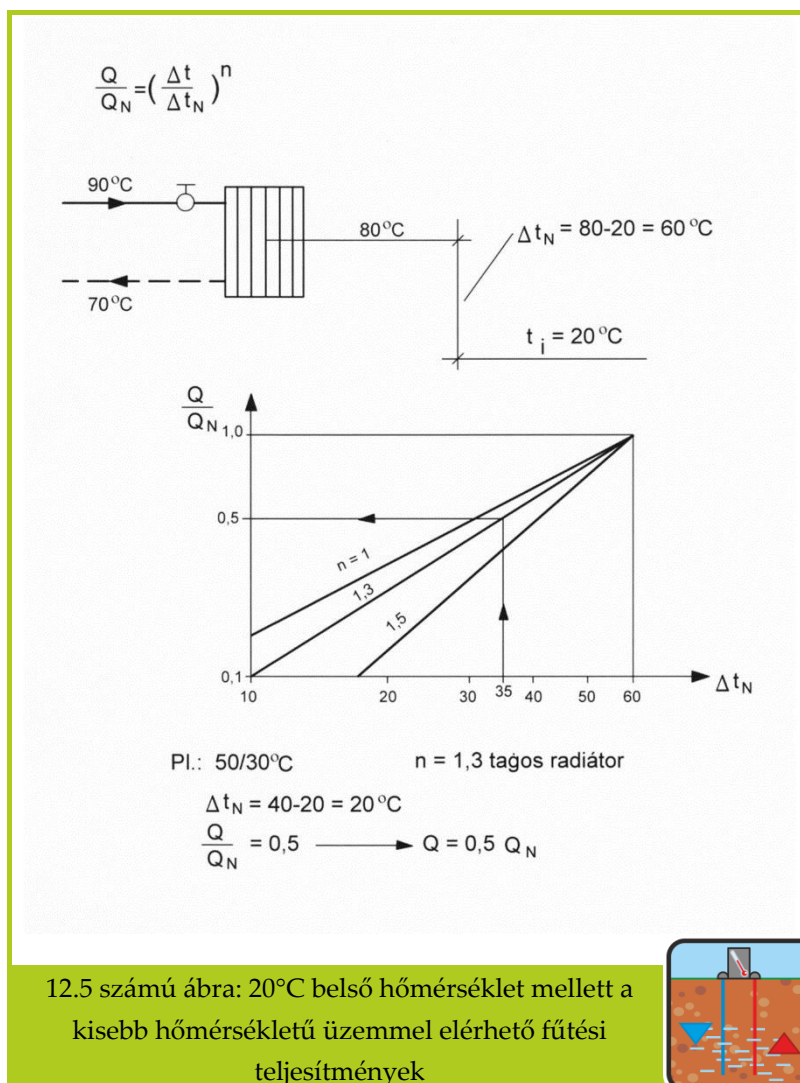
A mai korszerű, vagy javított épületek esetében nemcsak a fűtési teljesítményt lehet csökkenteni, de a hőhordozó hőmérsékletszintje is lényegesen kisebb lehet. Zalaegerszeg esetében a primer (termálvíz) hőmérséklet szintje 70-80°C.

Az alapvető összefüggés az  $N$  (normál) 90/70°C-ra méretezett fűtőtesthez érkező hőhordozó és az újabb, ennél kisebb hőfokszinten működő radiátorok teljesítményére nézve a következő:

$$\frac{Q}{Q_N} = \left( \frac{\Delta t}{\Delta t_N} \right)^n,$$

ahol  $n$  = a fűtőtestre vonatkozó kitevő.

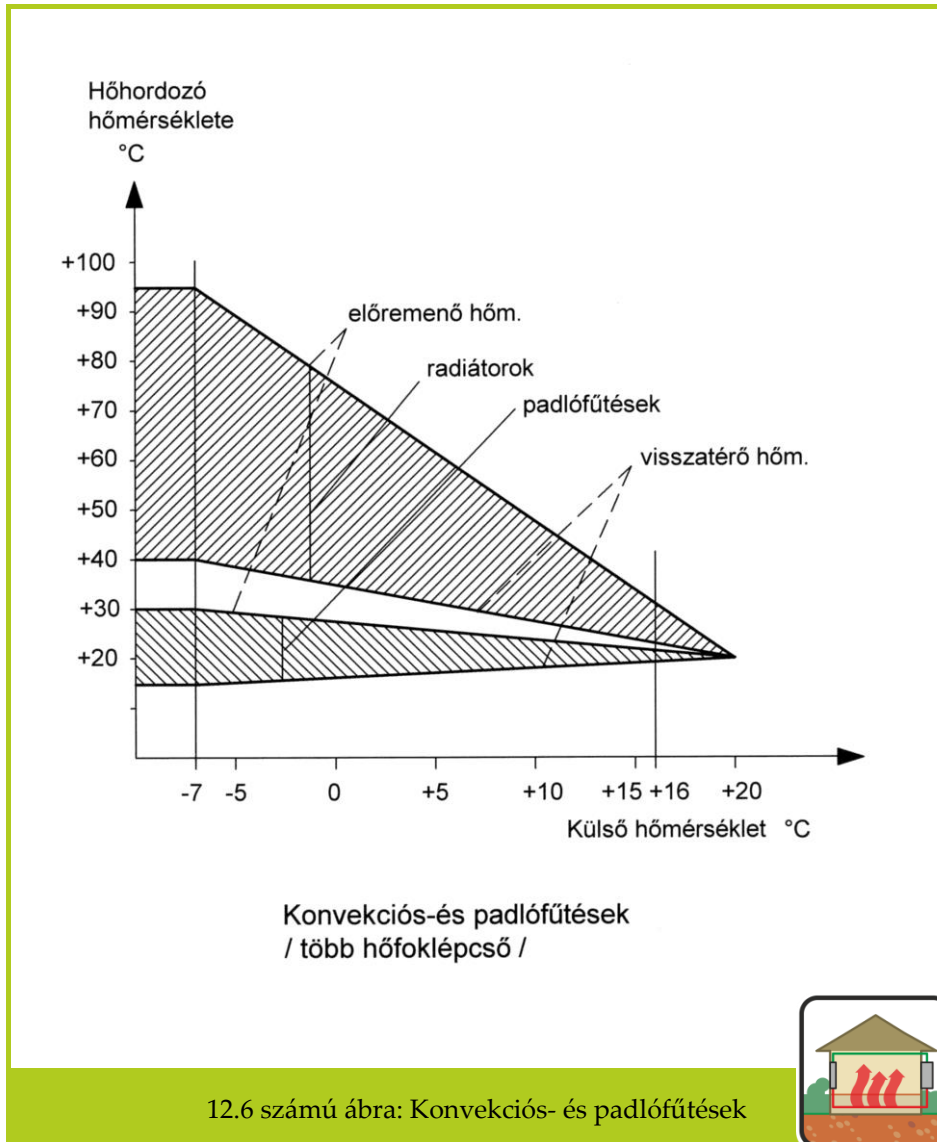
A 12.5 számú ábra vázlatosan mutatja  $t_i = 20^\circ\text{C}$  belső hőmérséklet mellett a kisebb hőmérsékletű üzemmellel elérhető fűtési teljesítményeket.



12.5 számú ábra: 20°C belső hőmérséklet mellett a kisebb hőmérsékletű üzemmellel elérhető fűtési teljesítmények

Ennek akkor van nagy jelentősége, amikor a hóforrás oldal termásvíz és a felszínre érkező termásvíz hőmérséklete a fűtéstechnikában szokásosnál alacsonyabb. Lényeges tehát, hogy egyre szélesebb hőmérsékleti tartományban tudjuk felhasználni a hévizeket épületfűtési célokra.

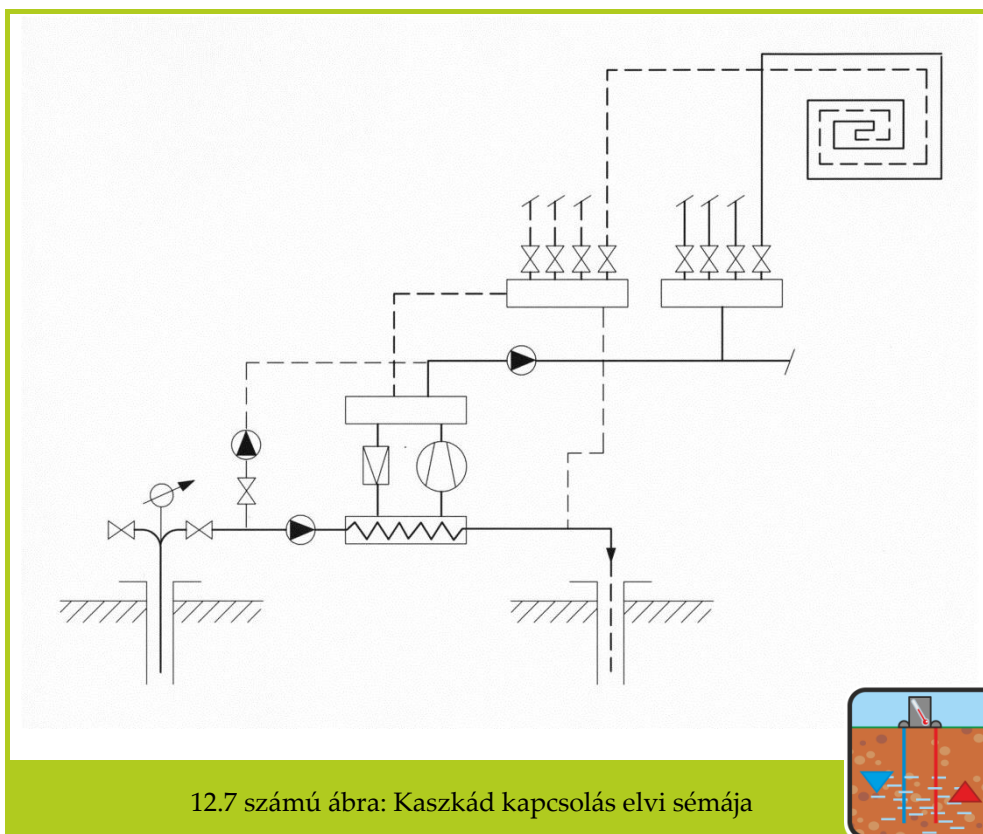




12.6 számú ábra: Konvekciós- és padlófűtések

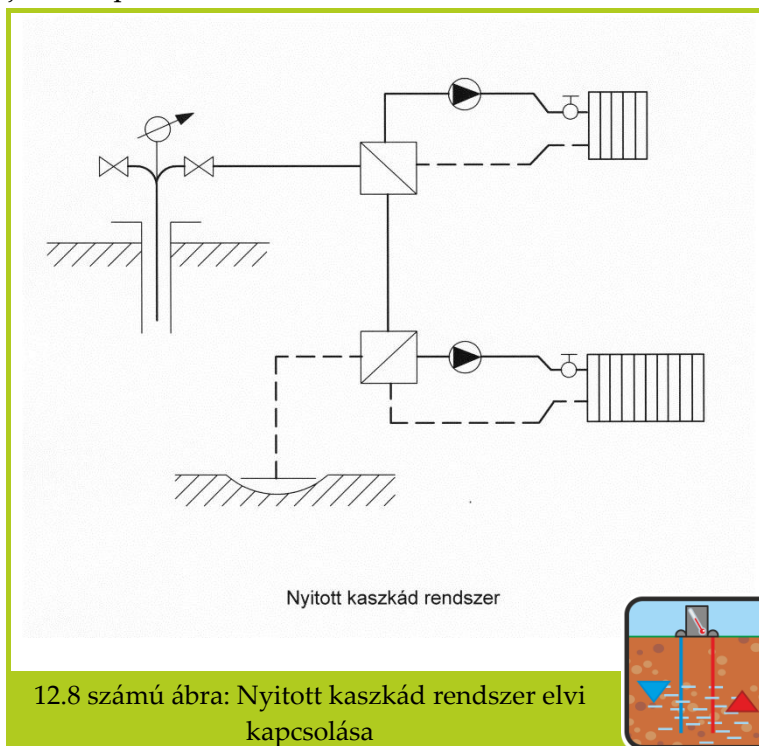
Itt léphetnek be a hőszivattyús fűtés különböző változatai, pl. elfolyó, már lefűtött termálvízre, vagy szennyvízzé átalakult elfolyó uszodavizekre, fürdők elfolyó vizére, stb.

A hőszivattyú hasznosságát jól mutatja a villamos árammal működő hőszivattyú esetében a konvekciós fűtés visszatérő ágára kapcsolt esete, ahol a padlófűtés, falfűtés számára 35°C-os hőt állít elő (12.6 számú ábra).

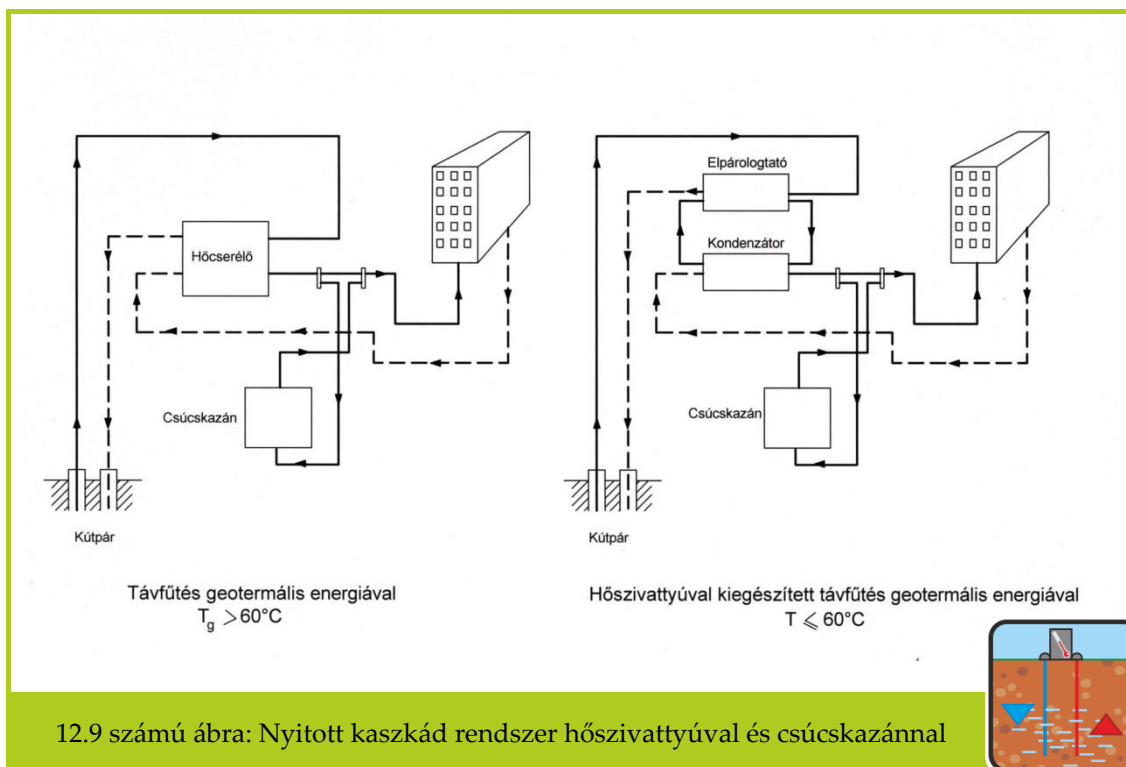


A kaszkád kapcsolás is szokásos megoldás két (vagy több) hőcserélővel, egyre kisebb hőfok szinten működő fűtésekkel (lásd: 12.7 számú ábra).

Korszerű visszasajtolásos primer oldali hévízhasznosítást mutat a 12.8 számú ábra.



Ugyanezt a rendszert kisebb termásvíz hőmérsékletek esetén hőszivattúval és csúcskazánteppel lehet működtetni. A csúcskazántelep egyúttal egy 100%-os teljesítmény tartalékot is képez a fűtési idényben (lásd: 12.9 számú ábra).



Franciaország – hasonló hévízadottságok mellett – már az 1970-es években elkezdte az egyes városnegyedek fűtését geotermális energiára átállítani. Itt a hazaiaknál nagyobb hévízhozamú kutak gyakoriak és mindig a lehűlt hévíz visszasajtolásával engedélyezték a rendszerek működését. Mintaként érdemes megtekinteni a párizsi medence városfűtését, például: Meaux, Fontenebleau, stb.

Jól mutatja a fenti vázlat a térben és hőmérsékletszintekben eltérő, nagy , összetett távhőrendszer működését. Lényeges, hogy a felszínre emelt hévíz igen rövid utat tesz meg a felszínen, csupán a hőcserélőn halad át és visszasajtolásra kerül. A hőközpontból szekunder, lágyvízzel feltöltött táv-hőrendszer látja el a különböző lakó- és középületeket, az épületekben közvetlen kapcsolással, direkt hőfogadókon keresztül.

A jelenlegi technikai felkészültség és gyakorlat szerint a mélyrétegek hőjét a geotermális fluidum hozza a felszínre. Azért nem mondunk egyszerűen víz, vagy melegvíz hőhordozót, mert ennél összetettebb folyadékról van szó. Fő alkotóelemei a vízen kívül az oldott sók, gázok, esetleg lebegőanyag-tartalom. Ezt a keveréket gázos víznek, vagy pontosabban geotermális fluidumnak nevezzük.

Ahhoz, hogy a hőenergiahordozó a felszínre hozza a hőt, megfelelő mélységű és kiképzésű hévízkutat kell lemélyíteni.

### **Hévízkút készítése**

Első lépés egy hévízkút létesítése ügyében a kút tervezése. A kiválasztott helyen meg kell vizsgálni, hogy földtanilag van-e lehetőség az igényelt és felhasználandó mennyiségű, minőségű és hőmérsékletű hévíz felszínre hozatalára.

A kiviteli tervet szakvállalat készíti, az adott területi Vízügyi és Környezetvédelmi Hatóság állásfoglalása alapján. Első engedély az ún. elvi vízjogi engedély, amelyet a nevezett hatóságok adnak meg. A végleges vízjogi létesítési engedélyt akkor adja meg a vízügyi hatóság, ha előtte világos a tervbe vett műszaki megoldás az alábbi részletezéssel:

- vízhasznosítás részletes leírása,
- szennyvízelhelyezés megoldása,
- vízkárelhárítás,
- vízrendezés,
- terület helyszínrajza, tervrajzok, környezeti adatok.

A hévízkút fúrását a szakcégek végzik (pl. olajipar, vízkutató és fúró vállalatok). A technológia hasonló az olajkutak lemélyítéséhez. A fúrást általában 17"-os (432 mm) átmérővel kezdik, amit sorba követnek a 13 3/4"-os kezdő bélésű-rakat, a 12 1/4"-os, majd a 9 5/8"-os csőszakaszokat. Erre a bélésű-rakatra a felszínen készített aknában felhelyezik a bélésű-rakatszeletet, a kitörésgátlót és az ún. "karácsonyfát".

Ez után folytatják a fúrást a végleges mélységig, és 6 5/8"-os vagy 7"-os termelő csővel bélelik azt. A furat és a cső külső fala közötti hézagot palást-cementtel töltik ki.

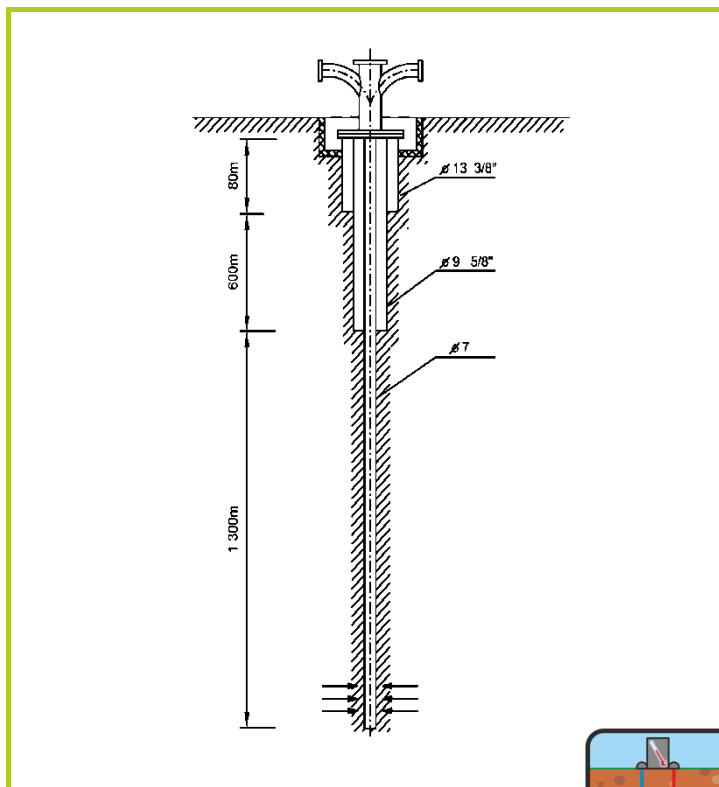
A vízadó réteg mélységében a csövet megnyitják, szitászövetes szűrőszervezetet helyeznek el. A kész hévízkút próbatermeltetését a termelési jellemzők megállapítása céljából elvégzik: tisztító-szivattyúzással 40, 60, majd 80%-os vízhozamot termeltetnek a kútból legalább összesen 72 óráig. Ez alatt mérik a kútban a vízoszlop magasságát, mindaddig, amíg a nyugalmi vízszint be nem áll.

Ezek után látható, hogy a kút pozitív, vagy negatív üzemmellel működik.

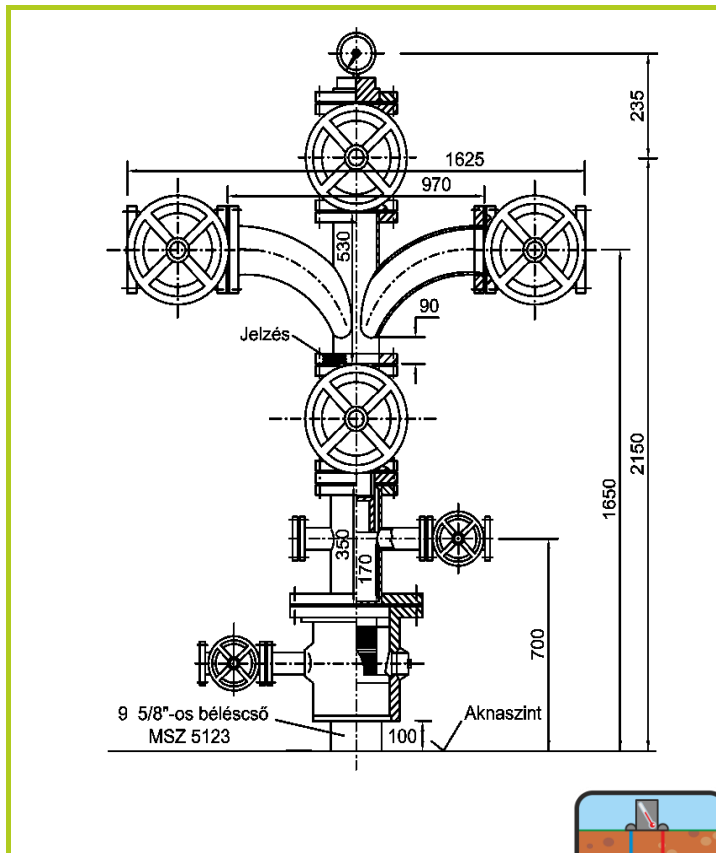
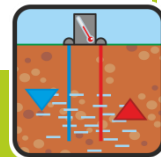
Pozitív kút esetében a kút "magától" működik, vagyis szabad kifolyással termel.

Negatív kút esetében mesterségesen termeltethető, mert a nyugalmi és üzemi vízszint nem éri el a terepszintet.

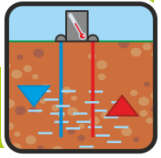
Szabványos hévízkútfej kialakítását mutatja a 12.10 számú ábra és a 12.11 számú ábra. (Ma már egyszerűbbet alkalmaznak.) A kút lemélyítésének gyakorlati időtartama kb. 4 hónap. A hévízközpont elkészítése (építészeti és gépészeti szerelés) 3 hónap, miután a kút beüzemelése megtörtént.



12.10 számú ábra: Egy 2000 m mély, szokványos termásvíz kút elvi kialakítása



12.11 számú ábra: Szabványos kútfej





### Vízhozam növelés

Nagyobb vízmennyiségi igény esetén a következő hozamnövelő eljárások valamelyikét alkalmazzák:

- savazás: legfeljebb 8 órán át savas kezeléssel növelhető a vízhozam,
- robbantás: a kútban nagy mélységben vízben nem oldódó robbanó töltetet robbantanak,
- rétegrepesztés: nagy nyomással folyadékot nyomnak a kútba, majd a homokszennyezést kiöblítik.

A hozamnövelés után próbatermeltetést kell végezni. A kész működő hévízkúton hidrodinamikai vizsgálatokat végeznek: kapacitásvizsgálatot, ami az egész vízadó telepre is kiterjedő precíz nyomás-térfogat-hőmérséklet vizsgálat. Mindezen vizsgálatok alapját képezik a hévízkészlet kiszámításának.

Főbb mért adatok:

- kútfej-nyomás,
- nyugalmi vízszint,
- üzemi vízszint,
- vízhozamok,
- áramlási sebesség a kútban,
- mélységi hőmérséklet,
- víz- és gázminták,
- gázhozam.

### Mesterséges termeltetés

A pozitív kutak segédberendezés nélkül is képesek a megfelelő mennyiségű hévizet adni. Ezekbe a kutakba akkor helyezünk szivattyút, ha a hévíztermelést szabályozni akarjuk. A negatív kutakban minden esetben segédberendezéssel emeljük a felszínre a kívánt mennyiségű hévizet, mert önmagában a nyugalmi vízszint a talaj szintje alatt marad. A korábban jól működő pozitív hévíz-kutak egy része hosszú termeltetés után negatívvá válik, tehát a kívánt vízmennyiség itt is csak mesterséges termeltetéssel hozható a felszínre. A mesterséges termeltetés két típusa a kompresszoros és a szivattyús üzem

### Kompresszoros üzem

Légnyomásos vízemeléssel, kompresszorral lehet a hévizet a felszínre hozni úgy, hogy a kútba légbevezető csövet helyeznek és azon sűrített levegőt nyomnak a kút felső szakaszába, ami légbuborékkal csökkenti a felső vízoszlop sűrűségét.

A műveletnek, a kompresszorba bevezetett energiára vonatkozó hatásfoka kb. 10-15%-os. Ha az üzemi vízszint csökken, a bemerülő levegőcsövet mélyebbre kell helyezni, nem pedig a légmennyiséget növelni. A módszer hátránya, hogy több oldott oxigén lesz a kitermelt

hévízben. Ott alkalmazzák, ahol szivattyúzást nem lehet végezni, mert a víz pl. sok homokot hoz magával. (CH-meddő kutak átalakítása után másképpen van beszűrőzve a termelőcső.)

### Búvárszivattyús üzem

A hévízkútba többlépcsős centrifúgál-szivattyút építenek be, újabban búvárszivattyút, amelynek járókereke radiális vagy fél-axiális és szervesen összeépített a villamos motorral. A csapágycsukát a víz keneti. A berendezés köpenye rozsdálló acélból készül, benne a villamos motor egy háromfázisú aszinkron motor. A szivattyút az ún. buborékpont alá kell beépíteni a kútba, vagyis a gázkiválás kezdőpontja alá. Konkrét, bevált gyártmányok a hazai termálvizekre, korábban Reda (USA). Ma már Grundfos szivattyúk kerülnek beépítésre.

A búvárszivattyú kiválasztásának szempontjai:

- a víz hőmérséklete és a víz minősége,
- kút méretek, szerkezet,
- buborékpont mélysége,
- kútfejnél igényelt nyomás nagysága,
- hasznosítási vízigény mennyisége.

Bizonyos gyártó cégek csak meghatározott felső hőmérséklet szintig gyártanak búvárszivattyúkat. A szivattyúk jelleggörbáját a kútba helyezés után lehet pontosan felvenni, ami már a kút Q-H görbéje lesz.

A korszerű termeltetés minden esetben a szabályozott hévízkivételt jelenti, vagyis a búvárszivattyú teljesítményét fordulatszám-szabályozással tartják a kívánt értéken. Ezt villamos frekvencia-szabályozással érik el. A frekvenciacsökkentés alsó határát a gyártó cég adja meg, kisebb frekvencián való működtetése súlyos kárt okozhat a szivattyú szerkezetében. Napjainkban igen elterjedt a búvárszivattyús hévízkivétel, mert a kút teljesítmény-szabályozásának ez a módja pontos, automatikus és gazdaságos. Teljesítményszabályozó nélkül búvárszivattyút nem célszerű beépíteni és működtetni, mert egyéb meghibásodást is okozhat a kútszerkezetben a ki-bekapcsolásos üzem.

### 12.3 Zalaegerszeg hévízföldtani helyzete

Zalaegerszeg városa Zala megye központi részén, a Zalai Domvidéken fekvő megyeszékhely. Területén megtalálható a legidősebb (triász) földtani képződmény, de jelen vannak a miocén képződmények, és felette az alsó-pannon rétegek.

A felső miocén pannóniai rétegek a medencekitöltés jelentős részét alkotják, ezek vastagsága kb. 2000 méter. A krétában történt az a jelentős hegyszerszerkezeti mozgás, amelynek során az egész rétegsor kiemelkedett, és lepusztult.

Fluidumok szempontjából fontosak a dolomit, mészkő, homokkő, a rideg rétegsorok breccsásodása a mélybeli karsztosodás. Fontos formáció a Lajtai mészkő. A szarmata után, a napjainkig tartó 12 millió évben egységes medence feltöltődés van.

**A tervezendő termelő és visszatápláló hévízkutak szempontjából a területet a MÁFI vízföldtani leírásai mutatják be** (regionális vízföldtani bemutatás). A MÁFI szakvéleménye szerint a geotermális hasznosítás szempontjából legjelentősebb rezervoárokat a szenon Ugodi Mészkő Formáció és a triász időszaki karbonátos formációk, elsősorban a Fődolomit formáció jelenti ott, ahol hosszabb ideig felszíni mállásnak és karsztosodásnak voltak kitéve.

Ezek esetében néhányszor tíz, illetve száz méteres vastagságban lehet megnövekedett pórus- és repedéstérrel, permeabilitással számolni.

A mélyebb porózus regionális és alaphegységi víztároló rendszerek regionális áramlásait oldalirányú elfolyásként lehet számba venni. A keleti-délkeleti oldalirányú eláramlással kell számolni, a karsztos rendszer esetében ez egyértelműen a Hévízi-tó felé irányul.

#### Mesterséges megcsapolások

A Felső-Triász Fődolomit, Dachstein mészkő, kréta Ugodi Mészkőből álló nagy, regionális tárolóösszlet, amely a középhegységi karsztvízrendszerrel összefügg, a legfontosabb tároló.

A rétegnomás hidrosztatikus közeli, vagy annál alacsonyabb, ahol a karsztrendszerrel összefügg.

#### A mélységi víztestek állapota

Zalaegerszeg térségében a közcélú ivóvízellátáshoz 16.000 m<sup>3</sup>/nap kitermelt vízmennyiség jellemző.

Jelentős a meglévő, működő hévíztermelés is: felső kréta és felső-pannon összletekből. Itt szigorú vízgazdálkodás érvényesül. Sehol sem haladja meg a kitermelt hévíz mennyisége azok utánpótlódását.

## A geotermális energia

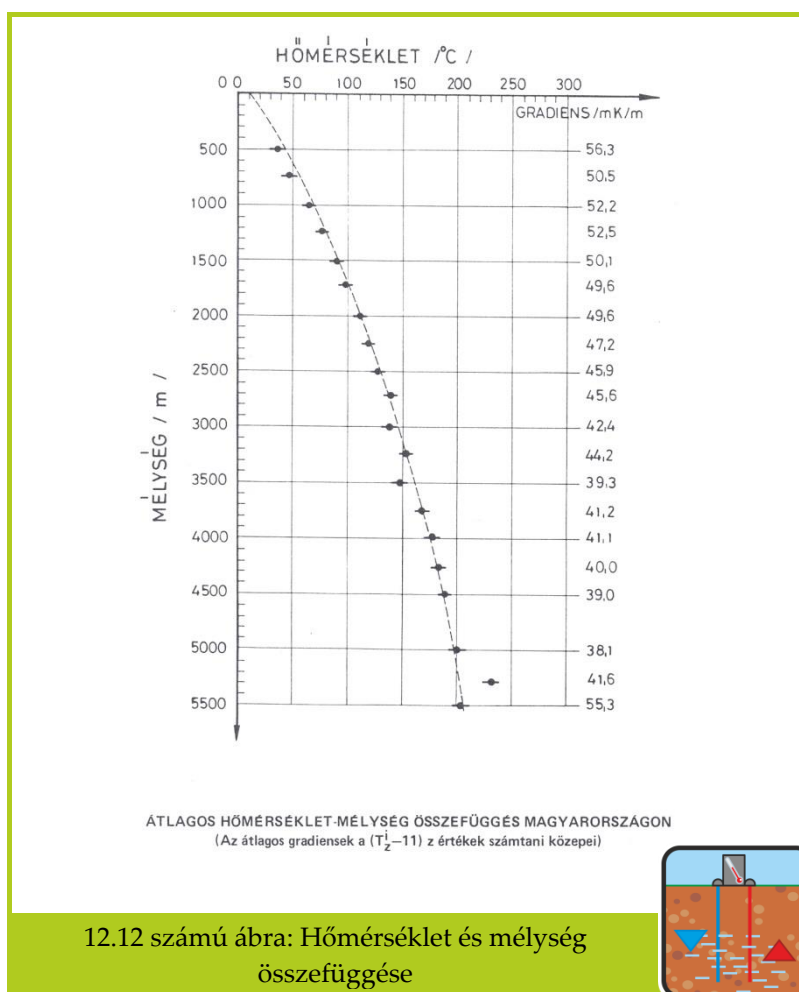
A geotermális energia a szilárd talaj felszíne alatt hő formájában található energia (2009/28/EK irányelv).

Ez az energia a földkéreg belső energiája, amelyet a földkéreg, a köpeny és a mag nagy hőmérsékletű rétegei tárolnak. Jellemzője a földi hőáram. A mélység felé haladva nő a rétegek hőmérséklete. Jellemző mértéke a geotermális gradiens (gg), az egységnyi mélységre jutó hőmérséklet növekedés.

A geotermális energia kutatása, hasznosítása, felszínre hozatala bányászati tevékenység. (Bányatörvény 49.§.4.f) A bányászat fő célja a hő felszínre hozatala, amelyhez a mélységi fluidum a hőszállító közeg. A geotermális rendszer elemei a hőforrás, a tároló (rezervoár) és a hőszállító geotermális fluidum. A geotermális tároló a földkéreg azon része, amelynek belső-energiatartalma valamilyen fluidum segítségével felszínre hozható (Bobok E.).

A hőforrás lehet konvektív, vagy konduktív. Hőmérséklet-szintek szerint.

Magyarország geotermális adottságai európai kitekintéssel igen kedvezőnek mondhatók. A földi hőáram európai átlagos értéke  $65 \text{ mW/m}^2$  a hazai átlagérték  $90\text{-}100 \text{ mW/m}^2$ . Ezzel együtt jár az átlagon felüli geotermális gradiens is. Értéke átlagosan  $45^\circ\text{C/km}$ . A hőmérséklet-mélység összefüggését mutatja a térségben a 12.12 számú ábra:



12.12 számú ábra: Hőmérséklet és mélység összefüggése

A mélységi hőmennyiségnek kb. 98 %-át a kőzetváz hőtartalma jelenti, a többi a rétegvíz.

### **Hévízkutatás- és termelés**

Legfontosabb kutatási módszer a szeizmikus mérés, a részletes szerkezetföldtani kép meghatározása. Ez előzi meg a pontosabb hévízkút lemélyítési hely kijelölését.

A fúrás az olajiparban is ismert rotary eljárással történik, amely nagy teljesítményű öblítéses fúrás, öblítő iszappal. Szokásos a kitérés-gátló alkalmazása. Fontos a réteghőmérsékletek mérése és a kút termeltetési vizsgálata.

A kút lemélyítését csakis minősített szakcégek végezhetik, pontos kiviteli tervek szerint. Fontos, hogy a beépített béléscsövek minősített olajipari acélcsövek legyenek.

### **Hévíztermelés**

Korszerű hévízhasznosító rendszert csakis a mélységi eredetű fluidum mennyiségének megőrzése szem előtt tartásával szabad tervezni.

Fő cél a vízkészletek védelme, ezért a hőenergetikai hasznosítás után a hévíz mennyiséget a kitermeléssel azonos rétegbe vissza kell helyezni. Ezért termelő- és visszasajtoló kutakat kell lemélyíteni, egymástól 1000-1500 m távolságra, az áteresztő képesség szerint.

### **A HDR (Hot Dry Rock) technológia**

A HDR technológia alkalmazása során mesterséges repedésrendszert kell okozni a mélységben, és abba a felszínről betáplált folyamatokat (vizet), mint hőhordozó felmelegíteni és a felszínre hozni. Ez a módszer hasonló a hévíz általi hőkihozatalhoz, de míg annál kis sebességű áramlás van a kőzetmátrixban, a HDR-eljárás esetén nagy sebességű az áramlás, az kisebb kőzetfelületeken valósul meg. Nálunk – a kedvező mélységi hévíz mennyiségek jelenléte miatt – nem honosodott meg a HDR-eljárás. A rétegrepesztések több tízmillió forintos műveletek.

### **„Hőcserélő kutak” technológiája**

Az eljárás lényege, hogy „cső a csőben” kettős folyadékáramlással lebocsátott víz emeli a felszínre a hőt a mélységből. Általában nagy mélységű kútról van szó, de a felszínre hozható folyadék hőmérséklete nem magasabb, mint 30-40°C, és ez által – a keringtetett vízmennyiséget figyelembe véve – a kihozható hőteljesítmény csekély nagyságú, néhány száz kW. Ez a rendszer legfeljebb a hőszivattyús hőhasznosítás esetén jöhet szóba. Beruházási költsége igen nagy.

### **Villamos áram termelés lehetőségének vizsgálata**

**150°C felszíni hőmérsékletű geotermális fluidum szükséges ahhoz, hogy érdemlegesen felvessük a geotermális villamos energiatermelés gondolatát.** Fejlődik a bináris technológia, de így is kb. 10 % körül alakul egy ilyen rendszer hatásfoka. A termikus hatásfok a körfolyamat felső hőfokától függ, ezért a rendszert a nagyhőmérsékletű tárolókra lehet telepíteni (ún. nagy entalpiájú kutak Magyarországon). A körfolyamat jelentős hűtési



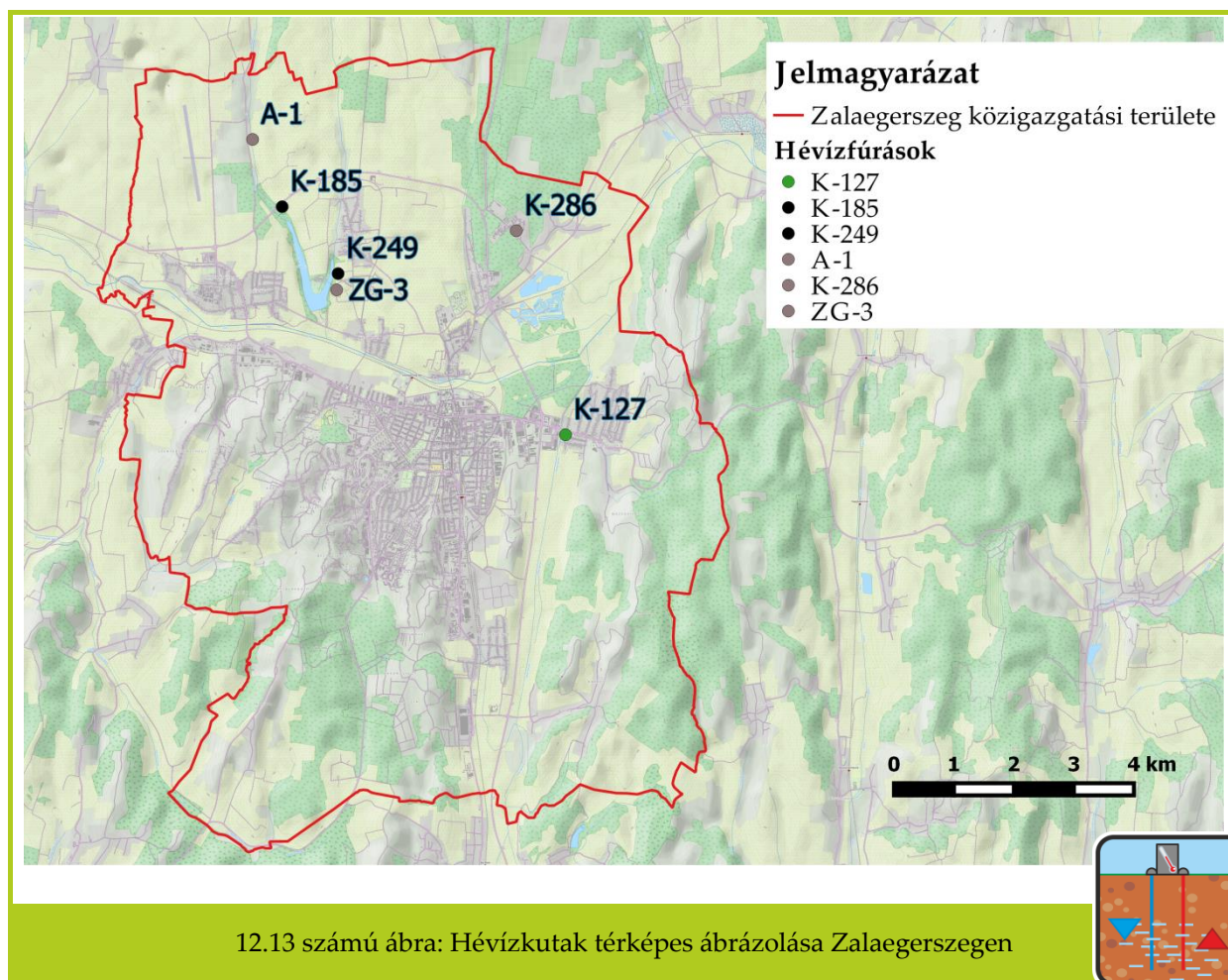
teljesítményeket igényel, amit télen épületek, városnegyedek fűtésével el lehetne érni, de nyáron nem megoldható a hő gazdaságos felhasználása. Száraz, vagy nedves hűtőtornyokat kell építeni, hatalmas beruházási költségek árán.

A száraz, túlhevített gőzt adó kutakra érdemes villamos erőművet építeni, de ilyen Magyarországon nincs, csupán Larderello (Olaszország) a közelebbi példa.

Általában elmondható, hogy a villamos-áramtermelésre alkalmas geotermális források 150-200°C mélységi hőmérséklettartomány esetén működhetnek gazdaságosan, de ekkor is aránytalanul nagy beruházások árán, de mindenképpen száraz gőzt adó kutakkal. Ilyenrel mi nem rendelkezünk még nagyobb mélységből sem.

Geotermális erőműveket csak olyan országokban létesítenek, ahol a geotermia nagy hőmérsékleten ad energiát gőzkutakból.

### 12.3.1 A város térségében üzemelő hévízkutak leírása



#### Az Aqua City ZG-3 jelű hévízkútja (K-301)

A ZG-3 kút lemélyítésére 2012-ben került sor. A fúrást végezte az Aquaplus Kft. végezte.

A kút helye: Hrsz: 0800/28.

EOV. koordináták: X = 171303,40

Y = 480249,13

Talpmélysége: 900,0 m

A feltárt rétegek: 36-899 m Felső-Pannon  
899-950 m Alsó-Pannon (Algyői Formáció)

A kitermelt víz hőmérséklete: 40,3°C

Talpheőmérséklet: 899 méreten 42,4°C

Búvárszivattyúzással a vízhozam: 400-1000 l/min.

Szűrőzött tartomány: 849,0 – 844,0 m (2 szakasz)

A hévíz jellege: közepes oldott anyag tartalmú, nátriumhidrogén-karbonátos, lágy víz, jelentős vastartalommal. „Természetes ásványvíznek” minősíthető. (Vízkutató Vízkémia Kft. véleménye 2012.)

Reciprok geotermális gradiens:

$$Gg = 27,56 \frac{m}{^{\circ}C}.$$

A hőtermelés szempontjából fontos kérdés, a hévíz metángáz tartalmának vizsgálata.

A gázvizsgálati eredmény szerint:

- a szeparált gáz (METÁN): 34,74 tf%,
- a vízben oldott gáz (METÁN): 33,28 tf%,
- GVV : 18,6 l/m<sup>3</sup>,
- fajlagos összes metántartalom: 11,1 l/m<sup>3</sup>.

Igen kis metántartalom a jellemző („C” fokozat). Ezért a metángáz leválasztására nem érdemes a hévíz.

### **A K - 286 (TT-1) jelű hévízkút**

A kutat a Megyei Kórház (Pózva) területén mélyítették le 2006 - ban.

Kivitelező: AQUAPLUS Kft. Sándorfalva.

A kút helye: Pózva, Hrsz.: 6123

EOV. koordináták: X = 172 201,49

Y = 483 265,98

Feltárt rétegek: 1 710 - 1 715 m szűrőzve

Karbonátos, repedezett rezervoár.

A kitermelt hévíz hőmérséklete: 98,0°C

Talpheőmérséklet: 1 712,70 méteren: 104,70°C

Gáztartalom:

Összes metán (CH<sub>4</sub>) tartalom: 4,42 l/m<sup>3</sup>

Vízhozam búvárszivattyúzással: 230 - 710 l/min.

kompresszorral: 2 100 l/min ( 126,0 m<sup>3</sup>/h)

Igen kis metántartalmú, nagy vízhozamú hévízkút, amely jelenleg bűvárszivattyúval üzemel. Metángáz leválasztására nem alkalmas („C” fokozat).

Hőfelhasználás: Megyei Kórház (2 100 kW)  
Aquapark (400 kW), Gyógyfürdő.

### **Andráshida - 1 hévízkút: A - 1 jelű**

Az olajipar által lemélyített kút, Andráshida területén (Zalaegerszeg közterülete).

Lemélyítés ideje: 1952.

Kútfejhőmérséklet: 93°C

Termelt vízmennyiség: 2 600 m<sup>3</sup>/nap (108 m<sup>3</sup>/h)

### **Egyéb városi hévízkutak: / Felső - Pannon réteg /**

- **ZG - 2 /**

Zárt, régi hévízkút

- **Csá - 1**

Lezárt hévízkút, kb. 75°C kútfejhőmérsékletű.

Talpmélysége: 1 897 m

Lemélyítve: 1961 - ben

Teljeskörű vizsgálatot igényel és felújítást.

- **K - 249 jelű hévízkút**

Talpmélysége: 1 300 m (Felső-Pannon rétegből) / *Távhőre alkalmatlan/*

Fúrás ideje: 2002.

Elhelyezkedés: külső, északi városrész

- **K - 185 jelű hévízkút**

Talpmélység: 2 221 m

Fúrás ideje: 1991.

Andráshida irányában, a belvárostól távol, *távhőre nem javasolt.*

### **K - 127 jelű hévízkút**

Talpmélysége: 1 897 m,

Fúrás ideje: 1961.

Csá - 1 területén, a belvároshoz megfelelő távolságban,

*Felülvizsgálat, felújítás után távhőellátásra javasolható.*

Hévíz kútfejhőmérséklete kb. 75°C

Vízhozama pontos mérés után ismerhető meg.

## 12.4 A belvárosi önkormányzati intézmények jelenlegi hőenergia felhasználásai

A város önkormányzata kijelölte azokat az intézményeket, amelyek hőellátása jelenleg egyedi, központos hőellátó rendszerrel működik. Ezen intézmények kizárólag földgáz energiahordozót használnak a hőigények biztosítására. Az intézmények elhelyezkedése az 12.14 számú ábrán látható. Jellemzően az intézmények a belváros területén találhatóak, néhány azonban viszonylag távol fekszik, ugyanakkor jelentős felhasználással rendelkezik.

Az intézmények jellege:

- oktatási intézmények, ide értve bölcsődéket, óvodákat,
- szociális és egészségügyi intézmények,
- közművelődési intézmények.

### A gázfűtések értékelése (kazánpark)

A jelenleg működő épület fűtések hőforrásoldalát **elavult gázkazánok** alkotják.

A tüzelőberendezések korszerűtlenek.

Értékelésük két fő szempontja:

- a.) korszerűségi állapot,
- b.) avulás, fizikai kopás.

#### a.) Korszerűségi állapot

A földgáztüzelés jelenlegi állapotát tekintve korszerű csakis a kondenzációs tüzeléstechnika lehet, ahol a tüzeléstechnikai hatásfok 108-109 %. Amely kazánok ennél gyengébb hatásfokúak, azok nem felelnek meg. (FÉG-VESTALE, KOMFORT, ÉTI). A megvizsgált középületekben csupán az önkormányzati székházban üzemel korszerű kazán. A többi aránytalanul nagy gázfogyasztású, és nem felel meg a hazai energiapolitika célkitűzéseinek, többek között azért sem, mert drága import földgázt fogyasztanak (mellékletben szereplő képek).

#### b.) Avulás, fizikai kopás

A kazánok – kettő kivételével – **fizikailag is elhasznált állapotban vannak**. Nem kevés a 25-35 év óta működő készülék. Gyenge hatásfokúak, nagy tüzelőanyag fogyasztású és magas javítási költségek terhelik. Becsült hátralévő élettartamuk 0-1 év. Mindezen tények alapján bontásuk indokolt.

**A magasabbrendű energiapolitikai cél a megújuló energiára alapozott korszerűsítés kell legyen: geotermia.**

Az egyes intézmények illetve fogyasztói helyek megnevezését a 12.3 számú táblázat tartalmazza:

Sorszám	Fogyasztási hely megnevezése:	Fogyasztási hely címe:
1.	Zalaegerszegi Ady Endre Általános Iskola, Gimnázium és Alapfokú Művészetoktatási Intézmény	8900 Zalaegerszeg, Kisfaludy S. u. 2.
2.	Zalaegerszegi Városrészek Művelődési Központja és Könyvtára	8900 Zalaegerszeg, Apáczai tér 5.
3.	Zalaegerszegi Belvárosi Magyar-Angol Két Tanítási Nyelvű Általános Iskola	8900 Zalaegerszeg, Kosztolányi D. u. 17-21.
4.	Zalaegerszegi Belvárosi Magyar-Angol Két Tanítási Nyelvű Általános Iskola	8900 Zalaegerszeg, Kis u. 6.
5.	Zalaegerszegi Egyesített Bölcsődék	8900 Zalaegerszeg, Úrhajós u. 2.
6.	Zalaegerszegi Egyesített Bölcsődék	8900 Zalaegerszeg, Napsugár u. 32.
7.	Izsák Imre Általános Iskola	8900 Zalaegerszeg, Klapka Gy. U. 1.
8.	Keresztury Dezső VMK	8900 Zalaegerszeg, Landorhegyi u. 21.
9.	Zalaegerszegi Kertvárosi Általános Iskola	8900 Zalaegerszeg, Köztársaság u. 68.
10.	Zalaegerszegi Kertvárosi Általános Iskola	8900 Zalaegerszeg, Varkaus tér 1.
11.	Zalaegerszegi Kölcsey Ferenc Gimnázium	8900 Zalaegerszeg, Rákóczi F. u. 49-53.
12.	Landorhegyi Sportiskola Általános Iskola	8900 Zalaegerszeg, Landorhegyi u. 12.
13.	Landorhegyi Sportiskola Általános Iskola	8900 Zalaegerszeg, Pais D.u.2.
14.	Zalaegerszegi Belvárosi I. sz. Óvoda	8900 Zalaegerszeg, Kis u. 8.
15.	Zalaegerszegi Belvárosi II. sz. Óvoda	8900 Zalaegerszeg, Radnóti u. 1.
16.	Zalaegerszegi Belvárosi II. sz. Óvoda	8900 Zalaegerszeg, Petőfi út 21.
17.	Zalaegerszegi Kertvárosi Óvoda	8900 Zalaegerszeg, Napsugár u.30.
18.	Zalaegerszegi Öveges József Általános Iskola	8900 Zalaegerszeg, Iskola u. 1.
19.	Zalaegerszegi Városi Középiskolai Kollégium	8900 Zalaegerszeg, Puskás T.u.3.
20.	Zalaegerszegi Városi Középiskolai Kollégium	8900 Zalaegerszeg, Göcseji u. 16.
21.	Zalaegerszegi Városi Középiskolai Kollégium	8900 Zalaegerszeg, Puskás T.u.2.
22.	Zalaegerszegi Városi Középiskolai Kollégium	8900 Zalaegerszeg, Puskás T.u.1.
23.	Zalaegerszeg Megyei Jogú Város Polgármesteri Hivatala	8900 Zalaegerszeg, Kossuth L. u. 17.
38.	Művelődési központ	8900 Zalaegerszeg, Ady Endre utca 14
24.	Zalaegerszeg Megyei Jogú Város Önkormányzata	8900 Zalaegerszeg, Széchenyi tér 5.
25.	Zalaegerszeg Megyei Jogú Város Önkormányzata	8900 Zalaegerszeg, Kossuth L. u.45.
26.	Gondozási Központ Idősek Otthona	8900 Zalaegerszeg, Gasparich.u.3.
27.	Hevesi Sándor Színház	8900 Zalaegerszeg, Kosztolányi tér,3.
28.	Göcseji Múzeum	8900 Zalaegerszeg, Várkör utca 1-3.
29.	Deák Ferenc Megyei és Városi Könyvtár	8900 Zalaegerszeg, Deák Ferenc tér 6.
30.	Zalaegerszegi Zrínyi Miklós Gimnázium	8900 Zalaegerszeg, Rákóczi u. 30.
31.	Mozi	8900 Zalaegerszeg, Széchenyi tér 4.
33.	APEH	
34.	Rendőrség	
35.	Városi Sportlétesítmény Gondnokság Intézménye – ZTE FC, Sportsarnok	8900 Zalaegerszeg, Október 6. tér 16.
39.	Tudomány-technika háza	
40.	Templom	8900 Zalaegerszeg, Mindszenty tér
41.	Bíróság + börtön	
	Csány László Közgazdasági Szakközépiskola	8900 Zalaegerszeg, Jókai u. 6.

12.3 számú táblázat: Intézmények illetve fogyasztói helyek megnevezése



A lista utolsó soraiban, azokat az intézményeket tüntettük fel, amelyek a helyszíni bejárás és annak alapján kialakított véleményünk szerint ugyancsak **bekapcsolhatók a geotermális hőellátás rendszerébe**. Ezek a térképen kék színnel jelzett középületek.

#### **12.4.1 A hőfelhasználó oldal helyzete, hőigényei, a fűtési rendszerek**

A hőellátó rendszer kialakítására, kiterjedésére és méretei meghatározására fontos az intézmények jelenlegi hőfelhasználása, hőigénye és ezen adatokból meghatározható kapacitás és igény egyensúlya.

A felhasználási adatokból számítással meghatároztuk a teljesítmény-igényeket. A kihasználási óraszámokat a helyszíni bejárások és tapasztalatok alapján vettük figyelembe.

A fentiek figyelembe vételével az egyes intézmények jellemző adatait a 12.4 számú táblázatban mutatjuk be.

Sorszám	Fogyasztási hely megnevezése	Jelenlegi hőfelhasználás GJ	Számított hőigény - kW	Beépített kazáneljesítmény kW
1.	Zalaegerszegi Ady Endre Általános Iskola, Gimnázium és Alapfokú Művészetoktatási Intézmény	2995	554	630
3.	Zalaegerszegi Belvárosi Magyar-Angol Két Tanítási Nyelvű Általános Iskola	1471	272	480
4.	Zalaegerszegi Belvárosi Magyar-Angol Két Tanítási Nyelvű Általános Iskola Dózsa György Tagiskolája	1174	217	360
11.	Zalaegerszegi Kölcsey Ferenc Gimnázium (elfolyó termálvízre)	1334	247	350
14.	Zalaegerszegi Belvárosi I. sz. Óvoda	2652	491	630
16.	Zalaegerszegi Belvárosi II. sz. Óvoda	1959	363	420
18.	Zalaegerszegi Öveges József Általános Iskola	1632	302	380
23.	Zalaegerszeg Megyei Jogú Város Polgármesteri Hivatala	595	110	340
24.	Zalaegerszeg Megyei Jogú Város Önkormányzata Illetékhivatal, Levéltár	1269	235	600
25.	Zalaegerszeg Megyei Jogú Város Önkormányzata Megyei Rendőrkapitányság	1090	202	350
27.	Hevesi Sándor Színház	5492	1000	3000
28.	Göcseji Múzeum	808	150	230
29.	Deák Ferenc Megyei és Városi Könyvtár	717	133	315
30.	Zalaegerszegi Zrínyi Miklós Gimnázium (elfolyó termálvízre)	2380	440	630
31.	Mozi			
33.	APEH			
34.	Rendőrség			
35.	Városi Sportlétesítmény Gondnokság Intézménye – ZTE FC, Sportcsarnok			
39.	Tudomány-technika háza			
40.	Templom			
41.	Bíróság+Börtön			
	Csány László Közgazdasági Szakközépiskola (elfolyó termálvízre)			

12.4 számú táblázat: Távfűtésre javasolt intézmények jellemző adatai

## 12.4.2 A hőtermelő létesítmények állapota

Az egyes hőfogyasztók hőtermelőire jellemző az egyedi, intézményenkénti földgáztüzelésű kazánház (lásd: 12.5 számú táblázat). Egy esetben az ún. Mozi épületének fűtését könnyű fűtőolajjal illetve gázolajjal üzemelő 30 év feletti elavult gőzkazánokkal biztosítják.

Felhasználási hely	Hőtermelő típusa	Életkor	Állapot	Egyéb megjegyzés
Z.egerszegi Ady Endre Általános Iskola, Gimnázium és Alapfokú Művészet-oktatási Intézmény	Hoval	10 év	jó	tartalék nincs
Z.egerszegi Belvárosi Magyar-Angol Két Tanítási Nyelvű Általános Iskola				
Z.egerszegi Belvárosi Magyar-Angol Két Tanítási Nyelvű Általános Iskola				
Z.egerszegi Kölcsey Ferenc Gimnázium				
Z.egerszegi Belvárosi I. sz. Óvoda	FÉG-Vestal	20 év	kielégítő	rossz hatásfok
Z.egerszegi Belvárosi II. sz. Óvoda	FÉG-Vestal	15 év	kielégítő	rossz hatásfok
Z.egerszegi Öveges József Általános Iskola	FÉG-Vestal		kielégítő	
Z.egerszeg Megyei Jogú Város Polgármesteri Hivatala	Unical	3 év	kitűnő	zárt égésterű
Z.egerszeg Megyei Jogú Város Önkormányzata	Hoval-Ultragas	6 év	kitűnő	kondenzációs
Z.egerszeg Megyei Jogú Város Önkormányzata	Erka-Super	25 év	kielégítő	elhanyagolt
Hevesi Sándor Színház	Komfort	40 év	elavult	cserélendő
Göcseji Múzeum	Buderus	10 év	korszerű	jó szabályozás-technika
Deák Ferenc Megyei és Városi Könyvtár	FÉG-Vestale	30 év	rossz	épület is rossz
Z.egerszegi Zrínyi Miklós Gimnázium	FÉG-Vestale	24 év	kielégítő	gyenge hatásfok
Mozi	Komfort-gőz	30 év	rossz	olajos kazán!
APEH				
Rendőrség				
Tudomány-technika háza				
Templom				
Bíróság+Börtön				

12.5 számú táblázat: Intézmények hőtermelő készülékeinek felsorolása

## 12.5 A javasolt új geotermális hőforrás várható kialakítása

A geotermális távhőellátás első ütemében a mellékelt térkép szerinti piros színnel bemutatott középületek (az Önkormányzat által megadott épületek) kapnak geotermális hőellátást.

Az általunk a helyszíni felmérés során tapasztalt további középületek (kék színnel ábrázolva) kapnak geotermális ellátást.

A távhő ellátó rendszer sugaras kialakítású. A hőforrás oldal 3 db ( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  jelű) a hévizeket a központi hévízműhöz továbbítjuk [primer oldal]. Innen indul a lágyvízzel feltöltött, változó tömegáramú távhő ellátó hálózat az egyes épületekhez. A fogadó hőközpontok a későbbi tervezés során lehetnek direkt hőközpontok.

A lehűlt hévíz visszasajtoló kútba kerül, és a két szomszédos középiskola hőszivattyús ellátása is megoldható a lefűtött hévízből.

### A városi strandfürdő hévízellátási javaslata

A (32) városi uszoda-strandfürdő hő- és hévíz ellátására – a városi geotermális távhőellátástól független – **új hévízkút lemélyítését javasoljuk**. Ez a hévízkút célszerűen a Felső-Pannon rétegből nyert hévizet hasznosítaná, hasonlóan az Aqua-Parknál lefűrt ZG-3 jelű kúthoz, vagyis várhatóan 40-45°C-os hévizet adna, kb. 900-950 m talpmélységgel. A hévíz alkalmas lehet a sport- és élménymedence fűtésre-hőntartásra, illetve közvetlenül a melegvízes medencék töltő-ürítő rendszerű ellátására. Természetesen – akár hőszivattyúval kiegészítve – a strand épületének fűtésére, HMV-ellátásra is felhasználható lesz a hévíz.

### A CH-meddő kutak felhasználásának kérdése

A hazai hévíz hasznosítási tapasztalatok szerint nem minden esetben szerencsés és gazdaságos a meddő szénhidrogén kutak átalakítása hévíztermelés céljára, mert:

- a kút állapota, csövezése, kérdéses,
- az utólagos beszűrőzés nagyarányú fojtást eredményez,
- bűvárszivattyúval nem termeltethető, csupán kompresszoros (pl. Kiskunmajsa) mesterséges termeléssel.

**Ezért a rizikófaktorok miatt nem javasoljuk.**

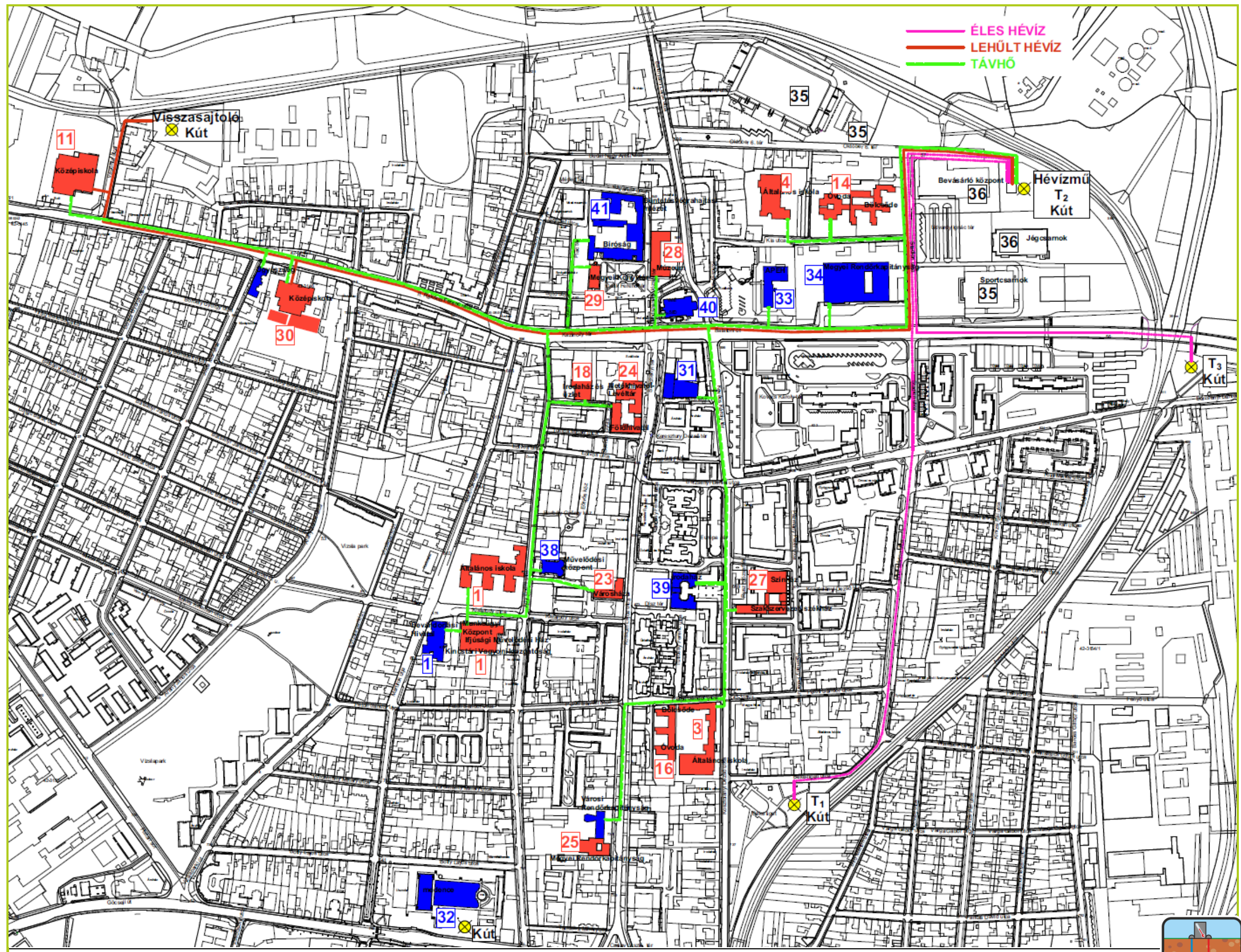
### Az általunk bejelölt új hévízkutak helye

A térkép-vázlaton (lásd: 12.14. ábra) két helyszínen adtunk meg új kút lemélyítésére javaslatot:

- Béke liget,
- Bevásárló központ-vasút közötti terület.

Ezen kút helyszínek optimális egymástól való távolsága és a hévízközpont alkalmas elhelyezése indokolta a hely kijelölését. Azonban a konkrét tervezés során gondos hévízföldtani, szeizmológiai és egyéb vizsgálatok alapján a tervezők, geológusok adják meg a pontos kúthely javaslatot.





12.14. ábra: Tervezett nyomvonal- és kútvezeték



## 12.6 A rendszer kialakítás környezetvédelmi előnyei, a vízvisszasajtolás javaslata

A földgáztüzelés kiváltása következtében az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkenését a számítások elméleti megfontolásainak és néhány konkrét beruházás eredményének ismertetésével elemezzük a következőkben.

Az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátás-csökkentésének várható éves átlagos mértékét [t CO<sub>2</sub> ekv./év] a következők befolyásolják:

- a földgázkiváltás mértéke,
- a földgázkiváltás miatt elmaradó NO<sub>x</sub>-kibocsátás,
- a villamos energia többlet felhasználása,
- a villamos energia miatt keletkező NO<sub>x</sub>-kibocsátás,
- a gáztalanítás során felszabaduló CO<sub>2</sub>,
- a gáztalanítás során felszabaduló CH<sub>4</sub>.

*CO<sub>2</sub>-megtakarítás a geotermikus távfűtési rendszereknél*

Földgázkiváltás:

Egy TJ földgáz kiváltásával **56,1 tonna CO<sub>2</sub>-kibocsátást** takarítunk meg.

Elmaradt NO<sub>x</sub>-kibocsátás:

A CO<sub>2</sub> gáz kibocsátásán kívül csökken az NO<sub>x</sub> gázok kibocsátása is, ezzel javítva a környezet levegőminőségét, túl azon, hogy hozzájárul Magyarország az ÜHG kibocsátás csökkentésére tett nemzetközi vállalásaihoz.

Egy TJ földgáz kiváltásával **0,08 tonna NO<sub>x</sub>-kibocsátást** takarítunk meg. Az NO<sub>x</sub> CO<sub>2</sub>- ekvivalencia tényezője segítségével ez az érték átszámítható CO<sub>2</sub>-megtakarításra.

*CO<sub>2</sub> többletkibocsátás a geotermikus távfűtési rendszereknél*

A többlet villamos energia felhasználásának hatásai:

A geotermikus fűtési rendszerekben a szivattyúk miatt több villamos energiát használnak fel.

Villamos energia miatt keletkező NO<sub>x</sub>-kibocsátás:

A villamos energia felhasználása NO<sub>x</sub>-kibocsátással is jár. Egy MWh villamos-energia (a magyarországi adatok alapul vételével) **0,6 tonna NO<sub>x</sub>-kibocsátásnak** felel meg. Az NO<sub>x</sub> CO<sub>2</sub>-ekvivalencia tényezője segítségével ez az érték is átszámítható CO<sub>2</sub>-egyenértékre.

#### A gáztalanítás során felszabaduló CO<sub>2</sub>:

Nyitott termálvíz-hasznosító rendszereknél, ahol a szabad gáztartalmat leválasztják, a termálvíz gázvizsgálata segítségével meghatározható a CO<sub>2</sub>többlet kibocsátása.

#### A gáztalanítás során felszabaduló CH<sub>4</sub>:

A CO<sub>2</sub>-kibocsátáshoz hasonlóan a CH<sub>4</sub>-kibocsátás is meghatározható a gázvizsgálati eredmények segítségével. A Zalaegerszeg térségében eddig feltárt és hévíz és gázvizsgálati eredményekkel bemutatott kutak nem hoznak a felszínre hasznosítható mennyiségű metángázt. Ezért nem tudunk CH<sub>4</sub> gáz leválasztást és hasznosítást javasolni a távhő rendszer számára.

#### **„Nagy” sótartalom a hévízben**

A hazai (és Zala megyei) hévizek nem nagy sótartalmúak. A jelentős sótartalom nálunk kb. 3000 mg/l feletti értéknél jelentkezik. Franciaországban nem ritka a 20.000 mg/l, vagy annál nagyobb sótartalom a hévizekben. Ez nem jelent só lerakódási problémákat, ha túlnyomás és CO<sub>2</sub> gáz megtartás van a rendszerben.

#### **Vízkőkiválás termálvíz rendszerekben**

A hazánkban előforduló termálvizek minden esetben tartalmaznak alkáli-földfém-hidrokarbonátokat. A kalcium és magnézium hidrokarbonátok egyensúlyt tartanak a víz széndioxid tartalmával az alábbi reakciók szerint.

Ha a víz széndioxid tartalma az egyensúlyi mennyiségénél kevesebb, akkor szilárd halmazállapotú kalcium-karbonát (vízkő) válik ki, ha több, akkor a már esetleg kivált kalcium-karbonát oldatba megy. Az alkáli-földfém-hidrokarbonátok egyensúlyban tartásához szükséges széndioxid mennyiség feletti széndioxid tartalmat nevezik agresszív (korróziót okozó) széndioxidnak. A kiváló kalcium-karbonát összefüggő korrózióvédő bevonatot képez, így vagy korrózió, vagy vízkőképződés a jellemző.

A termálvizek kitermelése során nyitott rendszerekben mindig jelen van kisebb-nagyobb mértékben a széndioxid, folyamatosan változik a hőmérséklet és a nyomás. A termelő-rendszerben pontról-pontra változik a víz aktuális pH-ja, ezért megváltozhat a korrózió, vagy vízkőkiválásra való hajlama is.

Ez a jelenség érthető, mivel a víz pH-ját az oldott sókon kívül befolyásolja a széndioxid parciális nyomása és a hőmérséklete is. A széndioxid parciális nyomásának növekedése növeli a vízben oldott széndioxid mennyiségét, vagyis csökken a vízkőkiválási hajlam, növekszik a korrózió. A hőmérséklet emelése növeli a disszociáció fokot, de csökkenti a CO<sub>2</sub> oldhatóságát.

Különösen a 2000 m alatti szintekből termelő kutakban és a csatlakozó vezetékrendszerekben tapasztaltak nagymértékű vízkőkiválást (Szentés, Szőreg, Apátfalva, Kapuvár,

stb.). Ez a folyamat a termálvízhozam fokozatos csökkenését idézi elő, átlagosan pedig egy alacsonyabb vízhozamot jelent. A vízkőkiválás miatt természetesen számos más jellegű üzemeltetési probléma is felmerül, mint a hőcserélők alkalmazásának szükségessége, ami jelentős energia veszteséget is jelent (Szentés).

Az eddigi gyakorlat szerint a termálvíz kutakon kirakódott vízkő eltávolítására több módszer ismeretes. Ezek közül ritkábban alkalmazható az a megoldás, amikor a kútfejen létrehozható olyan hőfok és nyomásérték, amelynél a vízkőkiválás még nem következhet be. Általában a termálkútjaink zöme ennél sokkal kisebb rétegnomással rendelkezik, és túlságosan kis hozamokat kapnánk e módszer erőszakolt alkalmazása esetén.

Jóval gyakoribb a vízkőkiválás kémiai vagy mechanikai úton történő eltávolítása. Természetesen mindkét módszer magában rejti az alkalmazáshoz kötődő speciális veszélyeket. A kémiai módszer gyakori alkalmazásánál még akkor is fennáll a sósav okozta korrózió, ha viszonylag jó inhibáló anyagokat használunk a beadagolt savkeveréshez.

A vízkő koncentrikus eltávolítását legjobban mechanikai úton lehet elérni kifúrás által. Ehhez azonban legalább fúrókocsi, vagy kútjavító-berendezés szükséges a megfelelő fúró-árbóccal, a fúráshoz szükséges rudazattal és egyéb szerszámokkal.

A kút béléscsövében kirakódott vízkövet vízöblítés mellett is csak részben lehet a felszínre öblíteni, mivel a fúrás közben szintén létrejön folyadék-elnyelés a rétegben, így a furadék egy része nem a felszínre, hanem a kúttalpra süllyed vissza. Ez többszöri művelet után a vízadó rétegek átteresztőképességét csökkenti, az azok előtt kompaktálódott furadékanyag miatt. Ilyenkor egy újabb fúrás esetén a kút talpáig le kell menni, és azt újból talpig fúrva ki kell öblíteni a furadékanyagot a vízadó rétegek felszabadítása érdekében. Még nagyobb veszélyt rejt magában a fentiekén kívül az, hogy a fúrás közben rosszul vezetett, vergődő mozgást is végző fúrófej többszöri ismételt fúrás alkalmával könnyen kidörzsölheti a béléscső-falat. A béléscső-sérülés javítására ugyan van kidolgozott technológia, azonban ezek rendkívül költségesek és a kút megjavítása után sem éri el korábbi műszaki tökéletességét.

### **A vízkőkiválás csökkentése vegyszeres kezeléssel**

A vízkőkiválás csökkentésének lehetőségei az elméleti megfontolások alapján a következők: a hőmérséklet, a kalcium-tartalom, az összes sótartalom vagy a pH csökkentése. Ez utóbbival egyenértékű a vízzel egyensúlyt tartó gáz széndioxid parciális nyomásának növelése.

A termálvíztermelésből származó rétegvizek lágyítására vagy sótartalmának csökkentésére egyáltalán nincs lehetőség, és nem befolyásolható számottevő mértékben a hőmérséklet sem. Korlátozott mértékben lehetőség van a CO<sub>2</sub> magas értéken való tartására. Ebben az esetben

törekedni kell arra, hogy az expanzió a technológiai folyamat minél későbbi szakaszában következzen be.

Komolyabb eredményt csak a pH csökkentésétől várhatunk. Ennek a módszernek az alkalmazása azonban nagyon pontos pH-szabályozást tesz szükségessé tekintettel arra, hogy az egyensúlyi pH-tól való nagy eltérés jelentős korróziót is okozhat. A termásvíz kútban pH-szabályozása szinte megoldhatatlan műszaki problémát is jelentene.

A széles körben alkalmazott módszer nem a kőkiválás, hanem a kiváló kalcium-karbonát kristályok növekedésének és csőfalra való tapadásának megakadályozására törekszik. Az eljárás alapja az, hogy a beadagolt vegyszer a kalcium-karbonát kristályrácsba beépül és azt deformálja, ezzel lehetetlenné teszi a kristálynövekedést.

A gyakorlatban bevált vegyszerek, mint a HIDROGEL, Nalco 4320, Drewperse-120 is ilyen elven működnek, hatóanyaguk polifoszfát, polifoszfónát, polimolein-sav-anhidrid. Számos más vegyszer is, mint például a karboxi metil-cellulóz is alkalmas lehet.

A beadagolandó vegyszer kiválasztásának legfontosabb kritériumai az ár és a környezetre való hatás. Mivel a termásvizek jelenleg felszíni befogadókba kerülnek, fontos, hogy a környezetvédelmi előírásokat a vegyszeradagolással ne sértsük meg. A nátrium-tripolifoszfát hazai előállítású vegyszer, elmondható, hogy különböző rétegvizekre vonatkozóan 2-5 ppm koncentráció mellett a vízkőkiválás 80-90%-kal csökken. Ez a koncentráció nem ütközik környezetvédelmi előírásba.

A vegyszer kútáramba történő bejuttatására több mód kínálkozik.

A termelőcsővel ellátott kutak esetében a vízzel készült törzsoldatot a béléscső-termelő-cső közti gyűrűstérbe adagoljuk folyamatosan. (Ez a kútszerkezet azért is előnyös, mert a gyűrűstérben összegyűlő gáz, hatásos hőszigetelést biztosít, így a kifolyási hőmérséklet jelentősen emelkedhet.) A vegyszeres oldat a termelőcső-saruban visszafordulva bejut a kútáramba. Ebben az esetben biztosítani kell azt, hogy a termelőcső saru a vízkövesedési zóna alatt legyen néhány tíz méterrel, hogy a vegyszerkeveredés teljes mértékű legyen.

A béléscsővön termelő kutak esetében a vízkövesedési zóna alá legalább 10-20 méterrel kell a vegyszer-törzsoldatot adagolni egy erre a célra a kútba épített 3/8-1/2"-os adagoló-csővön keresztül. Ebben az esetben a karácsonyfa alá egy alkalmasan kiképzett akasztó közdarabot kell beépíteni.

A vegyszer-törzsoldat adagolására a szokásos vegyszeradagoló szivattyúk alkalmasak, egyes esetekben az adagolás egyszerű becsorgatással is megoldható.

### **A hőszennyezés**

A felszínre hozott termálvizek többlépcsős hasznosítását ezidáig nem sikerült megoldani, így az elfolyó hévizek hőfoka nagy, esetenként 40-50°C-os, aminek nagy a hőszennyezése (energiavesztéséről nem is beszélve).

A viszonylag nagy hőmérsékletű csurgalék hévizeknek élővízbe történő bevezetések az ott lejátszódó valamennyi kémiai, biokémiai folyamat sebessége nagymértékben megnövekszik. A vízi élőszervezetek megváltozott asszimilációs, illetve disszimilációs életműködése a befogadóban eredetileg meglévő "biológiai egyensúlyt" kedvezőtlen irányba tolja el, aminek hatására a stabil vízminőség labilissá válik.

A tavakba, tárolókba beengedett, s a könnyebb fajsúly miatt a felszínen elterülő melegvíz akadályozza az oxigén felvételét. Napsugárzáskor a primer szervezetek növekvő oxigéntermelése képes ezt a hatást teljes mértékben ellensúlyozni. Borús időben, illetve éjszaka azonban a lebontási folyamatok túlsúlya következtében a melegebb vízben tárolt kevesebb oxigén mennyisége hamar elfogyhat. Nemcsak a haltáplálék-szervezetek, de a halak pusztulása is bekövetkezhet.

A befogadóban lévő mérgező anyag jelenlétére a vízi szervezetek érzékenysége a hőfok emelkedésére megnő, vagyis kisebb koncentráció is már számukra végzetes lehet.

A melegvíz bevezetésének hatását a vízi ökológiai rendszerre az élőlények változatossága miatt csaknem lehetetlen leírni.

Zalaegerszeg térségében nyitott hévízrendszerről, vízkezelésekről nem lehet szó, mert az ismert vízkémiai adottságok a működő termálkutaknál igen kedvezőek.



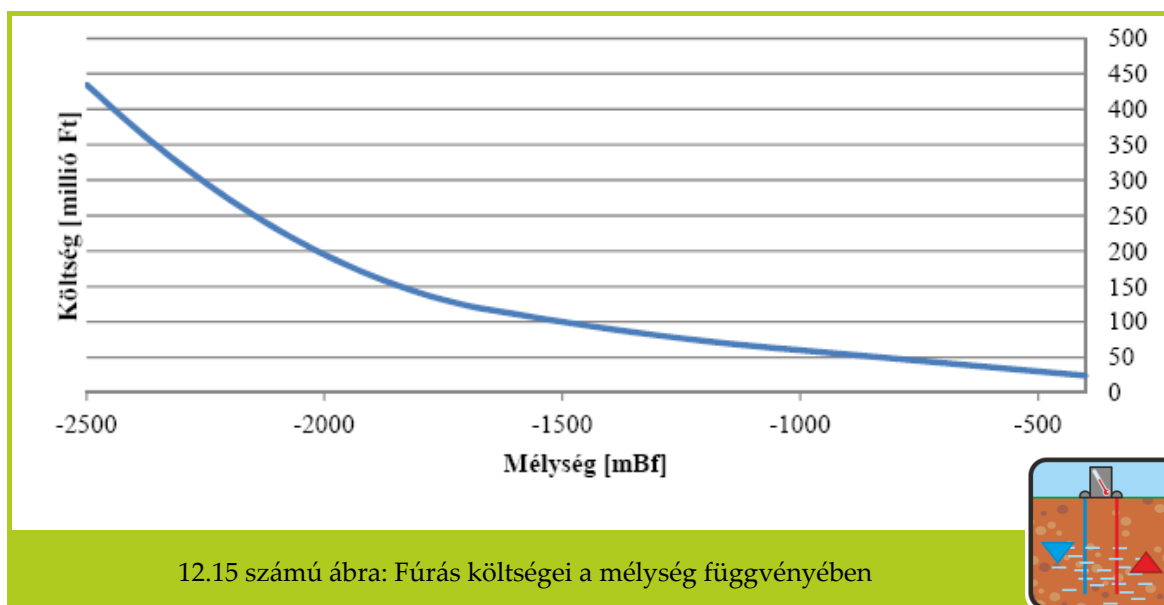
## 12.7 A geotermális hőellátás becsült beruházási költségei

A geotermikus energia-hasznosítást jellemző beruházási költség szerkezet a következőkből áll össze:

- kitermelési technológia: termelőkút, búvárszivattyú, hőcserélő, szabályozás,
- visszasajtolási technológia: termelőkút, búvárszivattyú, hőcserélő, szabályozás,
- felszíni technológia: szivattyúház, távvezeték, egyéb technológia,
- tervezés és kivitelezés.

### Termelő és visszasajtoló kutak

A termelő és visszasajtoló kutak fúrási költségeit a fúrási mélység függvényében a 12.15 számú ábra tartalmazza.



### Búvárszivattyú, visszasajtoló szivattyúk

A szivattyúk beruházási költsége a kitermelt vízmennyiség és a nyomásigény segítségével határozható meg, tízmillió Forintos nagyságrendet jelent.

### Hőcserélők

A hőcserélők beruházási költségeit a fűtési hőteljesítmény és a szekunder, illetve primer oldali hőlépcső egyértelműen meghatározza. Alábbi számításainkhoz mindenhol 70/55-ös szekunder oldali hőlépcsőt vettünk figyelembe. A primer oldali hőlépcsőt a termálvíz hőmérséklete határozza meg.

### Szűrők

A szűrők beruházási költségeit a visszasajtoló vízmennyiség, illetve a mikrométerben kifejezett szűrési finomság határozza meg. A számítások során egy átlagos 10 mikronos szűrési finomsággal számoltunk.

### Szabályozás, szivattyúház, távvezeték

A szabályozási költségek nem egyenesen arányosak a rendszer méretével. A beruházásköltségét a rendszer I/O (input/output) száma határozza meg, ami kis- és bonyolult rendszerek esetén akár több is lehet, mint egy nagyobb, de egyszerűbb távfűtési hálózatnál.

Hasonló a helyzet a szivattyúház és a távvezeték esetén is, ezért a számítások során ezekre azonos összeget vettük figyelembe.

### Kivitelezés

A kivitelezési költségekre a beruházás anyagköltségének 25%-át vettük fel.

### Tervezés, előkészítés

A tervezési és előkészítési költségekre a teljes beruházási költség 10 %-át vettük fel.

A beruházási költségeket nem lehet olyan egzakt módon meghatározni, mint az üzemeltetési költségeket. Megbecslésükhöz tervezési és kivitelezési tapasztalatokra is szükség van.

**Az I. ütem becsült beruházási költsége összesen 1,1 milliárd Ft, amely nem tartalmazza a távvezetékek beruházási költségeit, de a fenti költségeknek alapján lett megbecsülve.**

### **A ráfordítások csökkentése (költségcsökkentés)**

A fogyasztók fűtési hőigénye az időjárás, a napszak függvényében változik. A változásokat szabályozással tudjuk követni. Az elavult berendezések jellemzője a kézi szabályzás, amivel jelentős pontatlansággal követik a hőigény változásokat, ennek egyenes következménye a vízpazarló üzemvitel. **A ráfordítások csökkentéséhez a fogyasztók belső hőmérsékletének szabályozhatóságát kell biztosítanunk.** Az időjárás és napszak függő belső hőmérséklet szabályzás megvalósítható központi szabályzó szelepekkel, vagy fűtőtestekre szerelt termosztatikus szelepekkel. A fogyasztói oldal szabályzása biztosítja egyúttal a keringtetett termálvíz mennyiségének változását, ezzel az időjárás és a napszakok változását követő termálvíz felhasználás valósítható meg. A termálvíz továbbításához alkalmazott szivattyúk fojtásos, visszakeveréses szabályzása helyett a frekvenciaváltóval vezérelt fordulatszám-változtatás, jelentős villamos-energia megtakarítást eredményez. A belső hőmérséklet, a keringtetett termálvízmennyiség optimalizálása után a termálkútból kitermelt vízmennyiség szabályzását kell megoldani, amelyet pozitív kút esetében szabályzószelleppel, gépi termeltetés mellett a kompresszornak, vagy bűvárszivattyúnak a fordulatszám-változtatásával valósítható meg. Jelen esetben a bűvárszivattyúk fordulatszám szabályzását javasoljuk.

A termálvíz és villamos energia felhasználás csökkenését eredményezi az állandó térfogatáramú fűtési rendszerek helyett alkalmazott változó térfogatáramú fűtési mód. Összehasonlításként közöljük az egységnyi hőteljesítmény igényű (1 000 kW) 90/70°C-os

tisztán minőségi (állandó térfogatáramú), és az egységnyi hőteljesítmény igényű 90/70°C-os tisztán mennyiségi (változó térfogatáramú) szabályozású rendszerekben keringtetett éves vízmennyiséget, ha a termálvíz hőmérséklete 95°C. Amíg az állandó térfogatáramú rendszerben 47 300 m<sup>3</sup>/év a keringtetett vízmennyiség, addig a változó térfogatáramú rendszerben 33 800 m<sup>3</sup>/év is elég, ami közel 30 %-os megtakarítást jelent.

A szabályzási feladatok végrehajtásához szabadon programozható szabályzók (PLC-k, DDC-k) alkalmazása lehetővé teszi a felügyeleti rendszerek megvalósítását.

## 12.8 Távfűtő hálózat tervezése geotermális energia bázisán

A távhőszolgáltatás mind Európában, mind Magyarországon az energetika egyik jelentős ágazata. Az elmúlt évtizedekben túlnyomó részt házgári technológiával épült 650 ezer lakás fűtése távhővel történik. A települések életében igen fontos feladatokat látnak el a hálózatos közművek. A közműhálózatok között a legbonyolultabb technológiát a távfűtések képviselik. Igen eszközigenyesek, beruházásuk és üzemeltetésük költséges, ugyanakkor az energetikában a szerepük igen nagy, mert helyet és lehetőséget adnak a kapcsolt hő- és villamosenergia termelés megvalósításának, továbbá ideális lehetőséget adnak a megújuló energiahordozók felhasználásához és az EU energiapolitikájában fogalmazott irányelvek teljesítéséhez. Sajnos Magyarországon még csak mintegy tíz településen van hévíz bázisú távhőellátás. A következő években ez várhatóan jelentősen megváltozik, és mind több település használja ki a hévíz hasznosítás termodinamikai és gazdasági előnyeit. **Zalaegerszeg és környékének földtani adottságai kitűnő lehetőséget adnak a geotermális energia hasznosítására, magas entalpiájú hévíz kinyerésére.** A hévíz gazdaságos és széles fogyasztói körre történő alkalmazását távfűtő rendszer kiépítése biztosíthatja. A távfűtő hálózatok létesítésének és üzemeltetésének gazdasági optimalizációja lényegesen olcsóbbá teheti a távfűtést. A létesítés optimalizációja alatt az optimális csőátmérők meghatározását értjük.

### 12.8.1 A hálózat tervezése

A hálózat nyomvonal rendszerét sugaras topológiával javasoljuk kiépíteni. A kiépítés több ütemben történhet. A hálózatot és az átmérőket úgy határoztuk meg, hogy azok az ún. második ütem igényeinek kielégítésére is alkalmasak legyenek. A hálózat tervezése a felmért fogyasztói körre a megadott hőigények alapján történik. A felszínre hozott hévíz hőmérsékletét 85-90 °C értékűnek tekintjük, amelyhez 80-50 °C primer hőmérséklet lépcsőjű, közvetett rendszerű távfűtő hálózatot illesztünk. A fogyasztók általában külön hőközpontot kapnak, ill. a meglévő hőközpontok átalakíthatóságával számolunk. A tapasztalat szerint a hőközpontok és a szekunder rendszerek többnyire túlméretezettek, és a korábbi 90-70 °C hőmérséklet lépcső 70-55 °C hőmérséklet lépcsőre váltható ki.

**A számításokban alkalmazott alapvető képletek az alábbiak:**

- A tömegáram:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c(t_e - t_v)}$$

A képletben szereplő hőmérsékletek értékei:  $t_e = 80^\circ\text{C}$  és  $t_v = 50^\circ\text{C}$ .

- A térfogatáram:

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho}$$

- Az áramlási sebesség:

$$v = \frac{\dot{V}}{\frac{D^2 \pi}{4}}$$

- A Reynolds-szám:

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

- A csősúrlódási tényező:

A  $\lambda$  csősúrlódási tényező értékét iterációs lépések sorozatával a Colebrook-White összefüggéssel számítjuk, mivel az áramlás az úgynevezett átmeneti zónába esik.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left( 3,7 \cdot \frac{k}{D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} \right)$$

- Az ellenállástényező:

$$R = \left( \lambda \frac{L}{D} + \sum \xi \right) \frac{8 \cdot \rho}{D^4 \cdot \pi^2}$$

- A nyomásveszteség a hidraulikai Ohm-törvény alapján:

$$\Delta p = R \cdot \dot{V}^2$$

A nyomvonal tervet, a hálózat gráfját a 12.17 számú ábra szemlélteti, az egyes szakaszok adatait a mellékletek tartalmazzák. A hálózatot optimalizációs módszerrel a beruházási költség évi leírásának és a keringetés évi költségének együttes minimumára tervezzük. A hálózatot közvetlenül földbe fektetett, előregyártott, előre szigetelt vezeték rendszerrel javasoljuk megépíteni.

A számítások során alkalmazott egységár a gyárból kiszállított, szigetelt, beépítésre kész, egyenes cső nettó ára. A beruházási költség számítása során használt Ft/nyomvonal-folyóméter értékek az elmúlt évek vezetéképítési tapasztalataiból számolt átlagértékek (lásd: 12.6 számú táblázat). Tartalmazzák az előremenő és a visszatérő csővezeték, az idomok, szerelvények, a munkaárok kiásásának, visszatemetésének, a burkolat helyreállításának árát, és a munkát végző személyek és munkagép bérét. Ezek az adatok természetesen csupán tájékoztató jellegűek. A beruházási értékek az egyes vezeték szakaszoknál pozitív vagy negatív irányban is eltérhetnek. Ha belvárosban építünk, az ár magasabb lehet a megadottnál a sok burkolat-helyreállítás miatt, míg külterületen ez az ár csökkenhet.

A méretezés során egyes vezeték szakaszra külön-külön meghatározzuk az úgynevezett rendszerfüggetlen optimumot, a vezeték szakasz beruházásának, és a forróvíz áramoltatásának együttes költsége minimumát. Vezeték szakaszonként több szabványos átmérőre meghatározzuk a két költségelemet. A költségelemekből képezett két görbe összegének minimuma fogja meghatározni az adott szakaszra az optimális szabványos átmérő értékét. A számított optimális átmérőket a 12.7 számú táblázat foglalja össze. Az optimalizáció során felhasznált kiinduló adatokat és részletszámításokat a mellékletben



közölt Excel táblázatban mutatjuk be. A távfűtő hálózat nettó beruházási költsége a táblázatból összegezve ~500 millió forint. A víz keringetésének költsége ~3 millió Ft/év.

Csőátmérő	Egységár [Ft/fm]	Beruházási költség [Ft/nyfm]
DN50	4 875	52 000
DN65	5 648	62 000
DN80	6 602	70 000
DN100	9 054	80 000
DN125	10 939	95 000
DN150	13 329	110 000
DN200	19 014	140 000
DN250	27 000	170 000
DN300	33 969	205 000
DN350	38 188	230 000
DN400	41 061	300 000

12.6 számú táblázat: A számítás során felhasznált egységárak és beruházási költségek

Szakasz neve	Átmérő	Szakasz neve	Átmérő
1	DN80	23	DN50
2	DN80	24	DN80
3	DN100	25	DN80
4	DN80	26	DN1250
5	DN80	27	DN100
6	DN125	28	DN100
7	DN125	29	DN65
8	DN150	30	DN100
9	DN40	31	DN200
10	DN150	32	DN50
11	DN80	33	DN200
12	DN200	34	DN250
13	DN100	35	DN65
14	DN65	36	DN300
15	DN125	37	DN125
16	DN65	38	DN300
17	DN150	39	DN80
18	DN50	40	DN300
19	DN80	41	DN100
20	DN100	42	DN350
21	DN150	43	DN200
22	DN65		

12.7 számú táblázat: A számítás során kapott optimális átmérők az egyes vezetékszakaszokra

### 12.8.2 Hőközpontok

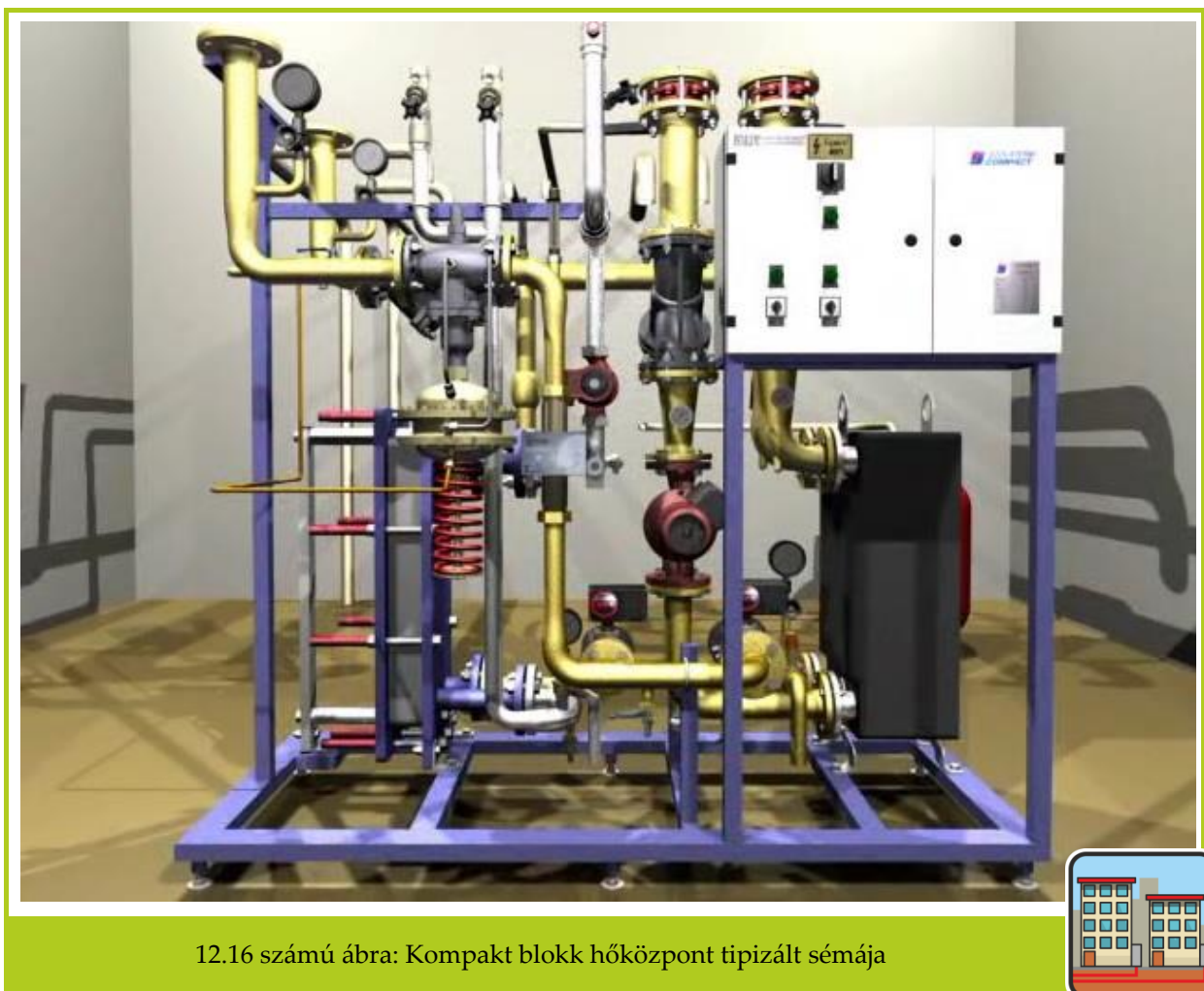
Minden fogyasztó illetve épület számára önálló, úgynevezett fogyasztói hőközpont kialakítását javasoljuk. A hőközpontban kapcsolódik a távhőellátó hálózat primer része az épület belső hőellátási rendszeréhez. A hőközpontok gépészeti megoldását kompakt megoldásban, előre gyártott blokk hőközponttal javasoljuk megoldani. A blokk hőközpont egy lehetséges megoldását 12.16 számú ábra mutatjuk be. A hőközpontok becsült teljes bekerülési összege ~101 millió Ft, a helyszíni beüzemelés, szerelés költsége ~37 millió Ft.

A kompakt blokkok szerelvényezettsége tipizált, azaz: ☉

- primer fűtőközeg oldalon karimás csatlakozás szakaszoló szerelvényekkel,
- szekunder fűtővíz oldalon karimás csatlakozás szakaszoló szerelvények nélkül,

- a szekunder fűtővíz visszatérő vezetéken tágulási vezeték csatlakozócsonk kialakítása,
- használati melegvíz /HMV/ oldali csatlakozások általában menetes csatlakozású golyóscsapokkal:
  - o fogyasztói előremenő vezeték,
  - o cirkulációs vezeték,
  - o hidegvíz-vezeték,
  - o párhuzamosan kapcsolható HMV tároló csatlakozás,
- a villamos vezérlőszekrény sorkapcsain a 3 x 400/230 V 50 Hz feszültségű betápláló kábel, valamint a külső léghőmérséklet-érzékelő jelátvivő kábel bekötési lehetősége biztosított.

A blokk hőközpont ára 8-11 Ft/W értékkel számolható helyszínre szállítva. A helyi szerelési és beüzemelési költség 3-4 Ft/W. A hőközpontok helyigénye 1,5-4 m<sup>2</sup>, amelyeknél a körüljárhatóságot is biztosítani kell.



12.16 számú ábra: Kompakt blokk hőközpont tipizált sémája





## 12.9 A geotermális hőellátó rendszer becsült üzemeltetési költségei

Meglévő és gazdaságosan működő geotermikus távhőrendszer üzemeltetésre vonatkozó költségszerkezetét legjobban az üzemeltetőktől kapott adatok alapján lehetne bemutatni. Ezek az adatok azonban jellemzően nem publikusak, beszerezni pedig üzleti titokra hivatkozva nem lehet.

Ezért a hatályos törvények, rendeletek előírásai szerint a geotermikus energiahasznosítást jellemző üzemeltetési költségszerkezet az alábbi tételekből tevődik össze:

- anyagjellegű költségek: villamos energia ára, karbantartás,
- bér- és személyzeti költségek,
- karbantartás,
- járulékok, bírságok: vízkészlet-járulék, bányajáradék, vízszennyezési bírság.

### *Villamos energia*

A 2013. január 1-től hatályos árak: az egyetemes szolgáltatás keretében értékesített villamos energia egységára 2013. január 1-től változott, melyet a villamos energia "piaci" termékárából és az egyetemes szolgáltatói árrésből [a 78/2012. (XII. 22.) NFM rendelettel módosított 4/2011. (I. 31.) NFM rendelet szerint] határozzák meg.

### *Bér és járulékok*

A bérköltségek attól függenek, hány kezelőszemélyt kell alkalmazni. Míg kisebb rendszerek esetében elegendő 1 fő, nagyobb rendszerek esetében 2 fő kezelőszemélyt kell alkalmazni.

### *Karbantartás*

A karbantartási költségeket a teljes beruházási költség ismeretében meg lehet becsülni. Ennek átlagos értéke a beruházási költség 0,25%-a, mely azonban nagymértékben függ a rendszer sajátosságaitól.

### *Vízszennyezési bírság*

Az elfolytatott termálvizek után a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól szóló 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet értelmében (és a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól szóló 220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet előírásainak figyelembe vételével) vízszennyezési bírságot kell fizetni. visszasajtolás esetén nem merül föl.

### *Vízkészlet járulék*

A 43/1999. (XII. 26.) KHVM rendelet 1. számú melléklete határozza meg a vízkészlet járulék mértékét:



„1. A VKJ kiszámításának szabálya:  $VKJ = „V” (m^3) \times „A” (Ft/m^3) \times „m” \times „g”$

- a) A „V” a vízhasználó által igénybe venni tervezett vagy igénybe vett vízmennyiség.
- b) Az „A” alajjárulék mértékét külön jogszabály határozza meg [vízhasználók, – akik vízjogi engedélyköteles tevékenységet folytatnak – esetén 4,50 Ft/m<sup>3</sup>].
- c) Az alajjárulékot a vízhasználat mértiségétől függően módosító szorzószám „m” értéke:
  - ca) nem mért vízhasználat esetén: 2,0,
  - cb) mért vízhasználat esetén: 1,0.
- d) Az alajjárulékot a vízhasználat és a vízkészlet jellegétől, valamint az adott térség vízkészlet-gazdálkodási helyzetétől függően a „g” szorzószám módosítja.

A „g” szorzószám értékei a következők:

- vízkészlet jellege,
- vízhasználat jellege,
- gyógyászati célú,
- gazdasági célú,
- fürdő egyéb,
- gyógyvíz minősített 1,0 5,0 10,0,
- termálvíz >vagy=30 °C 1,0 3,0 7,5.

Vízkészlet járulékokat a 12.8 számú táblázat tartalmazza.

Vízkészlet jellege		Vízhasználat jellege		
		gyógyászati célú	gazdasági célú	
			fürdő	egyéb
gyógyvíz	minősített	1,0	5,0	10,0
termálvíz	>vagy=30°C	1,0	3,0	7,5

12.8 számú táblázat: Vízkészlet járulékok

A túlfogyasztási járulék 9,00 Ft/m<sup>3</sup>, az engedély nélküli vízhasználat 28,90 Ft/m<sup>3</sup>, az üzemi fogyasztók, (akik ivóvizet szolgáltató közműről a saját gazdasági célú vízhasználatához településenként évi 0 m<sup>3</sup>-nél nagyobb vízmennyiséget használnak fel) járuléka 14,10 Ft/m<sup>3</sup>.

Itt ki kell emelnünk, hogy ugyan mind a 28/2004. (XII. 25.) KvVM, mind pedig a 43/1999. (XII. 26.) KHVM rendelet tartalmaz az energetikai (egyéb) célú termálvíz-hasznosításra vonatkozó részeket, ez már csak egy átmeneti időszakra érvényes és csak meglévő létesítmények esetén. Új geotermikus alapú energiahasznosítást – az agrárcélú felhasználást kivéve – már csak a teljes visszasajtolást megteremtő rendszer egyidejű kiépítése mellett engedélyeznek.

### *Bányajáradék*

A bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény kimondja, hogy a geotermikus energia után – kivéve a 30°C-ot el nem érő energiahordozóból kinyert geotermikus energiát és a kitermelt geotermikus energia 50%-ot meghaladóan hasznosított mennyiségét – az államot részesedés, bányajáradék illeti meg, ami a kitermelt geotermikus energia értékének 2%-a.

A bányajáradék számításának alapjául a kinyert geotermikus energia kútfejen mérésrel meghatározott értékét kell figyelembe venni.

Az 54/2008. (III. 20.) Korm. rendelet értelmében a vízkitermelés esetében a geotermikus energiára vonatkozó bányajáradék önbevallásának tartalmaznia kell:

- az energiahordozó térfogatát m<sup>3</sup>-ben,
- hőmérsékletet a kútfejen °C-ban,
- hőmérsékletet a hőcserélő kimenetén °C-ban,
- t/2 °C értéket,
- a kinyert energia mennyiségét GJ-ban,
- a rendelet szerinti fajlagos értéket (ami azon geotermikus energia esetében, amelynek kinyerése legalább +30°C-os geotermikus energiahordozó közvetlen kitermelésével jár együtt, 1650 Ft/GJ),
- a bányajáradék vetítési alapját ezer forintra kerekítve,
- a bányajáradék százalékát, valamint
- a bányajáradék értékét ezer forintra kerekítve.

A t/2 °C értéket a következő képlet alapján kell megállapítani:

$$t/2 \text{ °C} = (\text{kútfejen mért hőmérséklet [°C]} - \text{a hőcserélő kimenetén mérthőmérséklet [°C]})/2.$$

A kinyert energia mennyiségét pedig a következőképpen:

$$\text{kinyert energia mennyisége [GJ]} = \text{az energiahordozó térfogata [m}^3\text{]} \times t/2[\text{°C}] \times 0,004186.$$

A bányajáradék vetítési alapja:

$$\text{bányajáradék vetítési alapja} = \text{kinyert energia mennyisége [GJ]} \times \text{fajlagos érték [Ft/GJ]}/1000.$$

## 12.10 Biomassza alapú távfűtési rendszer kialakításának lehetősége

### 12.10.1 Biomassza bázisú távhőellátás

A jelen tanulmány feladata a megújuló energiák Zalaegerszeg térségében reális gazdasági és műszaki feltételek közötti megvalósíthatóságának vizsgálata. Fontos, hogy csakis versenyképes lehetőségek, mind a beruházás, mind az üzemeltetés szempontjából alkossanak olyan javaslatot, ami az adott helyszínen fellelhető megújuló energiaforrásra támaszkodik.

Zala megye területén, az országban fajlagosan, a legtöbb erdővel borított terület található. Ez már önmagában is felveti a fatüzelés, faapríték tüzelés lehetőségét. Ha ennek bővítésével, a város távhőellátásában legalább részlegesen megjelenne a biomassza, akkor országos referencia üzem létrehozásáról is szó lehetne.

Számos feltételt kell ahhoz kielégíteni, hogy a biomassza tüzelés gazdaságosan, biztonságosan és környezetszennyezési szempontból, jó hatásfokkal működjön.

### 12.10.2 Tüzelőanyagok

Nagy teljesítményű kazános biomassza tüzelőberendezés működtetésére a legalkalmasabb tüzelőanyag a faapríték, amely pl. erdőtisztításból, fafeldolgozási ipari fahulladékból származik. Nem alkalmasak a költségesen előállított pellet és egyéb fűrészporszármazékok. Ajánlott faapríték a G-100-as nagyságú, 35% nedvességtartalmú, 1% hamutartalmú kemes apríték beszerzése. Az európai átlagos beszállítási távolság maximális határa ma 70 km. Mi ennél kisebb körzetből ajánljuk a beszállítást. Ennek Zalaiban komoly realitása van és ezért is fontos, mert a tüzelőanyag beszerzési költségének 60 - 70 % - át annak szállítási költsége alkotja. Fontos a szerződött minőségű tüzelőanyag folytonos minőségi ellenőrzése (nedvességtartalom, összetétel, tisztaság). A szállítások - szerződés szerinti - megfelelő ütemezésével energiefelhasználás nélküli dehidratációt lehet megvalósítani, ami természetesen tárolási feladat is. A méretezett tárolóban 30-40 cm magassággal szétterített apríték, szellőzőnyílásokkal, huzattal két - három hét alatt 20 - 25 % nedvességtartalomig száradhat. Mindig azonos állapotú tüzelőanyagot célszerű a kazánokban eltüzelni. Előnye az is a biomasszával működő hőtermelésnek, hogy több heti tartalék képzése és fenntartása lehetséges, szemben a földgáztüzeléssel.

Ajánlott tüzelőanyag tehát a G - 100 méretű keményfa apríték. Leginkább az erdészeti fakitermelésből származó alapanyag jöhet szóba. Ennek főbb jellemzői:

- várható fűtőérték: 11 - 11,5 MJ/kg,
- nedvességtartalom: 25 - 40 %,
- várható hamutartalom: 1 - 2 %.

### 12.10.3 Kazánüzem

A tervezés során kell a megfelelő teljesítményű biomassza kazánokat kiválasztani. Fontos, hogy a nevezett kazán megfeleljen a környezetvédelmi előírásoknak, jól szabályozható legyen akár 10 - 100 % teljesítményhatárok között (légmennyiség szabályozás), és az automatikája jól legyen beállítva. A füstgáz ne érjen el magas (150°C feletti) hőmérsékletet. A porkibocsátás visszaszorításával elkerülhető a lakossági tiltakozás a fatüzelés miatt. Nem megengedettek a tüztéri lerakódások (ezért szoba sem jöhet az energiatüzelés, mint tüzelőanyag, amely szilícium tartalma üveges lerakódást okozhat).

Az üzemeltetés tökéletességét segíti a kiépítendő távfelügyeleti rendszer, hibajelzéssel.

A kevés tervezett leállás kazánonként stabil hőszolgáltatást biztosít és a karbantartás, tisztítás gyorsan elvégezhető. Az átlagosan jó kazán tüzeléstechnikai hatásfok legalább 85% körül lehet. Megoldható a fűtőmű társadalmi elfogadhatósága. Az országban eredményesen üzemelnek több MW teljesítményű biomassza hőtermelő rendszerek (Miskolc, Baja, stb.) egyre korszerűbb kazánokkal.

### 12.10.4 Javasolt biomassza fűtőműves távhőrendszer

A javasolt helyszín távolabb esik az általunk célszerűnek választott belvárosi geotermális távhőellátástól. Ezért - minthogy összességében kisebb, max. 2 MW téli csúcs-hőtéljesítményről van szó - **egy második városi távhőrendszert lehet biomassza (faapríték) tüzelésre alapítani, esetleges későbbi bővítésével is számolni.**

A biomassza tüzelésű távhőellátás rendszerstruktúrája:

- biomassza előkészítés és tárolás, rakodás,
- biomassza tüzelési és hőtermelési alrendszer
- hőfogadó épület - hőközpontok

Az előkészítés és tárolás szabadteremben lehet és feladata a készletezésen túl a tüzelőanyag szárítása is. A fűtőmű fő berendezései a biomassza kazánok, amelyek  $\dot{Q}$  hőegységteljesítménye 1 MW lehet. Ezzel maximálisan a két kazán összesen 2 MW névleges hőtéljesítményt ad, G tüzelőhő felhasználásával.

Az alrendszer hatásfoka:  $\eta = \frac{Q}{G}$

Tüzeléstechnikai átlagos hatásfoka legalább 85 %.

### 12.10.5 Kapcsolt biomassza tüzelésű erőmű lehetősége

A biomassza tüzelésű kazánból termelt gőz átkerül a kapcsolt hőtermelés alrendszerébe, ahol közvetlenül villamos áramot és közvetve hőt állít elő. Távlatilag a hő meleg - (fűtés) és hideg - (hűtési) energiaként hasznosul. **Ez a fejlesztés a jövőben valósulhat meg Zalaegerszeg kijelölt térségében, mint a biomassza távhőrendszer továbbfejlesztése.** Mind a fűtés/hűtés, mind a villamos áramtermelés gazdaságosan működtethető, ha a faapríték ára jelentősen nem növekszik a jövőben. Itt az áramtermelés másodlagos, csupán kiegészítő jellegű. Jelenleg nem javasolt ez az összetett, kogenerációs megoldás, a túl nagy beruházási összegek miatt.

A nyári HMV-ellátásra a biomassza tüzelés helyett napkollektoros rendszert kell létesíteni.

Sorszám	Fogyasztó	Cím	Éves gázfogy. [m <sup>3</sup> ]
5.	Egyesített Bölcsődék	Úrhajós u. 2.	13 500
6.	Egyesített Bölcsődék	Napsugár út 32.	33 215
8.	Keresztúry Dezső VMK	Landorhegyi út 21.	59 726
10.	Kertvárosi Ált. Iskola	Varkaus tér 1.	46 100
12.	Landorhegyi Sportiskola	Landorhegyi út 12.	96 913
13.	Landorhegyi Sportiskola	Pais D. u. 2.	68 062
17.	Kertvárosi Óvoda	Napsugár u. 30.	15 889
19.	Középiskolai Kollégium	Puskás T. u. 3.	10 200
20.	Középiskolai Kollégium	Göcseji u. 16.	43 500
21.	Középiskolai Kollégium	Puskás T. u. 2.	46 100
22.	Középiskolai Kollégium	Puskás T. u. 1.	37 538
26.	Idősek Otthona	Gasparich u. 3.	55 646

12.9 számú táblázat: A biomassza-tüzelésű távhőrendszerekbe területi alapon javasolt, bevonandó hőfogyasztók

**A fent megnevezett középületek téli névleges hőigénye összesen, csúcsteljesítmény: 2,0 MW**

Ennek előállításához szükséges tüzelőanyag: 3 000 tonna/év faapríték.

Óránkénti átlag felhasznált tüzelőanyag: 600 kg/h

A fűtőmű átlagos éves hőtermelése: 27 500 GJ/év

Tárolószin területe kb.: 1 000 - 1 200 m<sup>2</sup>

Megjegyzés:

Az itt felsorolt városi középületek távhőellátás kiépítési szempontból távol esnek az általunk javasolt geotermális távhőrendszertől, városszerkezeti elkülönített, kisebb, biomassza-tüzelésű távhőrendszerrel megfelelő teljesítmény nagyságrendet képeznek. Jól bevált rendszer a Bajai Városi Kórház biomassza tüzelése (1 MW-os egység).



## 12.11 Alacsonyhőmérsékletű fűtés illesztése a hőellátáshoz

### Geotermális energia és hagyományos hőellátás illesztése

Geotermális és hagyományos energiabázisú rendszerek illesztésének értelme, hogy hagyományos hőenergiafordozót takarítsunk meg a fűtési időszak nagy részében, illetve a használati melegvízellátást főleg geotermális energiával adjuk. Egyes esetekben, pl. nyáron a használati melegvíz-termelést kizárólag a geotermális energiával kell biztosítani, mert az egyéb hasznosítások ilyenkor nem adóttak.

### Kiegészítő hőtermelő üzemeltetése

Az épületfűtés méretezését az érvényes szabvány szerint (MSZ 04-140-2-1991) kell elvégezni úgy, hogy a hőigények kielégítése során a méretezési hőteljesítmény a huzamos ideig tartó csúcsgényt is fedezze.

A méretezési csúcshőigény közelében a hőigények igen kis gyakorisággal jelentkeznek. A méretezés alapja a meteorológiai statisztikai adatok, vagyis a hőmérsékletgyakorisági görbe. A hőteljesítmények tartamdiagramja mutatja, hogy az év 365 napjából hány napig üzemel a csúcshőigény, míg a hévíz egész évben (változó mennyiséggel) szükséges.

A névleges téli hőigény tisztán geotermális hőellátását két okból nem célszerű tervezni:

- a) nem rendelkezik kellő tartalékkal a hőellátó rendszer,
- b) gazdaságtalan lenne a túlzott geotermális beruházást megvalósítani egy rövid kihasználási periódusidő miatt, és az év többi részében felesleges geotermális hőkapacitás állna rendelkezésre.

Mindezeket figyelembe véve, a hévízmű optimalizálása a feladat: elegendően indokolt számú termelő- és besajtoló kútból álló telepet kell működtetni és távvezetékekkel összekötni, ez a hévízmű alaphőellátást biztosít geotermális bázison, a fűtési idény nagy részében működik egyedül, egy meghatározott külső hőmérsékletig. Ezt nevezzük geotermális határhőmérsékletnek.

Ez alatt a határhőmérséklet alatt kiegészítő hőtermelőt kell bekapcsolni - a szekunder oldalon - amely mintegy kiegészíti a hidegebb napokon a teljesítményeket.

Előnyei:

- a geotermális rendszer beruházási költségei elfogadható szinten maradnak,
- a kiegészítő rendszer kevés külső energiát fogyaszt.

Két problémát kell a tervezőnek mérlegelni:

- egyrészt a kiegészítő hőtermelő alacsony kihasználtságát,
- másrészt a hőellátás biztonságát.

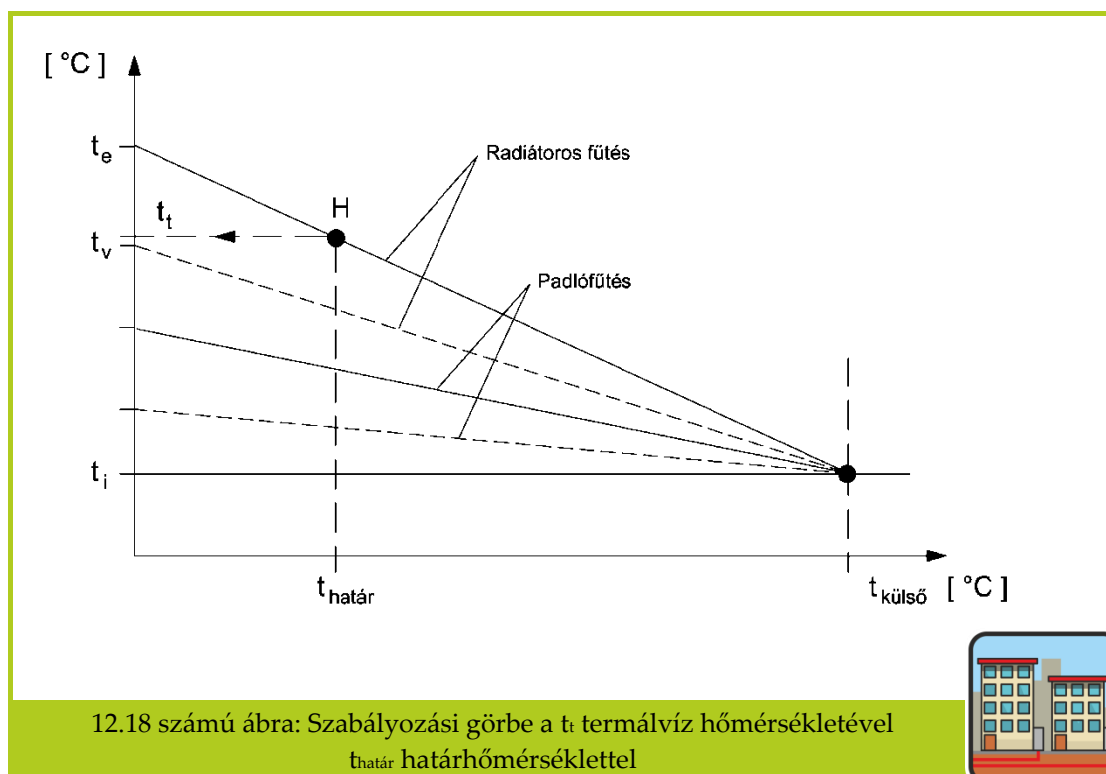
Ez utóbbit egy - épület állagvédelmi - meghatározott szinten, illetve egyéb fontos szempontok miatt mérlegelni kell. Ilyenek: a kórházak, gyermekintézmények, stb. hőellátása.

A teljes biztonság a 100%-os tartalék hőtermelő kapacitás beépítésével lehetséges.

Másik megoldás lehet a korábbi kazánkapacitások részleges, vagy teljes megőrzése a geotermális hőellátás mellett, ami nem jelent új beruházást kazánházi oldalon, legfeljebb korszerűsítéseket, részleges felújítást (tartalékképzés).

A csúcshőenergia igénybevételének nagyságrendje három tényezőtől függ:

- az adott hévíz hőmérsékletszintje a felszínen, ami a határhőmérsékletet megadja a szabályozási görbén,
- a hőellátó rendszer, központi fűtés előremenő hőmérséklete,
- a fűtővíz visszatérő hőmérséklete a szabályozási görbén.



### A fűtési hőmérsékletszintek problémája és az épület kapcsolata

A kérdést az elmélet és a gyakorlat szemszögéből egyszerre kell vizsgálni. Három alapesetet különböztetünk meg konstrukciós szempontból:

- a) meglévő épületben hagyományos központi fűtési rendszer,
- b) meglévő épület felújítása során új, módosított fűtési rendszer kialakítása,
- c) új, korszerű épületenergetikai elvek szerint készült épület fűtési rendszere.

A fenti változatok nemcsak a geotermális hőforrásra vonatkoznak, de igazak más hőenergia fajták alkalmazásánál is (pl. kondenzációs kazán, ipari hulladékhő hasznosítás).

Részletezve a fentieket, először a meglévő, változatlanul hagyható fűtési rendszereket kell áttekinteni. Ezeket a fűtéstechnika kialakult hagyományai szerint 90/70°C-os hőfoklépcső-re tervezték, általában hagyományos konvekciós hőleadókkal. Itt az üzemeltetés a szabályozási görbe szerint a méretezési külső hőmérséklet minimumánál 90°C-os előremenő hőmérséklettel működik. (A gyakorlatban bizonyos biztonságot tartalmaznak a rendszerek, ezért a 90°C-ot nem szokták elérni.)

Ebben az esetben a geotermális energia adott hőmérsékletszintje a primer oldalon, sok esetben nem éri el a névleges előremenő vízhőmérsékletet. Ekkor kiegészítő hőtermelőt, csúcskazánt iktatunk be a szekunder oldali hálózatba, és ezzel a kritikus időszakokban mintegy "helyreállítjuk" a hagyományos hőmérsékleti viszonyokat.

A hőleadói oldal tehát észre sem veszi, hogy az alap hőellátás egy alacsonyabb hőfokszinten adott. Erre a célra nemcsak kazánt, de hőszivattyút is fel lehet használni (pl. gázmotorral, vagy villamos motorral hajtott, kompresszoros gépet).

### **A primer és szekunder oldali hőhordozó hőmérsékletek csökkentése, a "hideg távfűtés" lehetőségének bemutatása**

Ha az adott épületekben, ahol a fűtést eredetileg 90/70°C-os szekunder hőfoklépcsővel működtetik, átállnak termálvízalapú hőellátásra, és az épület már épületfizikailag felújított, a régi központi fűtési szekunder rendszert más hőfoklépcsővel kell üzemeltetni. Az épületekben a fűtési rendszer teljesítményét lényegesen csökkenteni kell. Pl. egy vasbeton panel-szerkezetű lakóház hőfizikai felújítása után kb. 60%-os hőigény-megtakarítás keletkezik. Keressük az új előremenő és visszatérő hőmérsékletet, ami az igényekhez szükséges kisebb hőenergiát viszi be a rendszerbe. A fűtőtestek új hőátbocsátási tényezője:

$$u' = u \left( \frac{\Delta T_{köz}}{60} \right)^{n-1}$$

ahol:  $u$  = a régi, 90/70 °C-hoz tartozó hőátbocsátási tényező

$\Delta T_{köz}$  = a logaritmusos hőmérsékletkülönbség, amely értéke:

$$\Delta T_{köz} = 60 \left( \frac{Q}{Q'} \right)^{\frac{1}{n}}$$

Az új hőmérséklet lépcső  $\Delta t'$ -vel, adódik az új előremenő hőmérséklet értéke:

$$t_e' = \frac{\Delta t' \exp \left[ \frac{\Delta t'}{60} \left( \frac{Q}{Q'} \right)^{\frac{1}{n}} \right]}{\exp \left[ \frac{\Delta t'}{60} \left( \frac{Q}{Q'} \right)^{\frac{1}{n}} \right] - 1} ,$$

### **Szekunder rendszerek**

A korszerű, közvetett hévízhasznosításoknál minden esetben külön hőhordozó közeg kering zárt rendszerben a szekunder oldalon. Itt lényegében változó tömegáramú rendszerről van szó, amelyet szivattyúk tartanak keringésben. A primer oldalhoz hőcserélőn át

kapcsolódnak, tehát hidraulikai kapcsolat nincs, csak hőtechnikai. A hőleadók a fűtés- és légtechnikai gyakorlatban hőcserélők, illetve ezek kombinációi.

Nagy jelentőségű a közepes- és kishőmérsékletű fűtési megoldás, mivel a hévíz a hazai adottságnak megfelelően legtöbbször nem a 90°C-os névleges előremenő hőmérséklettel adott. Így sokszor alacsonyabb hőmérsékletszinten, kiegészítő hőtermelő nélkül is működhet a fűtési rendszer (főleg kisebb, egyszerű geotermális körök). Elképzelhető a gyakorlatban több, különböző méretű és hőmérsékletű szekunder rendszer is, amelyek más-más fajlagos hőleadó teljesítményszinten dolgoznak. Pl. soros kapcsolással illesztve a primer oldalhoz egyre csökkenő geotermális közeghőmérsékleten működhetnek (ún. kaszkád rendszerek).

### **A működési hőmérsékletszint problémája**

A gyakorlatban a hőtermelő-hasznosító folyamatoknak megszokott üzemi hőmérsékletei vannak. Főként a fűtési célú hasznosítási hőmérséklet tér el jelentősen a szokásos szinttől. A fűtési hőfogyasztókat, mint meglévő adottságot, azonban nem nélkülözhetjük a hévízhasznosítás lehetőségei közül.

A Zalaegerszegen megvizsgált középületek hasonló hőmérsékletszinteken működnek, ezért a tervezendő távhőellátó rendszer egységesen és direkt kapcsolású épület-fogadó hőközpontokkal alakítható ki. A tervezendő új termelő hévízkutak kútfejhőmérséklete akkor válik pontosan ismertté, amikor azokat elkészítették és beüzemelték.

Ez után lehet eldönteni, hogy szükséges-e a csúcskazan kapacitás kiépítése, vagy sem.

Az ismert hévízföldtani adottságok alapján várhatóan nem lesz szükség kazános csúcsüzem létesítésére.

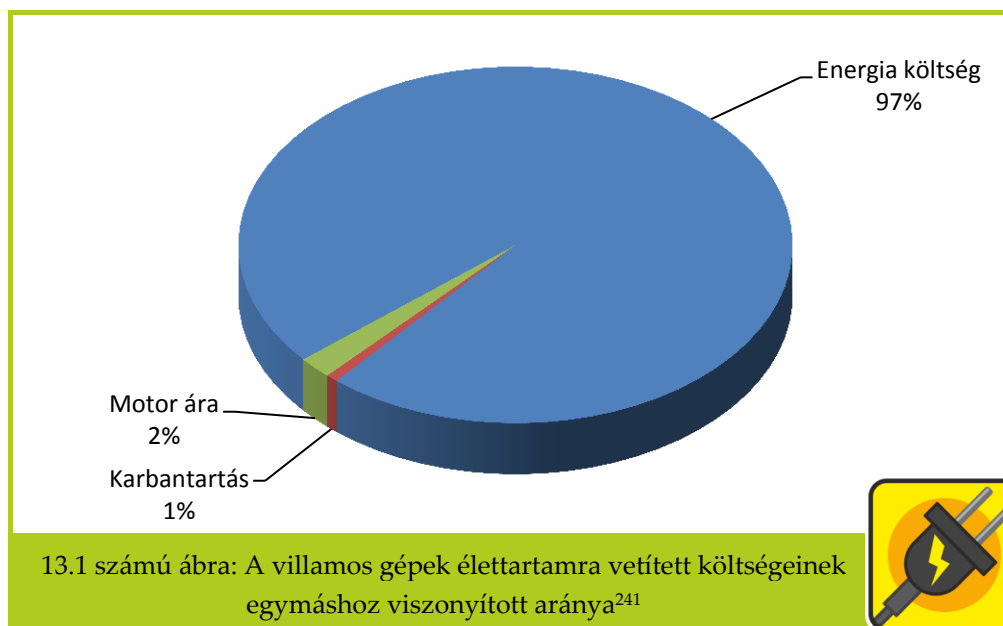
## 13. Villamos energia



### 13.1 Közel állandó üzemű villamos forgógépek

Az év minél nagyobb részében üzemelő berendezésnél nagyobb energia és költség megtakarítást jelent a jobb hatásfokúra cserélése, míg az év pár %-ában üzemelőké gazdaságilag nem feltétlen indokolt. Nagy üzemóraszámú gépeknél előfordulhat, hogy a hatásfok pár tized százalékos javulása is milliós megtakarításokat jelent, arról nem is beszélve, hogy a jobb hatásfokú, modernebb gép a korszerűbb szabályozástechnikája (pl.: frekvenciaváltós teljesítményszabályozás) miatt további költségcsökkentő funkciókkal is bírhat. Általános tapasztalatunk, hogy a már sok éve üzemelő gépek és rendszerek sokszor azért is felülvizsgálatra szorulnak, mert az eredeti körülményeik (méretezési értékek) amire tervezték egyszerűen megváltoztak. Az is lehet, hogy az évek múlásával a technológiai háttér változott meg, ami olyan olcsóbb megoldások alkalmazását teszi lehetővé, amire évekkkel azelőtt nem is gondolhattak.

Új gép vásárlásakor nem érdemes egyedül a beszerzési árat nézni és erre a LED-es köztérvilágításról szóló fejezetben is felhívjuk a figyelmet. Együtt kell kezelni az üzemidő alatt fogyasztott energia költségét és a beszerzési költséget, hogy ténylegesen a legolcsóbb megoldást kapjuk. A következő ábra arra hívja fel a figyelmet ezzel kapcsolatban, hogy miképpen aránylik egymáshoz ez a két költség az élettartam alatt.



<sup>241</sup> Forrás: <http://isccompanies.com/january-2010-saving-electrical-costs/>



Mivel a motor élettartamra vetített költségének legnagyobb része az üzemelés és nem a beszerzés során adódik, így erre érdemes a nagyobb figyelmet fordítani és minél energiatakarékosabb berendezést választani akkor is, ha annak költsége nyilvánvalóan magasabb.

Légtechnikai alkalmazásokra (pl.: épületgépészetben) ahol a helyiséget használó emberek számának változása miatt a szellőztetési igények gyakran változnak, a szükséges teljesítmény is gyakran ingadozik, ezért a frekvenciaváltós motorokat javasoljuk. Ezeket a légkezelési gyakorlatban EC (Electronically Commutated) motoroknak is hívják.

Víz közeget szállító (nedves tengelyű) keringtető szivattyúk számára 2005-ben kezdték bevezetni a szivattyúk energia címkézését, mely elhelyezése a termékeken 2012-ig önkéntesen működött, azóta kötelező jellegű. Ez egy - több elektronikus eszköznél is bevezetett - A-G betűk közötti besorolás, ahol az "A" jelöli a legjobb hatásfokú gépet. 2013-ban bevezették az EEI (Energy Efficiency Index) számot is. Az EEI szám átfogóbb módon számítja a szivattyúk hatásfokát, mint a korábbi A-G besorolás, és ezt is több lépcsőben vezetik be 2013 és 2020 között:

- 2013-tól először a különálló szivattyúkra,
- 2015-től a berendezésekben részegységként használt (integrált) szivattyúkra,
- 2020-tól végül az integrált szivattyúk cseréjére vonatkozólag.

Az energia címkézés és EEI besorolás közti összefüggést a 13.1 táblázat foglalja össze.

Osztály	EEI szám
A	$EEI < 0,4$
B	$0,4 \leq EEI < 0,6$
C	$0,6 \leq EEI < 0,8$
D	$0,8 \leq EEI < 1,0$
E	$1,0 \leq EEI < 1,2$
F	$1,2 \leq EEI < 1,4$
G	$1,4 \leq EEI$

13.1 számú táblázat: Az energia címkézés és az EEI számok összefüggése

2013 óta az új keringtető szivattyúk esetén az EEI szám minimum értéke 0,27 kell, hogy legyen, 2015 óta pedig 0,23, tehát a táblázat alapján manapság már az "A" besorolású szivattyú vált minimális követelménnyé. Nem érdemes a szivattyúk árán spórolni és a lehető legolcsóbbat választani, hanem a lehető legjobb szivattyúk megvételét javasoljuk. Ilyenek a Grundfos Magna3-as sorozatú szivattyúk is, ahol nem a szabályok minimális teljesítésére (0,23), hanem a maximumra törekedtek. Itt a szivattyúk EEI száma 0,18.<sup>242</sup>

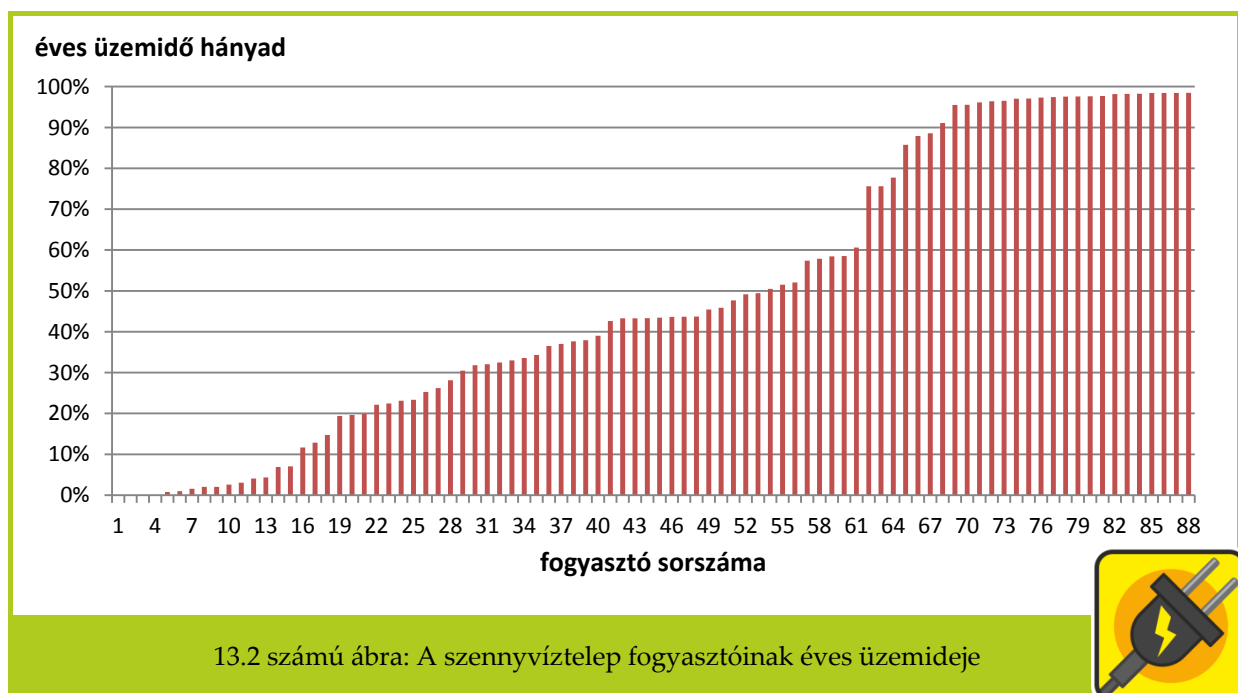
<sup>242</sup> Forrás: <http://www.acpd.co.uk/sei/s/1488/eup%20directive%20for%20ac%20motors.pdf>

A száraztengelyű szivattyúk és kompresszoroknál is használt villamos forgógépek minimum hatékonysági követelményeit az IEC 60034-30-as szabvány rögzíti<sup>243</sup>. Ez 3 hatékonysági kategóriát különböztet meg, rendre IE1, IE2 és IE3 jelöléssel, melyek egyre szigorúbb követelményeket írnak elő (IE = International Efficiency). A nagyobb teljesítményű gépek tekintetében az EU:

- 2011 óta már csak IE2-es gépek eladását engedélyezi.
- 2015-ben és 2017-ben két lépésben vezeti be az IE3-as (legszigorúbb) szabványnak való kötelező megfelelést: 2015. január 1-től a 7,5-375 kW teljesítményű gépekre, 2017. január 1-től a 0,75-7,5 kW teljesítményű gépekre lesz kötelező érvényű. Ez azt is jelenti, hogy a ma üzemben lévő gépek többsége még nem éri el az IE3-as kategóriát, hiszen kötelezővé csak most válik és ez olyan szempontból jó, hogy valószínűleg sok helyen lehet majd fogyasztáscsökkenést elérni.

### Gyakorlati megvalósítás

Szemléltető példaként először megvizsgáltuk a szennyvíztelep villamosenergia fogyasztóinak összetételét és működési idejét, hogy lássuk milyen típusú fogyasztókból alakul ki a telep összfogyasztása. A 13.2. ábrán az egyes fogyasztók éves üzemidejét foglaltuk össze, azaz, hogy az év hány százalékában üzemelnek.



<http://www.topten.eu/uploads/File/Recommendations%20Circulation%20Pumps%20March%202011.pdf>

[http://europump.net/uploads/20111208\\_EuP\\_Lot\\_11\\_circulators\\_-\\_general\\_explanations\\_EEI\\_-\\_modified\\_versionV3\\_1\\_for\\_website.pdf](http://europump.net/uploads/20111208_EuP_Lot_11_circulators_-_general_explanations_EEI_-_modified_versionV3_1_for_website.pdf)

<http://net.grundfos.com/App/WebCAPS/Grundfosliterature-4609551.pdf>

<sup>243</sup> Forrás: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:191:0026:0034:EN:PDF>,

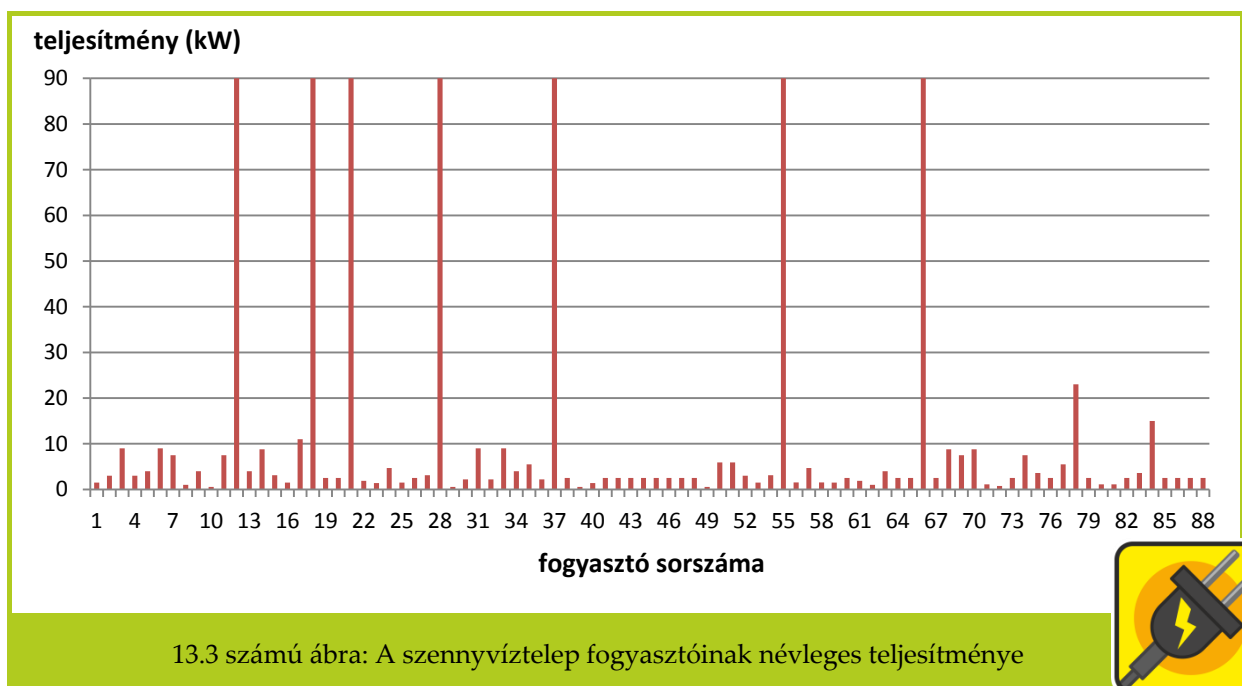
<http://www.acpd.co.uk/sei/s/1488/eup%20directive%20for%20ac%20motors.pdf>

A fenti x sorszámú, valamint a további ábrákon is az üzemidő szerint növekvő sorrendbe tüntettük fel a fogyasztókat és az alábbi látható:

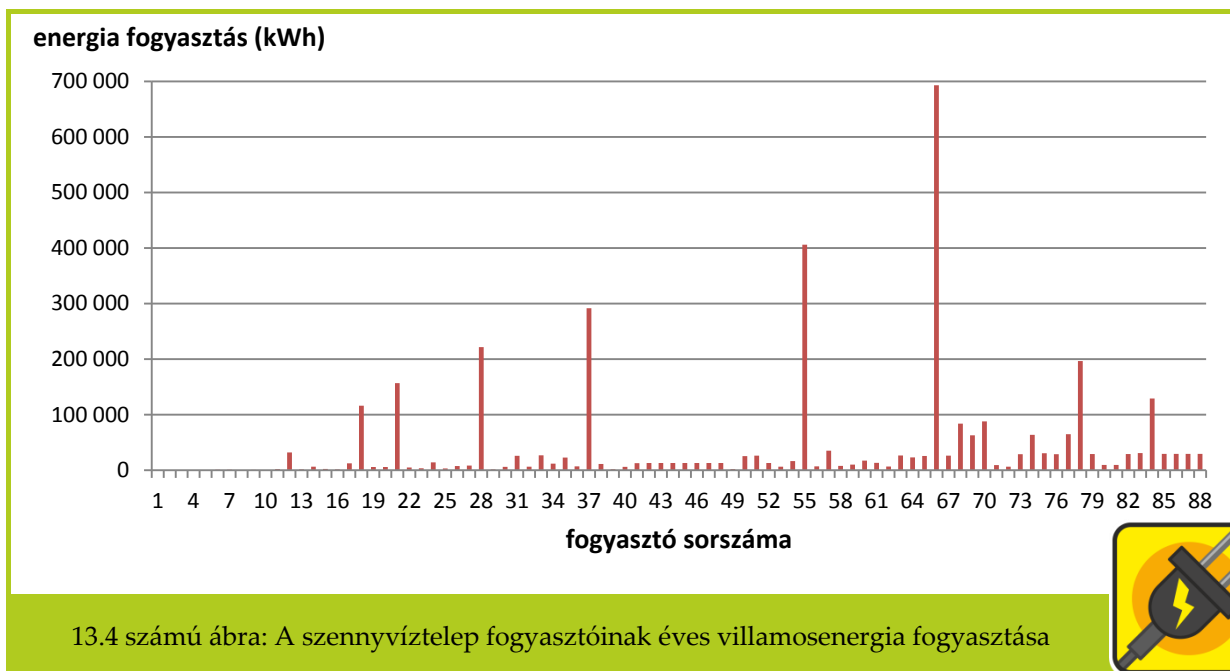
- a gépek negyede szinte az év 100%-ában folyamatosan,
- a gépek fele csak az év felében üzemel,
- egy pár gép pedig csak alkalmanként van bekapcsolva.

Tekintve, hogy sokat üzemelő gépek cseréje a legidősebb, a 13.2 ábra szerint ez a gépek ¼-ének cseréjét jelentené.

Az üzemóra mellett érdemes a gépek teljesítményét, és az így adódó éves fogyasztást is megnézni. A 13.3 ábra a gépek teljesítményét (névleges teljesítmény) mutatja, a 13.4 ábra az éves fogyasztást.



Bár a 13.2 ábrán láttuk, hogy jó pár gép üzemel egész évben, de a 13.3 ábra alapján az is látszik, hogy ezek teljesítménye elég eltérő, így az ezekből adódó 13.4 ábrán bemutatott villamosenergia fogyasztásuk is.



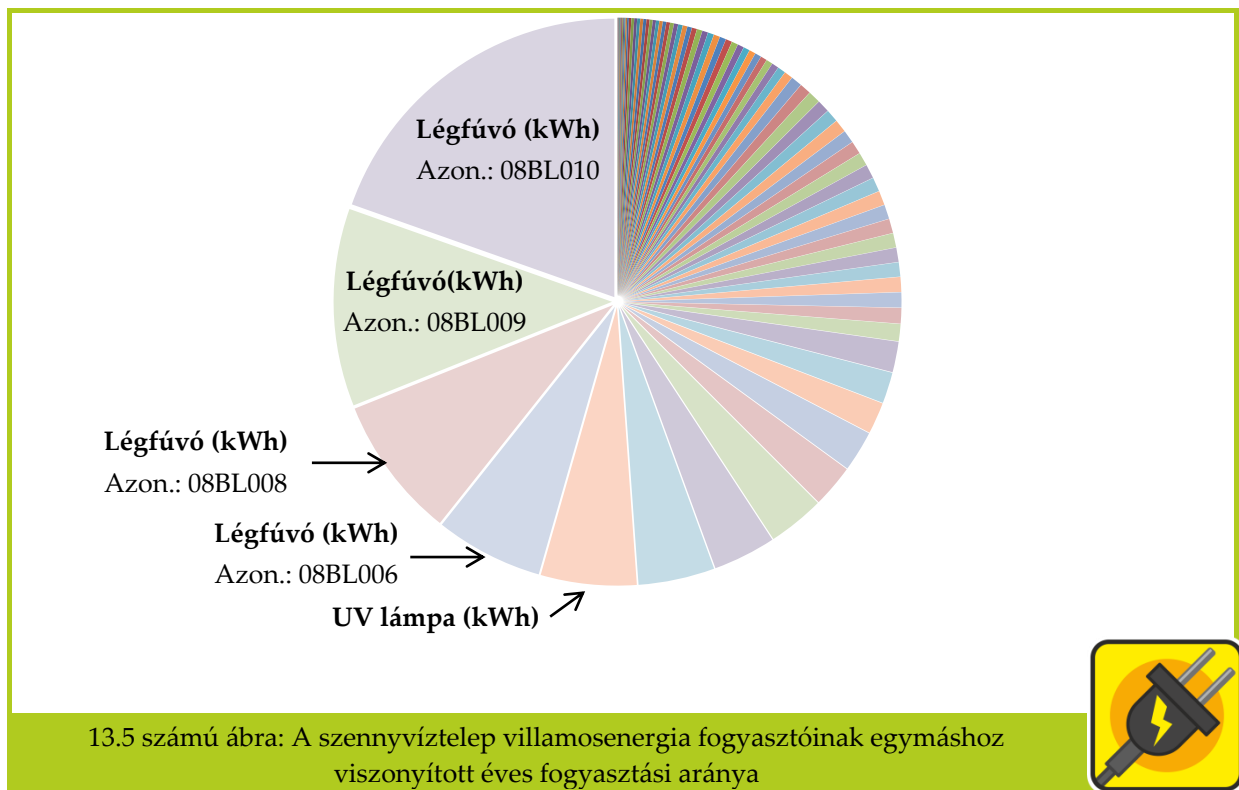
A 13.4 ábrán látható éves villamosenergia fogyasztás (kWh), a 13.3 ábrán látható névleges teljesítmény (kW) és a 13.2 ábrán látható éves üzemóraszám (h) szorzatából áll elő. A 13.4 ábrán látható, hogy a legnagyobb fogyasztók (a diagram legmagasabb értékei) jelen esetben nem csak a legnagyobb üzemóraszámú gépek (a diagram jobb oldala) közül kerülnek ki, hanem elszórva láthatjuk őket. Ez azért lehet elgondolkodtató, mert jelen fejezetet úgy indítottuk, hogy a nagy üzemóraszámú gépeknél kell először gondolkodni a fejlesztésen, de ez látszólag ellent mondhat a józanésznek, ami pedig azt diktálná, hogy a legnagyobb fogyasztók takarékosabbra cserélésével kezdjük a fejlesztést.

Igazából mindkét megállapítás igaz, csak más szemszögből. A zavart az okozza, hogy egy kisebb teljesítményű gép cseréje olcsóbb, mint egy nagy gépé, így ha a kis gép sokat üzemel sokkal hamarabb megtérülhet, mint egy nagyobb ami kevesebbet. A másik oldal mellett az szól, hogy a kisebb gép annyi megtakarítást talán sosem ér el, amennyit a nagy cseréjével elérhetünk.

Ha a berendezések cseréjének megtérülési idejét tekintjük elsődleges szempontnak, akkor (az új berendezés hatásfok növekedésének függvényében) inkább az üzemórák száma szerint érdemes dönteni, mert ezzel összehasonlítható, hogy hogyan aránylik egymáshoz egy kisebb teljesítményű (véltetően olcsóbb) gép valamint egy nagyobb teljesítményű (drágább) gép megtérülési ideje, összefüggésben az üzemórakkal.

Ha a villamosenergia-fogyasztás csökkenést tekintjük elsődlegesnek, akkor a villamosenergia-fogyasztásokat nézve érdemes a rangsort felállítani - ahogy már írtuk -, mivel egy sokat üzemelő de kis gép esetén lehet, hogy a csere hamar megtérül, de akkora megtakarítást sosem eredményez, mintha a hosszabb megtérülési idejű, de nagyobb fogyasztó energiaigényén csökkentettünk volna. A minél nagyobb fogyasztáscsökkenés

elérése pedig elengedhetetlen egy 100% megújuló energiarendszernél, így ezt érdemes elsődlegesnek tekinteni. Ezt segít jobban megérteni a következő ábra, ami a 13.5 ábra éves fogyasztási értékeit szemlélteti torta diagram formájában.



A diagramon az egyes fogyasztók sorszámát az átláthatóság kedvéért nem tüntettük fel, de érdekes tanulság, hogy az összesen 88 db gép fogyasztásának felét mindössze 5 gép okozza,  $\frac{3}{4}$ -ét pedig 12 gép. Így még jobban látható, hogy a legnagyobb fogyasztók közül valamelyiket takarékosabbra cserélve vagy takarékosabban működtetve, sokkal nagyobb csökkenés érhető el, mintha a többi 70, kevesebbet fogyasztó gép körül próbálnánk meg valamilyen takarékosági cselekvést végrehajtani, amit valószínű kitalálni és megvalósítani is sokkal több munkát igényel.

#### Példa számítás:

A fenti legnagyobb gép 1%-al nagyobb hatásfokra cserélése (ami körülbelül egy hatékonysági kategóriával való feljebb lépést jelent, de erről a későbbiekben lesz szó), annyi energiát takarít meg, amennyi energiával a 12 legkevesebbet fogyasztó gép egész évben üzemel. Ha a napelemekhez hasonlítjuk, akkor ennél az egy gépnél elért 1%-os hatásfok növekedés 24 db napelem éves termelését váltja ki, melyek ha földre lennének telepítve, akkor 120 m<sup>2</sup> helyet igényelnének. Mivel egy sűrűn lakott terület (város) esetében a 100%-os önellátás a rendelkezésre álló hely rendkívül átgondolt felhasználását igényli, így elengedhetetlen a fogyasztók korszerűsítésével csökkenteni a megújuló erőművek számára szükséges terület igényt.



A következő megtérülési idő számítást a szabványnak megfelelően végeztük el úgy, hogy a meglévő motorokat IE2-esnek feltételezzük IE3-as besorolású gépekre cserélésével számoltunk. Az számítás adatait a 13.2 táblázatban láthatjuk.

Gép azonosító	08BL001 homokfogó kompresszor		08BL010 légfúvó	
	Motor teljesítmény	15 kW		90 kW
Éves üzemidő	8606 óra		7702 óra	
Energiahatékonysági besorolás	IE2	IE3	IE2	IE3
Hatásfok	90,60%	92,10%	94,20%	95,20%
Éves fogyasztás	142 483 kWh	140 162 kWh	735 859 kWh	728 130 kWh
Villamosenergia költség	2 849 669 Ft	2 803 257 Ft	14 717 197 Ft	14 562 605 Ft
<b>Megtakarítás</b>	2 320 kWh		7 729 kWh	
	46 412 Ft		154 592 Ft	
<b>Új motor ára</b>	420 000 Ft		2 200 000 Ft	
<b>Megtérülési idő</b>	9 év		14,2 év	
<b>Megtérülési idő frekvenciaszabályozásra való áttéréssel</b>	kevesebb, mint 9 év		kevesebb, mint 14,2 év	
13.2 számú táblázat: Régi villamos gépek nagyobb hatásfokú gépre cserélésének megtérülése				

A táblázat utolsó sorában szereplő "kisebb mint ... év" jelölést az indokolja, hogy a pontos érték csak az adott berendezés használati módjának ismeretében dönthető el. Ha egy folyamat a gépegység folyamatos maximális teljesítményen való üzemelését kívánja, akkor a frekvenciaszabályozás nem hoz többlet megtakarítást, de minél inkább működhet a motor csökkentett teljesítményen, a megtérülési idő annál jobban akár a felére is csökkenhet. Az évi 4000 óránál többet üzemelő gépeknél mindenképp javasoljuk a villanymotor felülvizsgálatát, ami így a szennyvíztelep motorjainak 40%-át érinti.

A városszerte elhelyezett szennyvízátemelő szivattyúknál a gazdaságosságot elsősorban a megbízhatóság adja (dugulásmentes típusok előnyben részesítése), mert a javításkori kiszállási költségek könnyen meghaladják az energetikai megtakarítást. Ha a megbízhatóság teljesül, akkor ez után a következő szempont viszont már az energiahatékonyság, ezért IE3-as energiahatékonysági osztályú villanymotorral szerelt típusok választását javasoljuk. A kapott információk alapján a Zalaegerszegen 2011 előtt beszerzett szivattyúk minden bizonnyal IE1-es energiahatékonysági osztályúak, aminél most (2016-ban) a legjobb IE3-as szivattyúk 8%-al jobb hatásfokúak.

A kapott adatok alapján a szennyvízátemelő szivattyúk cseréje egyedül energetikai szempontból nem indokolt, a szivattyúk üzemóráinak alacsony értéke miatt (napi 6-8 óra,

évi 2-3000 óra). Ugyanakkor a külső szakértő bevonásával történt vizsgálat azt mutatta, hogy egyes szivattyúk az általunk kapott munkapont értékek alapján jelentősen kisebb teljesítményű szivattyúval is helyettesíthetők, míg más szivattyúk esetében a velünk megosztott értékek irreálisnak tűnnek.

Jelenlegi gép és teljesítménye		Javasolt gép, teljesítménye és ára		
FLYGT-CP3152	15,8 kW	Grundfos SL1.100.150.75.4.51D.C	7,5 kW	€ 4 440
FLYGT NP3301	45 kW	Grundfos S2.100.200.400.4.62L.S.285.G.N.D	40 kW	€ 12 247
FLYGT NP-3171	22 kW	Grundfos SLV.80.100.75.2.51D.C	7,5 kW	€ 3 272
FLYGT NP-3153	15 kW	Grundfos SLV.80.100.60.2.50D.C	6 kW	€ 2 883

13.3 számú táblázat: kisebb teljesítményű szivattyúval helyettesíthető szivattyúk

Megnevezés	Típus	Teljesítmény	Munkapont
Neszele I	FLYGT-3171.181	18,5 kW	16,8 l/s - H 7,62 m-nél
Vízmű központ	FLYGT-3126	7,4 kW	4,4 l/s - H 11,57 m-nél
Zala u.	FLYGT-3171.181	18,5 kW	16,8 l/s - H 13,28 m-nél
74-es út menti	FLYGT-CP3127.180	7,4 kW	4,7 l/s - H 9,23 m-nél

13.4 számú táblázat: irreálisnak tűnő adatok

Az ivóvíz átemelő szivattyúknál a csere indokoltabb lehet, de itt is csak a nagy éves óraszámú üzemelő szivattyúk esetében, például az Átalszegett u. (II. átemelő) I. szivattyújánál, mely például 4000 óránál többet üzemel.

Részletesebb adatok és az alkalmazási körülmények ismeretében, szivattyúoptimalizálás által lehetséges nagyobb megtakarítások elérése is, de ennek vizsgálatára a tanulmány nem terjed ki, hiszen a gépészeti kapcsolások és hidraulikai tulajdonságok vizsgálása meghaladja egy cselekvési terv kereteit.

Gép azonosító	Damjanich u. - Szennyvízáttemelő FLYGT 3085	
Motor teljesítmény	2,4 kW	
Éves üzemidő	2500 óra	
Energiahatékonysági besorolás	jelenlegi - IE1	új - IE3
Hatásfok	79,9%	86,2%
Éves fogyasztás	7 500 kWh	6 960 kWh
Villamosenergia költség	150 200 Ft	139 200 Ft
Megtakarítás	550 kWh	
	11 000 Ft	
Új motor ára	250 000 Ft	
Megtérülési idő	23 év	

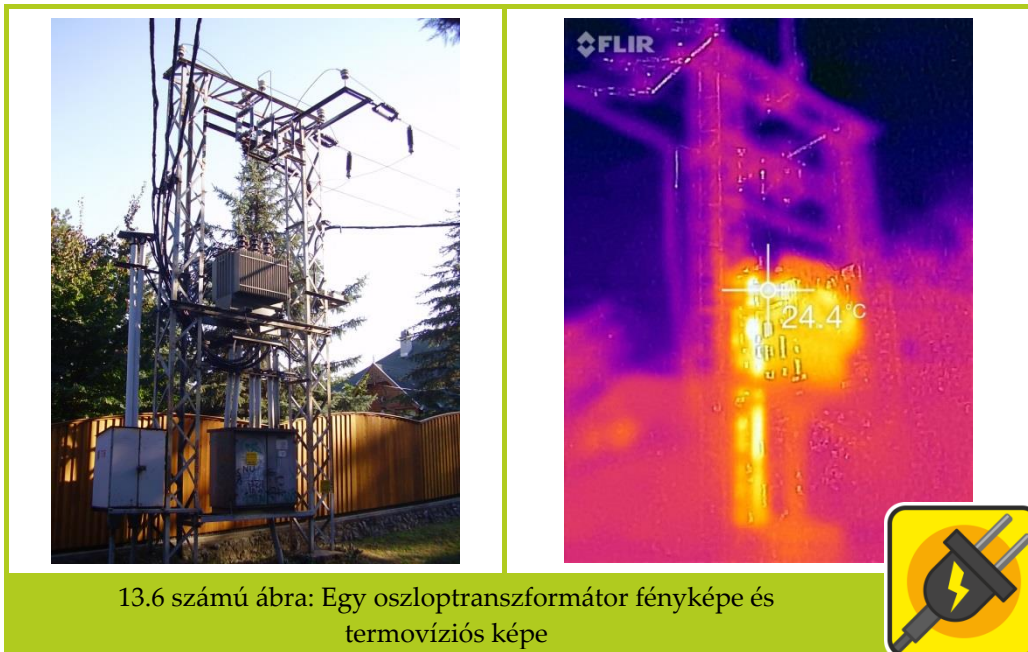
13.5 számú táblázat: Egy szennyvízáttemelő szivattyú nagyobb hatásfokú gépre cserélésének megtérülése

## 13.2 Transzformátorok

A villamosenergia-hálózatban a veszteségek minimalizálása érdekében az energia szállítása több egymást követő feszültség szinten történik, melyek között az átjárást a különböző transzformátorok végzik. A közcélú villamosenergia-hálózat - amivel nap, mint nap találkozunk -, a szállítási lánc legvégén és a legkisebb feszültség szinten helyezkedik el, melyet kiefeszültségnek és kiefeszültségű hálózatnak nevezünk. A kiefeszültségű hálózat a hagyományos megoldás szerint az előtte lévő közepfeszültségű hálózattól (10-20 kV) kapja az energiát egy elosztó-transzformátoron keresztül, melyből Zalaegerszegen több mint 200 db található. A villamosenergia-rendszer minden elemének, így a transzformátoroknak is van valamekkora vesztesége, mely az energiaátalakítás során lép fel. Ez a veszteség körülbelül 3%-ra tehető, tehát a hatásfokuk 97% körül mozog. A villamosenergia-átvitel veszteségei közül a transzformátorokon eső veszteség a második legnagyobb veszteség a vezetékeken eső veszteségek után, de ellentétben a vezetékekkel, a transzformátorok cseréje viszonylag könnyen elvégezhető.

### 13.2.1 Az előregedett transzformátorok cseréje

Bár Magyarországon a transzformátorok jelenleg még nem képezik az önkormányzat tulajdonát, de a nyugat-európai tendencia azt mutatja, hogy ez remélhetőleg változni fog és az önkormányzatok energiaszolgáltatóvá is válnak. Ebben a szerepben az önkormányzat érdekeltté válik a veszteségek csökkentésében, és az előregedett, rosszabb hatásfokú transzformátorok lecserélésében. Javaslatunk szerint a transzformátorok életkorán túl meg kell vizsgálni, hogy mely transzformátorok milyen terhelésnek vannak kitéve és mennyire vannak elhasználódva. Az elhasználódás felmérését magas terhelésű időszakokban (például egy téli szombat estén) kell végezni és 2 lépésben történhet. Az első egy egyszerű hallás útján történő zajvizsgálat (akár a lakossági bejelentésekre való tekintettel), ugyan is a hangosan zúgó berendezések esetén mindenképp érdemes további vizsgálatokat elvégezni. A második lépés egy pontosabb megoldás a transzformátorok termo víziós kamerával történő felmérése, melyre az 13.6 ábrán láthatunk példát. A transzformátorok vesztesége hővé alakul, ezért a külső burkolat hőmérsékletének és hőmérséklet-eloszlásának vizsgálata alapján pontosabban eldönthető hogy milyen állapotban van az adott berendezés.

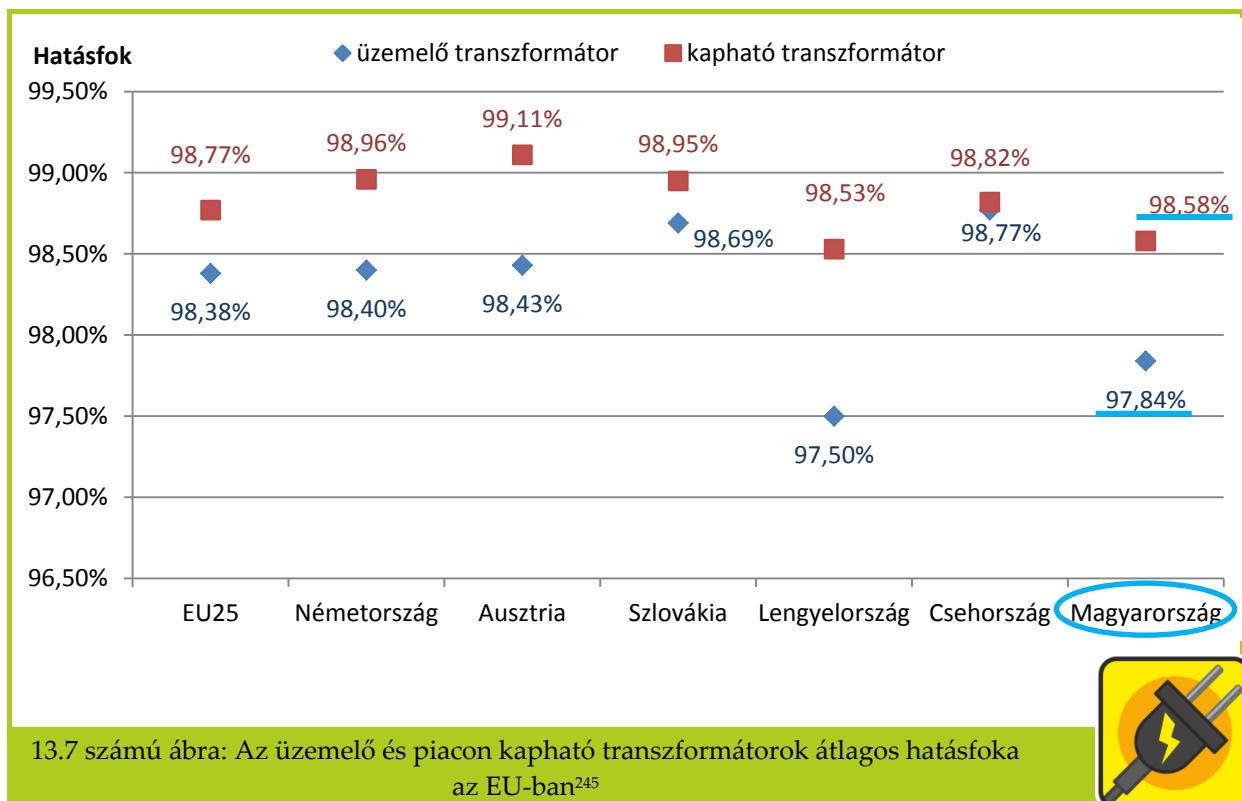


13.6 számú ábra: Egy oszloptranzformátor fényképe és termovíziós képe

Amennyiben az előbb felsoroltakon túl a transzformátor nagy terhelésnek van kitéve, tehát az év jelentős részében a maximális teljesítményéhez közel működik, akkor a cseréje mihamarabb elvégzendő.

A KEMA (elismert nemzetközi energetikai tanácsadó) szoftverével végzett számításaink szerint, ha az új berendezés mindössze 0,7 %-al jobb hatásfokú az előzőnél, megtérülési ideje már akkor is 3 év körül mozog 1-2 millió Ft-os beruházási költség mellett. Ez a 0,7 % nem tűnik soknak, de a transzformátorok hatásfoka már így is nagyon magas, amint ez az alábbi ábrán is látható. A gyors megtérüléshez azonban már ez a 0,7 % hatásfokjavulás is elég, mert egész évben üzemelnek, és ez felnagyítja a kis javulás hatását is.<sup>244</sup>

<sup>244</sup> Forrás: <http://www.leonardo-energy.org/drupal/node/446>  
[http://www.transzformator.info/Meresijegyzokonyvek/40194\\_2.JPG](http://www.transzformator.info/Meresijegyzokonyvek/40194_2.JPG)

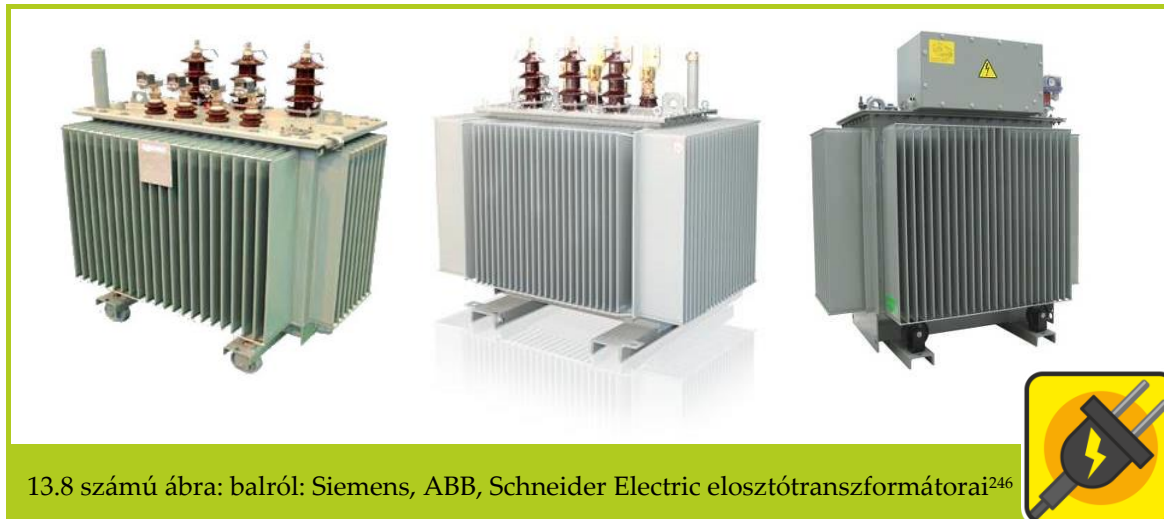


A régi transzformátorok tipikus ismertető jelei a külsején elhelyezett csöves vagy öntöttvas tagos radiátorszerű hűtőbordák. Egy ilyen, példánkban is vizsgált 1972-ben gyártott transzformátor vesztesége körülbelül kétszerese a mai korszerű transzformátorokénak. Az EU az 548/2014/EU számú irányelvében meghatározza ezen új transzformátorok maximális veszteségeit és hatásfokát.

A 13.8-as számú ábrán **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** látható elosztótranszformátorok példát mutatnak a mai korszerű típusokra, melyeket már az EU irányelvének megfelelően alakítottak ki. **Ilyen típusú transzformátorra történő cserélését javasoljuk például az Alkotmány utcai 43523-as azonosítószámú, vagy a Csáfordi forduló 42922-es azonosítószámú oszloptranzformátornak is, melyeket a 70-es években gyártottak, tehát már több mint 40 éves típusok.**

<sup>245</sup> Forrás: <http://www.egeec.apec.org/dmsdocument/452>





13.8 számú ábra: balról: Siemens, ABB, Schneider Electric elosztótranszformátorai<sup>246</sup>

A szükséges transzformátor névleges teljesítményét meghatározza a helyszín, vagyis a fogyasztók száma. Belső szigetelése lehet olaj vagy levegő is. Áttétel módosítással a kisfeszültségű hálózat feszültsége változtatható, melynek fontosságáról a következőkben lesz szó.

A leggyakrabban használt elosztó-transzformátorok pár fontos jellemzője:

- névleges teljesítmény: 50 – 3000 kVA
- belső szigetelés: olaj
- áttétel módosítás: csak üzemben kívüli állapotban, szakember helyszíni beavatkozásával

### 13.2.2 A terhelés alatt állítható áttételű transzformátor

A kisfeszültségű hálózat fázisfeszültségének névleges értéke  $U_n = 230V$ . Ez a feszültség azonban nem mindig ekkora, mert amikor nagyobb terhelés van az előbb taglalt elosztó-transzformátorokon akkor a feszültség értéke pár %-al lecsökken, amikor kicsi terhelés akkor pár %-al megnő. Ez azonban nem okoz gondot a hagyományos hálózati kialakításban, ahol az energia a közepfeszültségű hálózat felől áramlik a kisfeszültségű hálózat irányába, mert tervezéskor kalkuláltak vele.

A Smart City koncepció egyik lényegi eleme, hogy az energia termelése nem központosítottan történik pár nagy erőműben, hanem ahol lehetőség van rá elosztottan sok kiserőművel, ami a megújuló energiaforrások kis teljesítménysűrűségével áll összefüggésben, nem mellesleg az ellátás biztonságát is növeli. Ebbe a sok kiserőműbe

<sup>246</sup> Forrás: [http://www.energy.siemens.com/us/pool/hq/power-transmission/Transformers/Distribution%20Transformers/Oil-filled%20Distribution%20Transformers/Produktfoto\\_DistributionTra\\_l.jpg?\\_id=1439384710505](http://www.energy.siemens.com/us/pool/hq/power-transmission/Transformers/Distribution%20Transformers/Oil-filled%20Distribution%20Transformers/Produktfoto_DistributionTra_l.jpg?_id=1439384710505)  
<http://abbib.cloudapp.net/public/default/product/9AAC30400792/preview>  
<http://www.schneider-electric.com/en/product-image/204558-minera-ground-mounted>

tartoznak bele a háztetőkön elhelyezett napelemek is. Ezek termelése bizonyos esetekben megfordíthatja az energiaáramlás irányát és megemelheti a feszültséget a kiefeszültségű hálózaton annyira, hogy az átlépi a biztonságos üzemelés feszültségszintjét (a szabványos értéket). Amennyiben a napelemek terjedésével együtt az elektromos autók és a V2G (energia tárolás) technológia is terjednek, akkor a napelemes kiserőművek terjedése nem okozza majd a feszültségszint túlzott ingadozását. Viszont a napelemek terjedése várhatóan gyorsabban és szélesebb körben fog megtörténni, mint az elektromos autóké, így bizonyos kevésbé tehető városrészeknél szükségessé válik majd a feszültségszint napon belüli szabályozása annak érdekében, hogy a biztonságos üzemelés feszültségtartományán belül maradjunk. A feszültség napon belüli szabályozása a hagyományos elosztó-transzformátorokkal azonban nem lehetséges, de az úgynevezett feszültség alatt – üzem közben – állítható áttételű (On load tap changer) elosztó-transzformátorokkal igen, így az ilyen városrészekben a feszültség alatt állítható transzformátorokra való áttérést javasoljuk. Ilyen transzformátorral mind a 3 korábban felsorolt gyártó rendelkezik, ahol a következő nevek alatt futnak a feszültség alatt állítható termékeik:

- Siemens: FITformer® REG
- ABB: Smart-R
- Schneider Electric: a Minera (ground mounted) nevű transzformátorhoz kiegészítésként kérhető ez a funkció vagy a Minera SGrid is tudja

A 13.9-es számú ábra szemlélteti a hagyományos és feszültség alatt állítható transzformátorok külső eltérését. A feszültség alatt állítható transzformátor egyik oldalán a hűtőbordák helyén egy vezérlőegység kap helyet, mely képessé teszi a transzformátort, hogy üzem közben automatikusan változtassa a kiefeszültségű hálózat feszültségét, szakember beavatkozása nélkül. Ez a típusú transzformátor képes kommunikációra is a benne elhelyezett adatfeldolgozó rendszernek köszönhetően, mellyel távolról is megfigyelhetővé válik.



13.9 számú ábra: A csak üzemben kívül (balra) és üzem közben is (jobbra) állítható transzformátorok<sup>247</sup>

<sup>247</sup> Forrás: <http://www.energy.siemens.com/hq/en/power-transmission/transformers/distribution-transformers/distribution/fit-former-reg.htm>

Zsúfoltabb népsűrűségű helyeken – például lakótelepek – a lakossághoz képest elenyésző mennyiségű napelemes termelés megjelenése várható (hiszen egységnyi területen nagyságrendekkel többen laknak), így itt nem javasolunk ilyen transzformátorokat, mert nem hoznak érdemi javulást.

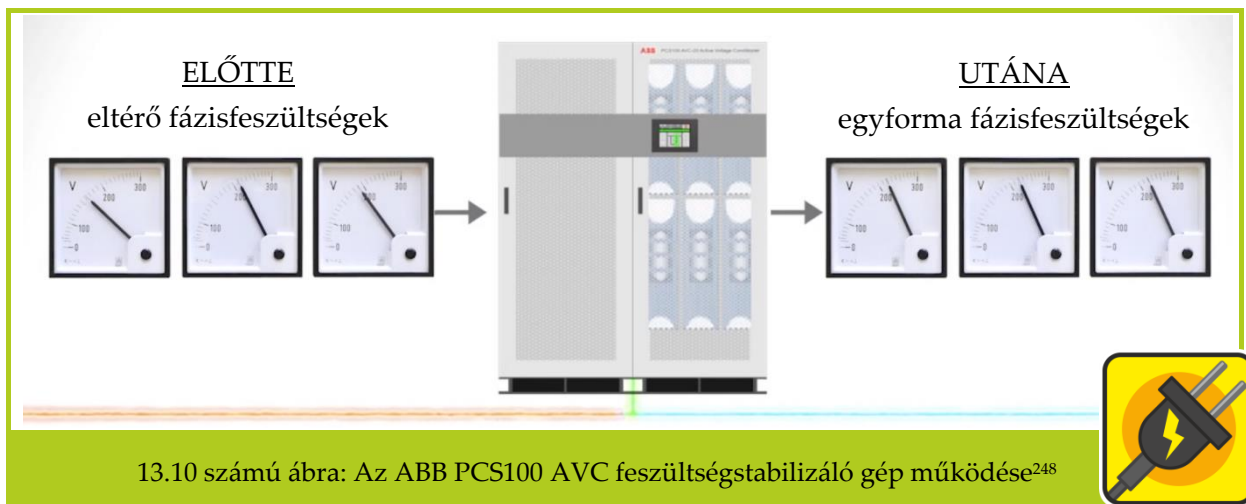
Minden termék vásárlásakor előtérbe helyezzük a magyar termékek választását, melyek vásárlásával itthon teremtünk munkát. Ezt a transzformátoroknál is megtehetjük, mert Magyarországon több transzformátor gyár is működik. Egyik ilyen a Csepeli Transzformátorgyár mely 1960 óta folyamatosan működik, 1996 óta már a Siemens színeiben. Itt a Siemens transzformátorainak több típusát is gyártják köztük az eddig említett típusok közül is mindet.

### 13.2.3 Folyamatos feszültség-szabályozás

Vannak olyan gépek és folyamatok, amiket a feszültség másodpercen belüli ingadozása is negatívan befolyásol, így szemmel észlelhető áramszünet nélkül is fennakadás jöhet létre a működésükben. Ez nem minden berendezésnél okoz bajt, de vannak olyan folyamatok, ahol egy ilyen rövid fennakadás is komoly anyagi veszteséget is okoz, mert

- az éppen gyártás alatt lévő termék selejtes lesz, vagy mert
- a fennakadás elhárítása órákba telhet, ami termeléskieséssel jár.

Ilyen folyamat lehet egy postai levélválogató gép működése vagy olyan ipari folyamatok ahol a folyamat hozzáadott értéke nagy, mint a félvezetőgyártásnál vagy az anyagmegmunkálásnál. A 13.10 ábra egy ilyen feszültségstabilizáló gép, az ABB PCS100 AVC működését szemlélteti.



<sup>248</sup> Forrás: <https://www.youtube.com/watch?v=rkGxetL6X8>

## 14. Közlekedés



### 14.1 Zalaegerszeg kerékpáros közlekedése

#### 14.1.1 Előzmények, aktuális helyzet

A zalaegerszegi kerékpáros úthálózat sűrűsége messze elmarad a hasonló méretű nyugat – európai településektől, de még a magyarországi megyeszékhelyek többségétől is. Az olaszországi Bolzano például már 2001-ben 24,7 km, 2009-ben 48 km hosszú kerékpár úthálózattal rendelkezett.<sup>249</sup> 1,1 km/km<sup>2</sup>

2007 – 2013 Európai Unió fejlesztési időszak utolsó éveiben jelentősen felgyorsult a kerékpár úthálózat kiépítése Magyarországon, így Zalaegerszegen is. A legutóbbi ilyen jellegű projekt 2013-ban fejeződött be, melyre a városi önkormányzat 180 millió forintos uniós támogatást nyert el. Ezzel a projekttel gyakorlatilag megduplázták a városi kerékpárút hosszúságát. Az addigi 6,5 km-ről 13,4 km-re nőtt a kerékpáros úthálózat hosszúsága, de így is messze elmarad az országos átlagtól. Az egy km<sup>2</sup>-re jutó kerékpárút hossza pedig mindössze 0.14 km/km<sup>2</sup> volt Zalaegerszegen a közigazgatási határra vetítve 2013-ban.

Az újonnan épült kerékpárutak többsége a belvárosi területeken található. Fő céljuk az alternatív közlekedési mód megteremtése a belvárosban, illetve jobb megközelíthetőséget biztosítani a városközpontnak a kertváros irányából.<sup>250</sup>

- Göcseji út – Platán sor és Zrínyi Miklós utca közti szakasz (1,2 kilométer)
- Kisfaludy Sándor utca – Vizslapark és Kossuth Lajos utca közti szakasza (744 méter)
- Köztársaság út – Hoffhalter utca és Pálóczi Horváth Ádám utca közti szakasz (1162 méter)
- Déryné és Landorhegyi utak

Összességében 3,15 km hosszúságú kerékpár úthálózat épült a belvárosban az elmúlt években.

A többi, mintegy 10 km hosszúságú kerékpárút a többi városrész között oszlik meg. Az újonnan épült belvárosi utak többségében nyomvonal-festéssel oldották meg a gyalogos és a kerékpáros sáv szétválasztását.

<sup>249</sup> Forrás: Szakértői tanulmány az EMAH- „Öko-mobilitás elősegítése az osztrák-magyar határtérségben” – BalCon Consulting

<sup>250</sup> Zalaegerszeg Megyei Jogú Város Integrált Településfejlesztési Stratégia 2014-2020



14.1 számú ábra: Kerékpársáv a Kisfaludy, illetve a Kossuth Lajos utcában<sup>251</sup>

Ez egyfelől jó, hiszen meg van különböztetve a gyalogos és a kerékpársáv, ugyanakkor gyakori jelenség, hogy mind a két fél igénybe veszi a másik félnek fenntartott sávot. Ez sokszor vezet konfliktushoz, sőt nem egyszer balesetet is eredményezett. Célszerű lenne azonban a belváros egész területén azt a módszert alkalmazni, amit a Kossuth Lajos utcában használtak a kerékpársáv kialakítása során. Ebben az utcában zöldfelülettel és padkaszegéllyel egyaránt el van választva egymástól a közút, a kerékpáros sáv és a gyalogos sáv.

Bár a jelenlegi Kossuth Lajos utcában lévő kerékpárút kialakítása drágább, viszont a komfort és biztonság, valamint a kerékpározás magasabb arányú elterjedéséhez ez a típusú kerékpárút járul hozzá nagyobb mértékben.

Jelenleg a térségben folyamatosan építik, bővítik a Zala völgyi – kerékpár úthálózatot is, melynek több kiemelt célja is van. Egyrészt javítani akarják a zalai – járás és a zalai megyei települések közlekedési kapcsolatát. Ezen belül különösen azokét, akik társadalmi, gazdasági - kiemelten foglalkoztatási - szempontból kötődnek Zalaegerszeghez. A 2007 – 2013 uniós fejlesztési ciklus során a Zalaszentiván – Zalaegerszeg-Alibánfa közti szakasz és a Bagod – Teskánd – Zalaegerszeg szakasz a Zala jobb partján, valamint a Bagod – Andrásida – Neszele – Nekeresd – Pózva készült el a Zala bal partján.

<sup>251</sup> Forrás: <http://zaol.hu/hirek/a-kerekparut-immar-vegiger-a-kossuth-utcan-1427878>  
<http://goo.gl/ZEKiZY>





14.2 számú ábra: Zala völgyi kerékpárútszakasz Zalaszentivánon

A következő uniós fejlesztési ciklusban cél, hogy teljes egészében elkészüljön a Zala völgyi – kerékpár úthálózat az Őrség és a Kis-Balaton között. Mivel ez jórészt Zalaegerszeg területét érinti, az úthálózat kiépítése során célszerű lenne figyelembe venni a jól működő Zalaszentiváni példát legalább a kevésbé sűrűn beépített településrészekben. Zalaszentivánon sikerült megoldani, hogy a kellemes, kerékpározásra csábító útvonal világítás szempontjából teljesen önellátó legyen. Az úthálózat jól kihasznált, hiszen rengetegen használják munkába menet vagy hétvégi kirándulások során. Ennek legfőbb oka, hogy szép természeti tájakon halad keresztül illetve teljesen biztonságos közlekedési szempontból is. A kerékpározók száma várhatóan tovább nőne a teljes szakasz kiépülésével ez pedig jelentősen javítana a térség kerékpáros közlekedési viszonyait, illetve fellendülne a kerékpáros turizmus is.

#### 14.1.2 Megállapítások

A csekély hosszúságú kerékpár úthálózat jelentősen gátolja egy városban az ökomobilitás kialakulását.

Jan Gehl<sup>252</sup> szerint a legfontosabb, hogy a fejlesztések „emberi léptékűek”, azaz embereknek szánt fejlesztések legyenek. Egy új kerékpárút, vagy kerékpársáv, amelyet az emberek nem éreznek biztonságosnak, nem fogja betölteni az öngerjesztő hatás szerepét. Előfordulhat, hogy az útra festett kerékpársávot jelölő sárga csík semmilyen hatást nem eredményez majd

<sup>252</sup> Jan Gehl dán építész és várostervező. Koppenhágában él, munkájának középpontjában a városi életminőség javítása áll, különös tekintettel a gyalogos életmódra. Gehl világszerte számos várostervezési projektben vesz részt. 2004-ben nagy jelentőségű tanulmányt készített a londoni közterekről. 2007-ben New York városa bízta meg azzal, hogy utcáit gyalogos és kerékpár-barátabbá tegye.

a kerékpárhasználat terjedésében. A turizmus bővülésére is csak a biztonságos, az emberek által is kedvelt kerékpárutak lesznek hatással.

Az olaszországi Bolzano (Bozen) példája kifejezetten előremutató, átgondolt tervezésre épült.

Első lépésként felmérték a legfontosabb útvonalakat, a legfőbb attrakciókat, amelyeket elemeztek a hozzáférhetőség és a biztonság szempontjából. A fő korlátok azonosítása után célokat fogalmaztak meg a kerékpáros közlekedés gyorsabbá tétele, a kerékpáros parkoló területek növelése, illetve egy kerékpárkölcsonzési rendszer kidolgozása érdekében – mindezt kommunikációs és marketing elemekkel támogatva. A tervet 2001 és 2005 között valósították meg, összefüggő, rendszerszintű kerékpárhálózat formájában.

Komoly tájékoztató táblákat helyeztek ki. A beruházások elfogadottságát, a kerékpárhasználat ösztönzését kommunikációs kampánnyal segítették elő. A program eredményezését mutatja, hogy a város 2009-ben már 48 km-nyi kerékpárút-hálózattal rendelkezett, a tanulóknak 90%-a pedig gyalog vagy kerékpárral jut el az iskolába.

A kerékpáros és gyalogos infrastrukturális átállás a lehető legolcsóbb megoldás. A gyalogos és kerékpáros közlekedés infrastruktúrája szinte semmibe sem kerül, különösen, ha a buszvonalakhoz, villamos-vonalakhoz, a motorizált egyéni közlekedés útjaihoz hasonlítjuk. Számos város éppen olyankor hoz ilyen intézkedéseket, amikor kevés a pénze.

**A kerékpározás elterjedése az 1 km/km<sup>2</sup> kerékpárút vagy kerékpársáv elérhetőségtől kezd öngerjesztővé válni.** Nyugat Európában az átlagos érték 2,121 km/km<sup>2</sup>, Münchenben 3,862 km/km<sup>2</sup>, Amsterdamban 3,502 km/km<sup>2</sup>, Koppenhágában 3,977 km/km<sup>2</sup>.<sup>253</sup>

---

<sup>253</sup> Forrás: Arthur D. Little; The Future of Urban Mobility 2.0

[http://www.uitp.org/sites/default/files/members/140124%20Arthur%20D.%20Little%20%26%20UITP\\_Future%20of%20Urban%20Mobility%20%200\\_Full%20study.pdf](http://www.uitp.org/sites/default/files/members/140124%20Arthur%20D.%20Little%20%26%20UITP_Future%20of%20Urban%20Mobility%20%200_Full%20study.pdf)

### 14.1.3 Közösségi kerékpármegosztó rendszer - Pedelec

Előrejelzések szerint a félmilliónál kisebb lélekszámú városokban a kerékpáros és gyalogos közlekedés 2040-re elérheti az 50% ot.<sup>254</sup> Bécsben 2025-re a kitűzött cél az, hogy gyalogosan, kerékpárral és tömegközlekedéssel együttesen 80% (!) közlekedjen.

A közösségi kerékpármegosztó rendszert az esztergomi mintához hasonlóan lehetne bevezetni Zalaegerszegen. Esztergomban a közösségi kerékpáros rendszert jelenleg 6 állomással 92 dokkolóval és 60 kerékpárral üzemeltetik. A rendszert mind a helyiek, mind a turisták kedvelik. A rendszer lényege, hogy minél több felhasználó használja a kerékpárokat mindennapjaihoz, ezáltal csökkentve a város levegőjének szennyezettségét, a városi dugókat, zajokat és mindemellett fő célja, hogy népszerűsítse ezen környezetbarát közlekedési alternatívát.

A pedelec elnevezés olyan kerékpárra használatos, ahol a hajtást automatikusan kiegészíti szükség esetén egy legfeljebb 250W teljesítményű elektromos motor.

Zalaegerszegen a közösségi kerékpármegosztó rendszert Pedelec modellekkel javasoljuk kiegészíteni, mivel a városon belül jelentősek a szintkülönbségek a társadalom korszerkezete pedig azt mutatja, hogy növekszik az idősek aránya a városban. A vasútállomástól induló vagy azt elérő kerékpár kölcsönző rendszer lehetne népszerű, mint Európa számos városában. Első körben érdemes lehet teremgarázsba állítani a kerékpárokat.



14.3 számú ábra: Pedelec típusú kerékpárok tárolása Frankfurtban<sup>255</sup>

A kerékpárok tartója egyben a töltője és kölcsönzési záró rendszere is. Szimplán visszatolva a kerékpárt a helyére leáll a kölcsönzés és megindul az újra töltés. A bérlet kezdete ún. e-gomb hozzáérintésével kezdeményezhető. Itt a Pedelec kerékpárok egy passzív ház társasház teremgarázsában kaptak helyet.

<sup>254</sup> Forrás: [http://www.mcc-berlin.net/uploads/media/Creutzig\\_Decarbonizing\\_urban\\_transport\\_in\\_European\\_cities\\_2013.pdf](http://www.mcc-berlin.net/uploads/media/Creutzig_Decarbonizing_urban_transport_in_European_cities_2013.pdf)

<sup>255</sup> Forrás: <http://projekte.abg-fh.com/projekte/europaquartett/aktuelles.php?document=1570>

### Árak:

A német ADAC 2013-a tesztje szerint a jó és elfogadható minőségű pedelec típusok ára 2400-2500 €/db között változik, melyből a 300 Wh kapacitású Li-ion akkumulátor ára ~540 €. Ekkora kapacitással ~50-55 km-t képesek megtenni. Az elektromos autókhoz szállított Li-ion akkumulátorok tömegtermelésével az akkumulátorok árának folyamatos csökkenése várható.<sup>256</sup>

### Váz, alkatrészek:

Mindenütt az ún. unisex vázakat részesítik előnyben. Alkatrészeik általában nem kompatibilisek utcai kerékpárokkal így kevésbé vonzóak a lopásra.

### Csomagtartó:

A csomagtartós típusok választását javasoljuk, mivel főleg a vasút elérésekor valószínűleg gyakran jelentkezik majd rá igény.

A kerékpár kölcsönzők előnyei	
Közlekedési előny	<ul style="list-style-type: none"><li>• Üvegházhatású gáz kibocsátás csökkenés.</li><li>• Csökken az utak terheltsége.</li><li>• Nagyobb arányú tömegközlekedés használatra ösztönöz az autó helyett, hiszen kiegészítője lehet a tömegközlekedéssel nem, vagy nehezen/később elérhető helyeknek.</li><li>• Zalaegerszegen is várhatóan a vasútállomástól induló vagy azt elérő kerékpár kölcsönző rendszer lehetne népszerű, mint Európa számos városában.</li></ul>
Gazdasági hatás, munkahelyteremtő hatás	<ul style="list-style-type: none"><li>• Relatív kis beruházással fejleszthető a közösségi közlekedés</li><li>• Helyi munkaerő teremtési lehetőséget is jelent, mind az alacsony, mind pedig a magasabb képzettségűek körében, illetve részmunkaidős munkahelyek is kialakíthatóak</li><li>• A nemzetközi tapasztalatok szerint minden 1000 db kerékpárhoz 9-20 új munkahely társul<sup>257</sup></li></ul>
Egészségmegőrzés előny <sup>258</sup>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Frissíti a vérkeringést, megdolgoztatja a hátizmokat éppúgy, mint a lábat, javítja a kedélyállapotot, így pszichés problémákra különösen ajánlott.</li><li>• Mint minden friss levegőn végzett sport, a kerékpározás is harmonikussá teszi a légzést és a tüdőkapacitást is növeli</li></ul>
Város imázs javító előny	<ul style="list-style-type: none"><li>• A közösségi kerékpárkölcsönző rendszerek fontos kritériumai a mai fenntartható, környezettudatos és innovatív városoknak.</li><li>• A kölcsönző rendszer léte, közvetett kapcsolatban áll a város turisztikai vonzerejével, jobb megítélésűek azok a városok a turisták körében, ahol közösségi kerékpáros rendszer is szolgálja a városba látogatókat.</li></ul>

<sup>256</sup> Forrás: Dr. Felix Creutzig TU Berlin: [https://www.adac.de/infotestrat/tests/fahrrad-zubehoer-sport/pedelec\\_2013/default.aspx](https://www.adac.de/infotestrat/tests/fahrrad-zubehoer-sport/pedelec_2013/default.aspx)

<sup>257</sup> Forrás: <http://bike-sharing.blogspot.hu/2012/08/bike-sharing-creates-job.html>

<sup>258</sup> Forrás: [http://www.psnzrt.hu/files/kerekparos\\_program\\_2012.pdf](http://www.psnzrt.hu/files/kerekparos_program_2012.pdf)



#### 14.1.4 Bevált gyakorlatok

- **CargoBike**

A kisgyermekes családok 30%-ának van szállító biciklje (CargoBike) Koppenhágában. 4 éves kortól a kisgyerekek biciklivel is mennek óvodába.



- **Bécs – új kerékpárbarát társasházi építések**

A bécsi bike city programban számos más intézkedés mellett az új társasházi építéseknel nagyobb lift méreteket építenek be, hogy a lakók könnyedén felvihessék a bicikliket.



<sup>259</sup> Forrás: [http://www.oresundsomcykelregion.nu/wp-content/uploads/2012/10/jan\\_gehl.pdf](http://www.oresundsomcykelregion.nu/wp-content/uploads/2012/10/jan_gehl.pdf)



A minimális alapterület 170 cm×170 cm így átlósan már befér egy kerékpár (210 cm×110 cm az ajánlott). Érdemes megfontolni, mint építési szabályt. Kimondottan a kerékpárosok igényei szerint is építettek társasházat, a jelentkezések száma alapján, az emberek keresik az ilyen társasházakat Bécsben. A 161 db új lakásra 4000 volt a jelentkezők száma. A ház szolgáltatásai közé tartozik a házban kialakított szerelő műhely, és számos biztonságos kerékpár tároló hely, illetve az emeleteken is parkolhatók a kerékpárok.



14.6 számú ábra: Társasház kerékpározók számára<sup>260</sup>

- **Budapest, Nyíregyháza**

A járókelő honlapon (<http://jarokelo.hu>) keresztül fotóval igazolva bejelenthetik az emberek a javaslataikat. Például egy valós eset: egy helyen az esővíz-elevezető csatorna fedél rossz irányban állt a kerékpárúton, behuppant a bicikli kereke. Jelentés után néhány napon belül kijavították. Előnye, hogy nagyon kis beruházással is megvalósítható, valamint önkéntesek is bevonhatók.

Kerékpár sávok a parkolóhelyek kialakítására a magyar kerékpáros klub és az osztrák Rablobby szervezet is tesz ajánlásokat.<sup>261</sup>

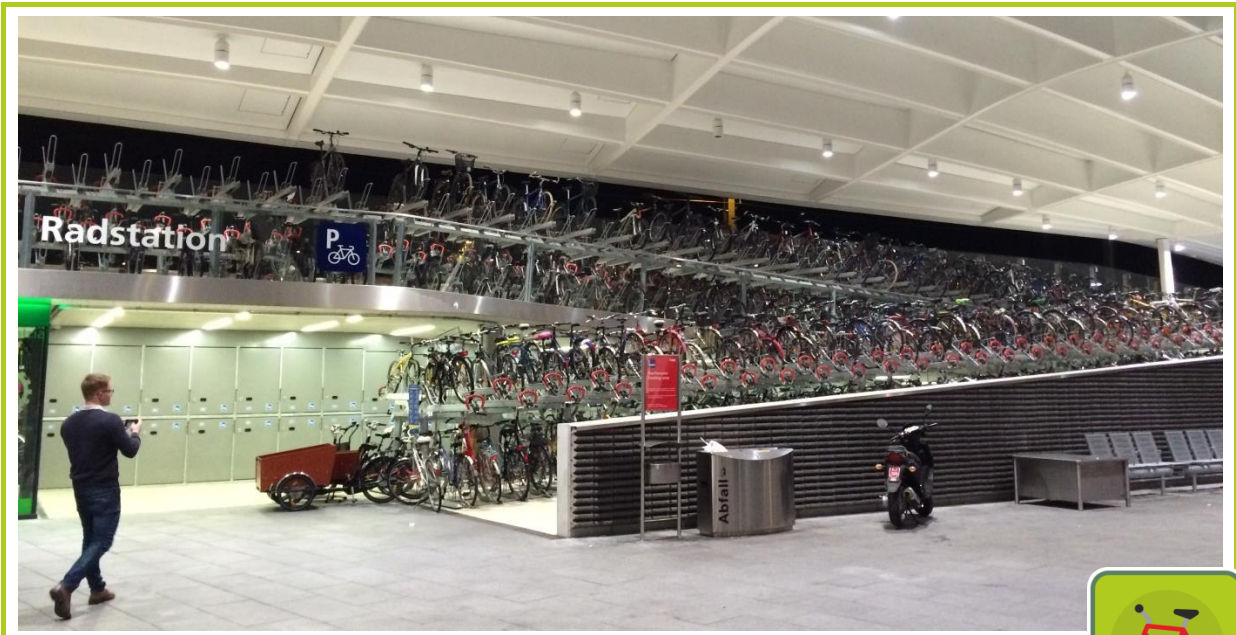
- **Bicklis tárolóhelyek növelése**

Az aarhusi vasútállomáson a hagyományos kerékpártárolókat emeletes típusra cserélték, így minimális beruházási költség mellett a duplájára tudták növelni a tároló helyek számát.

Hasonlóképpen jártak el az ausztriai Salzburg városában, is ahol a vasútállomáson található új kerékpártárolót alapvetően emeletesre tervezték, így sokkal kevesebb helyet foglal. A használatot több nyelven kihelyezett használati útmutatók segítik, illetve a csomagokkal együtt érkező kerékpárosok zárható rekeszt is bérelhetnek. A tároló hétköznapi esténként is tele van, a helyiek előszeretettel használják.

<sup>260</sup> Forrás: <http://derstandard.at/1293370817921/Autofreie-Siedlungen-Das-Wohnen-mit-Rad-neu-erfinden>

<sup>261</sup> Osztrák kerékpáros érdekképviselő ajánlása: <http://lobby.ig-fahrrad.org/download/13> 2015. augusztus 20.



14.7 számú ábra: Emeletes kerékpártároló a salzburgi vasútállomáson  
(Havas M. felvétele)



14.8 számú ábra: A kerékpártároló kapacitás megduplázása az aarhusi vasútállomáson  
(Cycling Embassy of Denmark)



- Kerékpárok földalatti tárolása



A mélygarázsokhoz hasonlító spanyol megoldás 92 db kerékpár földalatti tárolására alkalmas. A tárolóba a kerékpárunkat és a csomagjainkat behelyezve a rendszer óradíj ellenében automatikusan tárolja a holminkat megvédve ezzel az időjárási és emberi tényezőktől.

Fontos tényező, hogy költséghatékonyság szempontjából ez a megoldás azokon a helyeken lehet életképes, ahol az utcaszint alatt eredetileg is egy mélygarázs vagy aluljáró található.



## 14.2 Elektromos járművek

Az elektromos személyautók a mai belsőégésű motorokkal szerelt (ICE) személyautóknál kb. 3-3,5-szer kevesebb energiát igényelnek kilométerenként. A 100% megújuló energia ellátás esetén ez perdöntő különbség, mivel a mai belsőégésű motorokhoz alkalmas repce alapú biodízelhez, vagy bioetanolhoz több százszor akkora terület igény tartozik, mint az elektromos autókhoz, ráadásul az ICE járművek sem a tárolási feladatokban, sem a biztonsági vagy időszakos energia ellátási feladatokban sem tudnak szerepet vállalni.

Átlagos fajlagos energiaigények:

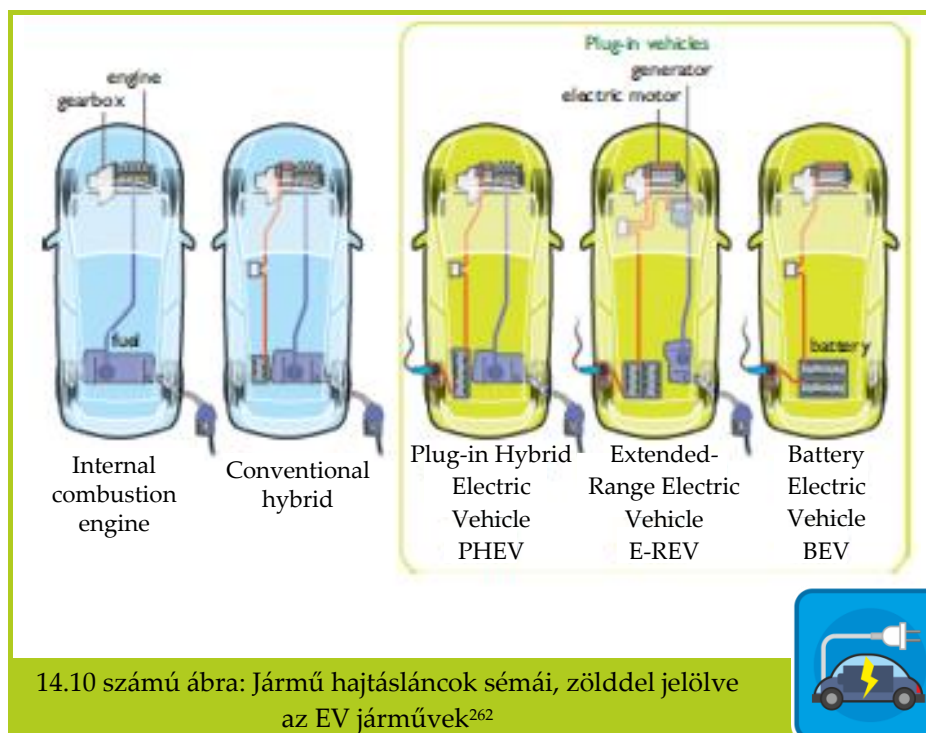
Benzin üzemű személyautó:  $6 \text{ l}/100 \text{ km} \times 8,842 \text{ kWh/l} = 53,65 \text{ kWh}/100 \text{ km} > \mathbf{0,54 \text{ kWh/km}}$

Diesel üzemű személyautó:  $5 \text{ l}/100 \text{ km} \times 10,11 \text{ kWh/l} = 50,58 \text{ kWh}/100 \text{ km} > \mathbf{0,51 \text{ kWh/km}}$

Tisztán elektromos személyautó esetében:  $\mathbf{0,17 \text{ kWh/km}}$

### 14.2.1 Hajtásláncok

A különböző járműveket erőátvitel (vagy más néven **hajtáslánc**) szempontjából csoportosítjuk, mivel a 100% megújuló energiaellátás szempontjából ez az egyik legfontosabb szempont. A hajtáslánc mutatja meg, hogy a tárolt energiából (PI: benzin vagy villany) a motoron át milyen úton jut el a kerekekig a jármű mozgatására képes teljesítmény.



<sup>262</sup> Forrás: Az Egyesült Királyság elektromos járművek töltőhálózat stratégiája -

<https://www.gov.uk/government/publications/making-the-connection-the-plug-in-vehicle-infrastructure-strategy>

A 100% megújuló tervhez leginkább az E-REV és a BEV hajtásláncú járművek illenek (az ábra jobbról utolsó kettő sémája).

#### 14.2.2 Elektromos személyautók fogyasztása

A német Effizienzhaus Plus támogatási programjában az elektromos személyautók átlagos hálózatról felvett fogyasztásánál 17 kWh/100km értékkel számol, ami 0,17 kWh/km bruttó fogyasztásnak felel meg. Ez az érték a magyar viszonyok között is reális érték a hasonló meteorológiai viszonyok miatt.<sup>263</sup>

A gyakorlatban mért fogyasztási adatok is ezt az értéket támasztják alá. Fontos kiemelni, hogy négy fejlesztési területről is várható az elektromos autók további fogyasztáscsökkenése:

- légellenállás csökkenés,
- tömeg csökkenés,
- gördülési ellenállás csökkenés,
- kisebb veszteségű szilícium karbid félvezető használata.

A fentiek együttes hatásaként 30% fajlagos fogyasztás csökkenést feltételezünk. Így a 2050-re szóló modellben 0,12 kWh/km átlagos fajlagos fogyasztást tartunk reálisnak.

#### 14.2.3 V2G – járművet a hálózatra technológia

A járművet a hálózatra technológia (V2G) több néven is ismert. Ilyen például V2H, ami a Vehicle to Home vagyis járművet otthonra elnevezést takarja. Bármilyen néven is jelölik, mindegyik ugyan azt a megoldást jelenti, miszerint az elektromos vagy hibrid járművünk akkumulátora nem csak fogyasztó, de tartalék áramforrás vagy energiatároló is lehet. **A SmartCity energiaellátási rendszerben ennek a technológiának kulcs szerepe van**, mivel a legkedvezőbb költségek mellett ezzel a technológiával tudjuk az egyes épületek szintjén megoldani a napon belüli energiatárolás problémáját.

Számos autó és elektronikai gyártó készít a V2G rendszerhez illeszkedő autókat és töltőket, de a Japán gyártók járnak jelenleg (2015) a legfejlettebb szinten ennek a műszaki megvalósításában. Ennek hátterében valószínűleg a Japánban gyakori földrengések, és ebből adódó energiaellátási gondok miatti energia-önellátó rendszerekre való nagyobb társadalmi igény áll.

#### 14.2.4 Külföldi példák

##### Japán megoldások

Japánban mind az irodaházak, mind a családi házak szintjén alkalmazható V2G rendszer is készült már. Ezek mindegyike a járművek egyenáramú villámtöltését lehetővé tévő

---

<sup>263</sup> Forrás: <http://www.forschungsinitiative.de/effizienzhaus-plus/modellvorhaben/netzwerk/> 2015.08.14



nagyáramú, egyenáramú töltő csatlakozón (ChaDeMo) keresztül tudja biztosítani ezt a szolgáltatást. Az egyenáramú csatlakozás hátránya, hogy ezek a töltők jóval magasabb költségen elérhetők, mintha a járműbe épített, de váltakozó áramú kisebb teljesítményű töltőt készítenék fel a kétirányú energia-továbbításra.

### Német megoldások

- **e-SolCar**

Kísérleti projekt szintjén Németországban egy egyetemen 30 autóból álló elektromos autó flottát alakítottak ki kétirányú csatlakozás lehetőségével (V2G). Fontos kiemelni, hogy egy város, így **Zalaegerszeg számára is ez a leginkább követhető modell** mivel itt kisebb költségű váltakozó áramú töltőket építettek a járművekbe a V2G képesség fenntartása mellett. Tehát nem ~10× költségű egyenáramú villám töltőket tették képessé a kétirányú energia továbbítására, hanem a ma már most is tömegével telepített váltakozó áramú töltőket! Bár ehhez az autókban intelligens töltőknek kell lennie.



Kétirányú (V2G) képes **váltakozó áramú (AC)** elektromos autó töltőoszlop, **kevesebb alkatrész és kisebb költség**, mint az egyenáramú (DC) kétirányú töltőknél!<sup>264</sup>



Egyedi elektromos autók kétirányú beépített váltakozó áramú (AC) töltési és visszatáplálási lehetőséggel. Sorozatban jelenleg még nem gyártanak ilyen elektromos autókat.

Gyártó: German E-Cars



14.11 számú ábra: AC váltakozó áramú töltők kétirányú energia továbbításra

- **Kapható kétirányú egyenáramú V2G képes töltő Németországban**

<sup>264</sup> Forrás: [http://de.slideshare.net/Vattenfall\\_de/e-solcarprofharaldschwarzpdf65858081](http://de.slideshare.net/Vattenfall_de/e-solcarprofharaldschwarzpdf65858081)

A MobilityHouse gyártó kínál Németországban otthoni használatra kétirányú V2G képes egyenáramú töltőt ún. CHAdeMO csatlakozós járművekhez.



14.12 számú ábra: Egyenáramú kétirányú villámtöltő Münchenben Németországban, CHAdeMO csatlakozós járművekhez<sup>265</sup>



### Spanyol megoldások

Spanyolországban a V2G megoldások terén a Spanyol Endesa cég fejlesztései érdemelnek szót. Smart City szempontból legfontosabb projektjük a Malaga szigetén létrehozott közösségi autómegosztó rendszerük (car sharing), ahol néhány töltőállomáson egyenáramú töltőcsatlakozás mellett az autó akkumulátoroktól is lehet visszavenni villamos energiát, ha a hálózat ezt igényli.

<sup>265</sup> Forrás: <http://insideevs.com/mobility-house-presents-vehicle2coffee/>



14.13 számú ábra: Egyenáramú töltőcsatlakozás Spanyolországban<sup>266</sup>

#### 14.2.5 Vonatkozó szabványok

Zalaegerszeg önellátása szempontjából fontos szabvány a járművek tárolóként való felhasználását leíró szabvány:

**ISO 15118-2 (legutolsó változat 2014.04)** <https://goo.gl/KO1vGJ>

Road vehicles – Vehicle-to-Grid Communication Interface – Part 2: Network and application protocol requirement

A jövőben a városi V2G töltőknek már ezzel a szabvánnyal kell kompatibilisnek lenniük.

Az elektromos járművek egyenárammal működő, gyors feltöltőállomásait a kölcsönös átjárhatóság érdekében a 2014-ben elfogadandó, vonatkozó EN szabvány szerinti *többszabványos (egyszerre „CHAdeMO” és „Combo 2” típusú csatlakozást is biztosító)* csatlakozókkal kell felszerelni.

#### 14.2.6 Akkumulátorok

Napjaink legkorszerűbb járműben is használt akkumulátorai szinte kivétel nélkül Lítium alapúak. Több változatuk is piacképesé vált, ezek közül a városi energia ellátás és az elektromos mobilitás szempontjából legfontosabbakat vesszük sorra.

---

<sup>266</sup> Forrás: <http://www.endesa.com/en/saladeprensa/noticias/new-bidirectional-charging-point>

## **Lítium-ion (Li-Ion vagy LIB) akkumulátorok**

A mai mobiltelefonokban, elektromos szerszámokban és autókban a leggyakrabban használt akkumulátorfajták. Az utóbbi években rendkívüli fejlődésen mentek át. Sokszorosára megnövekedett a teljes kimerítésre, szakszóval kisütésre jutó (100% DoD) ciklusszámuk. Ma már 10000 ciklusszámú akkumulátorok is elérhetőek a kereskedelmi forgalomban.<sup>267</sup>

Azonban a gyakori típusok csak kapacitásuk 80%-áig kimeríthetők (DoD 80%), és a túltöltéstől is védeni kell ezeket a típusú akkumulátorokat. Az elektromos autókban a jelentős kapacitásnövekedést nem a Li-ion akkumulátoroktól várják, mivel ezeknek az akkumulátoroknak a tömeggel arányos energiasűrűsége 140-180 Wh/kg. Ezen túlmenően pedig viszonylag érzékenyek a sérülésekre, tokozás igényük miatt sem várható a közeljövőben az energiasűrűség megkétszereződése.

Telepített hálózati energiatárolókban és elektromos autókban várható további elterjedésük.

Számos kémiai összetétel és anód-katód alapján megkülönböztetett változatuk létezik. A legfontosabbak:

- **Lítium-Vas-Foszfát**

Előnyei: hosszú élettartam, biztonságos felépítés

Felhasználási területei: elektromos buszok és személyautók

Tömeggel arányos energiasűrűsége: 90-110 Wh/kg

- **Lítium-kén (Li-S) akkumulátor**

Nagyon kevés gyártó állít elő ilyen akkumulátort jelenleg. Legfontosabb tulajdonsága, hogy viszonylag nagy a tömeggel arányos energiasűrűsége: ~325 Wh/kg.

A fejlesztések előrejelzéséből (roadmap) látható, hogy az 500 Wh/kg energiasűrűséget is ~2019 körül eléri ezzel az akkumulátor típussal.<sup>268</sup> Tehát olyan alkalmazásoknál ahol a kapacitásra vetített tömeg fontos, ott ennek az akkumulátor típusnak van jövője. 2020-ra várt fajlagos ára 250 €/kWh. Előnye még ennek a típusnak, hogy a sérülésekre kevésbé érzékeny pl: átlótt akkumulátor is tovább működik, ezért katonai és egyéb nagy mechanikai terhelésű célokra is alkalmazzák. Nagyon alacsony hőmérsékleten is működőképes (-80 °C).<sup>269</sup> Hátrányuk: viszonylag alacsony a teljes kimerítésre, szakszóval kisütésre jutó (100% DoD) ciklusszám: 1000 80%-ra csökkent kapacitásig mérve. Ugyanakkor ez az akkumulátor elviseli a 100% kisütést, amit a Li-ion akkumulátorok rendkívül rosszul tolerálnak. Nem érzékeny a túltöltésre. 2016-ban hálózati akkumulátorként lehet várni az elterjedését.<sup>270</sup>

---

<sup>267</sup> Forrás: <http://www.zsw-bw.de/en/support/news/news-detail/lithium-ionen-zellen-aus-uhl-mit-spitzenwerten.html> <http://www.sonnenbattery.com/en/home/>

<sup>268</sup> Forrás: [http://www.oxisenergy.com/uploads/Alise\\_presser\\_final.pdf](http://www.oxisenergy.com/uploads/Alise_presser_final.pdf)

<sup>269</sup> Forrás: <http://www.oxisenergy.com/blog/battery-that-will-operate-at-minus-80-degrees-in-the-offing>

<sup>270</sup> Forrás: <http://www.oxisenergy.com/blog/ansco-and-oxis-to-release-lithium-sulfur-battery-storage-by-2016>

Li-ion akkumulátor típusok	Rövidítése (katód szerint)	Ciklusszám	Tömeggel arányos energiasűrűsége	2014-es ár	Ismert gyártó
Lítium-Vas- Foszfát	LFP	200-2000	85-105 Wh/kg	USD 550- USD 850	A123 Systems, BYD, Amperex, Lishen
Lítium- mangán-oxid	LMO	800-2000	140-180 Wh/kg	USD 450- USD 700	LG Chem, AESC, Samsung SDI
Lítium- titanát	LTO	3000-7000	80-95 Wh/kg	USD 900- USD 2200	ATL, Toshiba, Leclanché, Microvast
Lítium- kobalt-oxid	LCO	500-1000	140-200 Wh/kg	USD 250- USD 500	Samsung SDI,, LG Chem, Panasonic, ATL, Lishen
Lítium- nikkel- kobalt- aluminium	NCA	800-5000	120-160 Wh/kg	USD 240- USD 380	Panasonic, Samsung SDI
Lítium- nikkel- mangán- kobalt	MNC	800-2000	120-140 Wh/kg	USD 550- USD 750	Johnson Controls, Saft

14.1 számú táblázat: Li-ion akkumulátor típusok (FIGYELEM: gyorsan változó értékek!)

- **Lítium-levegő (Li-air) akkumulátor**

Ez az akkumulátor típus a hétköznapi gyakorlatban még nem elérhető. Azonban lényeges megemlíteni, hogy ettől az összetételtől várják közép vagy hosszútávon 1000 Wh/kg energiasűrűség elérését.



### Akkumulátorok meghibásodása

A mai elektromos autók akkumulátorainak várható élettartama normál használat mellett 7-9 év. **A legutóbbi 4 év alatt Európában eladott 35000 db NISSAN LEAF-ek 99.99%-ának nem hibásodott meg az akkumulátora -, mindössze 3 db-nál jelentkezett eddig probléma.**<sup>271</sup>

Hasonló adatokról számoltak be más gyártók, valamint a leggyakoribb hibrid autó, a Toyota Prius akkumulátorával kapcsolatban is. (Bár ebben NiMh akkumulátor van, ami már nem számít korszerűnek járművekben használva.)

### Szabványos akkumulátor modulok

Az EV akkumulátorok szabványosítási törekvései már megkezdődtek. Például az Autóipari Mérnökök Szövetsége, Society of Automotive Engineers (SAE) az alábbi ajánlja:

SAE J1797 Recommended Practice for Packaging of Electric Vehicle Battery Modules

<http://standards.sae.org/wip/j1797/>

Azonban úgy tudjuk, hogy a gyártók által széleskörűen elfogadott ezért tartósnak ígérkező szabvány, vagy ajánlás még nem született meg.

**Zalaegerszegnek abban áll érdeke, hogy figyelemmel kísérje az akkumulátorszabványosítási eredményeket, és a leginkább szabványos és elterjedt akkumulátorral szerelt járműveket támogassa kedvezményekkel vagy más módon. De mindenképpen homogén gépjármű flotta alakuljon ki az akkumulátor technológia tekintetében. Hiszen a szabványos és elterjedt rendszerektől várhatók a legkisebb TCO költségek. Az azonos anyag-összetételű, cellafeszültségű stb. akkumulátorok szervezhetőek energia tárolóvá az akkumulátorok második életében. Lásd külön fejezet.**

#### **14.2.7 Menedzselt töltés, okos töltés Amerikában**

A BMW gyártó az Egyesült Államokban egy energia szolgáltatóval együttműködve a „BMW i ChargeForward Program”- egyelőre kísérleti program- keretében ún. menedzselt töltési lehetőséget alakított ki az önként jelentkező BMW i3 elektromos autó tulajdonosok körében.

A programban résztvevő BMW i3 tulajdonosok értesítést kapnak okos telefonjukra, ha csúcsidőben az áramszolgáltató kezdeményezi az autótöltés szüneteltetést legfeljebb 1 órára, így csökkentve a villamos hálózat terhelését - amit, ha kell, felülbírálnak. Ezért az energetikai célú együttműködésért az i3 tulajdonosok pénzvisszatérítést kapnak. Ez a

---

<sup>271</sup>Forrás: <http://saeindustrynews.org/2015/03/24/nissan-leaf-battery-reliably-outperforms-critics-and-alternatives-video-pure-green-cars/>

program egyelőre nem használja az elektromos autók visszatáplálási lehetőségét, de mutatja a fejlődés irányát.

A program második része a jármű akkumulátorok ún. második életében (lásd külön fejezet) való felhasználása hálózati energiátárolóként. Így az elektromos jármű tulajdonosok – egyelőre BMW MINI akkumulátorokkal - a 70%-ra csökkent kapacitású használt EV akkumulátorokért szintén pénzt kaphatnak, így tovább javítva az elektromos jármű élettartamra vetített költség mutatóit (TCO).

A járművet a hálózatra technológia (V2G) terjedése jelentős fejlődés előtt áll. Egy piackutató tanulmány 2014-2019 időszakra 47% átlagos éves növekedési ütemet (CAGR) vetít előre.<sup>272</sup> Ez az energia önellátási szempontunkból azt jelentheti, hogy a költségek jelentősen csökkennek a kétirányú V2G képes töltők terén.

#### 14.2.8 Tisztán elektromos busz

A részben vagy egészben elektromos hajtásláncú buszok térnyerése ma már világtendencia az alacsony zajszint, a nulla lokális kibocsátás és kedvező kilométerenkénti fajlagos energiafelhasználásnak köszönhetően. 2025-re Párizs „Bus2025” dokumentumában megfogalmazott célok szerint buszainak 80%-át szeretné tisztán elektromos típusokra cserélni. A fennmaradó 20%-át pedig biogáz és más tiszta hajtóanyagú járművekre kívánja fejleszteni.<sup>273</sup>

Minden mai tisztán elektromos busz motorja már fékező (generátor) üzemmódban visszatermel energiát a saját akkumulátoraiba, ami részben megmagyarázza a belső égésű motoros típusokhoz mért 3-6-szoros fajlagos fogyasztási előnyt.

- **BYD EBUS-12 K9**

A BYD tisztán elektromos típusairól van a legnagyobb üzemeltetési tapasztalati adat. 2015 tavaszán a világszerte üzemelő buszok elérték az 50 millió kilométer futásteljesítményt. ~5000 busz üzemel 150 városban, 36 országban. Fontos megjegyezni, hogy BYD buszokról rendelkezésre áll az Amerikában használatos terheléses tartós teszt részletes jegyzőkönyve is, amely rávilágít a várható meghibásodásokra és típushibákra. Remélhetőleg ezek javítása is megkezdődött már.

Az utóbbi idők legjelentősebb rendelése Washington várostól érkezett 800 db buszra 12 változatban.

---

<sup>272</sup> Forrás: <http://www.reportsnreports.com/reports/358796-global-grid-to-vehicle-v2g-market-2015-2019.html>

<sup>273</sup> Forrás: <http://goo.gl/2acxsT> 2015. szeptember 24.



14.14 számú ábra BYD K9, Törökbálinton 2012ben<sup>274</sup>

Műszaki adatok:

- 12 méteres alumínium alvázás elektromos busz.
- Akkumulátor kapacitás: 334 kWh (LifePO<sub>4</sub> lítium-vas-foszfát akkumulátor)
- Motor: 2×90 kW kerékagyba szerelt motor 2×550 Nm nyomaték
- Városi hatótáv: ~300 km/nap, légkondicionálással ~250 km/nap
- Fajlagos fogyasztás: 1,2-1,4 kWh/km<sup>275</sup>

A BYD 12 év garanciát vállal az akkumulátorokra, és a 2×45 kW-os AC töltőt is tartozékként ad a buszhoz. Az AC töltő, azaz fedélzeti váltakozó áramú töltő a gyártó állítása szerint kétirányú, azaz az energiatárolási és vészenergia ellátási feladatokra is alkalmas lehet. **Vagyis jelenleg ez a típus illeszhető leginkább az energia-önellátó város rendszerébe.**



14.15 számú ábra:Visszatáplálás lehetőségét is biztosító BYD K9 Busz invertere, és AC töltője<sup>276</sup>

<sup>274</sup> Forrás: <http://goo.gl/SgO9pY> 2015. szeptember 24.

<sup>275</sup> Forrás: <http://goo.gl/dMpcjE> 2015. szeptember 22.

<sup>276</sup> Forrás: <http://goo.gl/BzZUAr> 2015. szeptember 25.

Ennek a típusnak a legismertebbek az adatai:

2013 márciusában a BYD K) típus menetkész ára: 541 867 \$

Akkumulátor nélküli ára: 314 551 \$ - akkumulátor fajlagos ára: 970 \$/kWh

Akkumulátor bérleti díja havonta (választható alternatíva): 2555 \$/kWh

- **EVOPRO Modulo**

Magyar gyártású tisztán elektromos hajtáslánccal is elérhető busz család. Legfontosabb előnye a kisebb tömeget és korrózióállóságot eredményező kompozit anyagú, modulós szerkezetű önhordó karosszéria. A kisebb tömeg járulékos előnye a jobb fajlagos fogyasztás. A modulós kiépítés többféle kiépítettség lehetőségét nyújtja.

Típus	Modul szám	Utaz (fő) Ülő/Álló	GVW (kg)	Ajtó szám	Hossz (m)
EP062	2	18/27	7900	1x2	6,2
EP077	5	20/45	9000	2x2	7,7
EP092	6	26/54	10400	2x2	9,2
EP107	7	28/71	13000	3x2	10,7
EP170	10	45/116	18000	4x2	17



14.16 számú ábra: Evopro típusváltozatok<sup>277</sup>

Elérhető nem tisztán elektromos változata is. A gyártó ígérete szerint ezek a változatok a későbbiekben alacsony költség mellett átalakíthatóak lesznek elektromos buszokká. Ezt a lehetőséget a gyártó eBUS Ready néven jelöli, ami gyakorlatilag ún. rack szerű „fiókos” elemekből épített szerkezetet jelent, amelyek később akár hidrogénes elemekre is cserélhetők. Fontos kiemelni még, hogy azonos külső buszméret mellett több utas egyidejű szállítására képes, mint a hagyományos buszok.

<sup>277</sup> Forrás: <http://goo.gl/9NCJth>, <http://goo.gl/K8NsAi> 2015. szeptember 25.

Létezik soros hibrid és CNG változata is.

Evopro Modulo MINIMO (EP065) 6,5 méteres, elektromos hajtású 22 ülőhelyes busz, fajlagos fogyasztása: 0,91 kWh/km<sup>278</sup>

Evopro Modulo OPTIMO (EP095) 9,5 méteres, elektromos hajtású 22 ülőhelyes busz, fajlagos fogyasztása: 0,95 kWh/km SORT2 szerint mérve<sup>279</sup>!

Más források szerint a 7,7 méteres Evopro Modulo EP077 típusú, elektromos hajtású busz fajlagos fogyasztása vegyes üzemben: 0,61 kWh/km SORT2 szerint mérve. Ebből a típusból 2016 májusában 20 db forgalomba helyezését tervezik Budapesten.<sup>280</sup>

- **Solaris Urbino 12 electric**

Lengyel gyártású 12 méteres tisztán elektromos busz, évtizedes tapasztalattal a villamos hajtásláncok terén. Léteznek CNG hajtásláncú és hibrid valamint hagyományos hajtású típusai is.



14.17 számú ábra: Urbino 12 electric típusú busz<sup>281</sup>

#### Műszaki adatok:

- Motor: ZF gyártmányú vízhűtéses kerékagyba épített 120 kW, max. 1400 Nm (ezt a motortípust síkvidékre ajánlják)
- Fajlagos fogyasztás SORT 2 szerint: 1,28 kWh/km
- Akkumulátor kapacitás: 80-240 kWh (vevői igény szerint)
- Akkumulátor garancia:
  - Lítium-titanát ( $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ) 10000 ciklus 5 éven belül vagy
  - Lítium-vas-foszfát ( $\text{LiFePO}_4$ ) 3300 ciklus 5 éven belül<sup>282</sup>

Igény esetén többféle pantográfos valamint indukciós töltési megoldással elérhető.

<sup>278</sup> Forrás: <https://goo.gl/dWJUB4> 2015. szeptember 20.

<sup>279</sup> Az egyes busz típusok fogyasztási összehasonlítását az ún. SORT (Standardised On-Road Test Cycle) ciklus szerint szokás összevetni, ez a valós használatot próbálja utánozni és megismételhető teszté rendezni. A SORT ciklust a Nemzetközi Tömegközlekedési Unió, az UITP dolgozta ki. A SORT ciklus is a személyutóknál már ismert várakozási gyorsítási menetciklusok meghatározott rendjét adja, illetve a belvárosi és külvárosi valamint vegyes üzemmódokra is van külön ciklus, részletes tesztelési szabály. A vegyes külvárosi és belvárosi használatú ún. SORT2 ciklus (18km/h átlagsebességű ciklus) átlagfogyasztási adatát szokták megadni a buszgyártók.

<sup>280</sup> Forrás: <http://goo.gl/9ZIHVV>

<sup>281</sup> Forrás: <https://www.solarisbus.com/vehicle/urbino-12-electric>

<sup>282</sup> Forrás: <http://goo.gl/dM35mU> 2015.



- **EBUSCO 2.0**

12 méteres alumínium alvázias elektromos busz.

Műszaki adatok:

- Akkumulátor kapacitás: 311 kWh (nagy energiasűrűségű akkumulátor 160 Wh/kg)
- Motor: 150 kW, 2500 Nm
- Városi hatótáv: ~300 km/nap

Erről a típusról azért érdemes szólni mivel számos európai próbaüzem adat rendelkezésre áll:

**Müncheni próbaüzem adatai:**

- környezeti hőmérséklet :0°C tól -4 °C
- napi futásteljesítmény: 245 km
- teszt időszak: 2015 Február 16-19.
- fajlagos mért fogyasztása (a töltés veszteségével együtt) : 1,10 kWh/km
- fajlagos mért fogyasztása (a töltés vesztesége nélkül) : 1,04 kWh/km
- átlagsebesség: 13,7 km/h

**Helsinki próbaüzem adatai:**

- környezeti hőmérséklet :-19 °C tól -4 °C
- napi futásteljesítmény: 180 km
- teszt időszak: 2013 december
- fajlagos mért fogyasztása (a töltés veszteségével együtt) : 0,98 kWh/km
- átlagsebesség: 18 km/h
- Legalacsonyabb és legmagasabb közölt fajlagos fogyasztási adat (töltő veszteségével együtt mérve): 0,88 -1,15 kWh/km<sup>283</sup>

**Belsőégésű motorok hatásfoka**

A szakirodalom szerint a belsőégésű motorral szerelt buszokon a különböző régebbi menetciklusok alatt mért tényleges motor hatásfokok 21-2% között változtak.<sup>284</sup> A busz motor gyártók által megadott kedvező terhelési ponton jelentkező fajlagos fogyasztási (BSFC~190 g/kWh) érték és hatásfok (~45%) a tényleges használatkor nem elérhető. Ami praktikusán azt jelenti, hogy a felhasznált üzemanyag negyede fordítódik a közlekedési célokra, a többi veszteségként jelentkezik. **Ezért is fontos közép és hosszútávon a plug-in hibrid és tisztán elektromos hajtású buszok irányába fejleszteni a városi közlekedést.**

---

<sup>283</sup> Forrás: <http://goo.gl/7bWZmr> 2015. szeptember 20.

<sup>284</sup> Forrás: <http://goo.gl/F08sQy> 2015. szeptember 20.

Jármű típusa (ideje)	Karosszéria ára	Energiaellátás	Energia átalakító	Hajtáslánc	Teljes költség
Dízelbusz - EURO VI (2015)	295 000 €	tartály - 2.000 €	belső égésű motor - 20.000 €	automataváltó - 16.000 € meghajtás - 15.000 €	350 000 €
Dízelbusz - EURO VI (2025)	295 000 €	tartály - 2.000 €	belső égésű motor - 20.000 €	automataváltó - 16.000 € meghajtás - 15.000 €	356 000 €
Hibrid trolibusz (2015)	340 000 €	akkumulátor (70kWh) - 70.000 €	elektromos motor + elektronika - 90.000 €	meghajtás - 15.000 €	515 000 €
	pantográffal				
Hibrid trolibusz (2025)	340.000 €	akkumulátor (70kWh) - 21 000 €	elektromos motor + elektronika - 30 000 €	meghajtás - 15.000 €	406 000 €
	pantográffal				
Tisztán elektromos busz, éjszakai lassú töltés (2015)	295.000 €	akkumulátor (400kWh) - 400.000 €	elektromos motor + elektronika - 90.000 €	meghajtás - 15.000 €	800 000 €
Tisztán elektromos busz, éjszakai lassú töltés (2025)	295.000 €	akkumulátor (400kWh) - 120.000 €	elektromos motor + elektronika - 30.000 €	meghajtás - 15.000 €	460 000 €
Opportunity elektromos busz, gyorsöltés a megállóban (2015)	295.000 €	akkumulátor (180kWh) - 180.000 €	elektromos motor + elektronika - 90.000 €	meghajtás - 15.000 €	580.000 €
Opportunity elektromos busz, gyorsöltés a megállóban (2025)	295.000 €	akkumulátor (180kWh) - 54.000 €	elektromos motor + elektronika - 30.000 €	meghajtás - 15.000 €	394.000 €
Hidrogén meghajtású busz (2015)	295.000 €	nagynyomású hidrogén tank - 20.000 €, akkumulátor (30kWh) - 30.000 €	üzemanyag cella - 1.000.000 €, elektromos motor + elektronika - 90.000 €	meghajtás - 15.000 €	1.450.000 €
Hidrogén meghajtású busz (2025)	295.000 €	nagynyomású hidrogén tank - 20.000 € akkumulátor (30kWh) - 9.000 €	üzemanyag cella - 100.000 €, elektronika - 30.000 €	meghajtás - 15.000 €	469.000 €

14.2 számú táblázat: Elektromos buszok várható költség változása<sup>285</sup>

<sup>285</sup> Forrás: Prof. Dr. Pütz, <http://goo.gl/w2MZrK> 2015. szeptember 28.

A táblázat alapján látható, hogy az ún. Opportunity busz (vagyis a soktöltős) még 2025-ben sem váltja be a hozzá fűzött reményeket a szükséges plusz infrastruktúra beruházásnak köszönhetően, melynek költsége meghaladja a busz árelőnyét.

#### **14.2.9 Akkumulátorok**

##### **Akkumulátorok élettartama**

Általánosságban kimondható, hogy a buszokban használt akkumulátorok élettartamát alapvetően az ún. kisütési mélység - az angol irodalomban Depth of Discharge (DOD) - mértéke befolyásolja. Azaz egy akkumulátort a névleges kapacitásnak hány %-áig merítünk le, szakszóval sütünk ki.

Ha a buszokban használt akkumulátorok csak a névleges kapacitásuk nyolcvan százalékáig lennének kisütve egy-egy alkalommal, az élettartamuk többszöröződhetne. Ezt persze csak napközbeni töltésekkel lehetne gazdaságosan megvalósítani, erre a későbbiekben mutatunk példákat.

Az egyes akkumulátor típusok várható élettartama is eltér a ma tisztán elektromos buszokban járatos akkumulátor típusok közül. Az ún. LiFePO<sub>4</sub> (litium-vas-foszfát) összetételű akkumulátort tartják a legmegbízhatóbbnak.

A villámtöltés is kedvezőtlenül befolyásolja a tisztán elektromos buszokban használt akkumulátorok élettartamát. Gazdasági szempontokat figyelembe véve elsősorban az ún. overnight vagy egész éjjelen át tartó lassú töltést javasoljuk. Ezeknek a töltőknek a legkisebb az infrastruktúra igénye és teljes életciklus költsége is.

##### **Akkumulátorok második élete**

Az e-buszok akkumulátorainak várható élettartama használatától függően 8-13 év. Az elektromos buszokban található akkumulátorok addig használhatóak, amíg kapacitásuk a névleges kapacitás ~70%-ra csökken. Ekkor azonban más célra ezek az akkumulátorok még használhatók maradnak! Egy átlagos elektromos busz névleges akkumulátor kapacitása ~300 kWh járműben használt élettartama végén  $\sim 300 \text{ kWh} \cdot 0,7 = 210 \text{ kWh}$ , - ez a kapacitás még helyi energiatolóként kedvezően felhasználható. Ha a legkedvezőbbben akarjuk felhasználni ezeket a használt akkumulátorokat, akkor a kapacitásuk 50% áig vesszük csak igénybe, és az alacsony kisütési ciklusok miatt így még ~egy évtizedig használhatóak lesznek. Az akkumulátorok második élete javítja az elektromos buszok gazdasági mutatóját. Ez a lehetőség szintén azt vetíti előre, hogy a városban a megújuló tömeges elterjedése idejére érdemes időzíteni az első generációs e-buszok élettartama végét.

## Értéklánc elemzés

A „WTW - Well To Wheel” vagyis a forrástól a felhasználásáig értelmezett értéklánc elemzés a különböző busz üzemanyag fajtákra segít megérteni hogyan járunk jobban a fajlagos, kilométerre vetített üzemanyag felhasználás szempontjából.

Például mi éri meg jobban? Ha a biogázt villannyá alakítom, és elektromos buszba töltöm, vagy úgy ha metán formájában sűrítve (bio-CNG) közvetlenül elégetjük hagyományos belső égésű motorban.

Számunkra elsősorban most a megújuló alapú jármű üzemanyagok fontosak. A következő táblázatban **zölddel** jelölve:

	Diesel	Hibrid diesel	CNG	bio-CNG, CBG, RNG	BEV, megújuló villannyal	BEV, metánból villannyal	BEV biogázból villannyal
Fogyasztás (kWh/km, VTT adatai)	4,17	3,06	5,83	5,83	1,4	1,4	1,4
WTW tényező/szorzó** (JEC 2013 adatai)	1,2	1,2	1,16	1,99			
Villany termelés tényező/szorzó** (JEC 2013)*					1	2,1	2,1
CH4 kitermelés és szállítás (JEC 2013 adatai)						1,09	
CH4 előállítás, tisztítás (JEC 2013 adatai)							1,5
Becsült villany veszteség tényező/szorzó**					1,05	1,05	1,05
Teljes Well to Wheel energia (kWh/km)	5,00	3,67	6,77	11,61	1,47	3,36	4,63
*2,1 érték = ~48% gázmotor hatásfok mellett							
** tényező/szorzó(k) a veszteségeket fejezik ki.							
14.3 számú táblázat: Fajlagos km-re vetített üzemanyag felhasználási adatok <sup>286</sup>							

Zalaegerszegi MAN Lion 12 méteres CNG buszok valós átlagos fogyasztása : 4,3 kWh/km vagyis WTW tényezővel szorzott teljes értéklánc értéke : **8,55 kWh/km**

Fontos kiemelni, hogy a belsőégésű motorban való bio-CNG felhasználás rövid távon jó megoldás, hiszen kisebb beruházási költséget jelent, mint az elektromos buszok beszerzése (BEV).

**Jelenleg még (2015!) az elektromos buszok beruházási költség többletét is figyelembe véve lecsökken vagy el is tűnhet az üzemeltetési költségből adódó kilométerenkénti előny.**

További előny Zalaegerszegen, hogy a bio-CNG buszparkot használt buszokkal bővítik, így az elektromos buszok várható árcsökkenésekor gazdaságosan lehet majd áttérni a tisztán elektromos buszokra. Vagyis a mindenkori optimum körül tarthatja a város a

<sup>286</sup> Forrás: <https://goo.gl/psFY3L> 2015. szeptember 22.

tömegközlekedés költségeit. Illetve a bio-CNG hajtás mind lokálisan mind globálisan szemlélve is nagyon alacsony káros anyag kibocsátással jár - teljesítve a legkorszerűbb Diesel buszok EURO VI.-os káros anyag kibocsátási értékeit is.

#### **14.2.10 Infrastruktúra**

##### **Infrastruktúra igényes elektromos hajtású buszok**

Ide tartoznak az áramszedős (pantográfós), induktív töltésű és az automata robotkaros töltő csatlakozású megoldások.

Ezek előnye, hogy kisebb kapacitású akkumulátor csomag szükséges a járművekbe, ami kisebb tömeget jelent. Egyes járatoknál ahol a hidak vagy más műtárgyak terhelhetősége okozza a „szűk keresztmetszet”, az a busz csoport előnyt élvezhet.

Hátránya, hogy kisszámú jármű esetén a töltőpontok tetemes költségei miatt nem lesznek kihasználhatóak az olcsóbb BEV (elektromos) járművek miatt jelentkező előnyök. Fontos megjegyezni, hogy az energiatürelmesre törekvő városok számára a kisebb akkumulátor kapacitások még hátrányt is jelenthetnek közép és hosszútávon, hiszen a buszok kevésbé lesznek bevonhatóak a V2G hálózatkiegyenlítő szerepkörbe.

##### **Pantográfós fejlesztések**

Bécsben a Siemens fejlesztésében a troli buszok hálózatáról is tölthető áramszedős elektromos buszok tesztje fut jelenleg. Hasonló a Debrecenben, Rómában is a troli (Ganz Solaris Trollino), amely képes felsővezeték nélküli szakaszok teljesítésére kb 3-5 km hosszban. A bécsi változat viszont elsősorban elektromos, és csak villámtöltésre használja a felsővezetékét. Ezeket a kiépítéseket Zalaegerszegre nem javasoljuk, a városképre gyakorolt hatása és a viszonylag magas infrastruktúra és üzemben tartási költségei miatt.

##### **ABB TOSA**

Állomásonkénti villámtöltő rendszer az ABB TOSA rendszere. Tesztüzemben működik Genfben a 23-as vonalon 15 mp (!) - es töltési idővel a megállóknál. Az állomásokon és végállomásokon automatikusan töltődik elektromos busz jelentős infrastruktúra költség mellett. Megállónként 50-től 600 kW-ig terjedő (!) hálózati kapacitás igényel.

Busz: csuklós összesen 124 férőhellyel, akkumulátor kapacitás: 2×41,4 kWh<sup>287</sup>

---

<sup>287</sup> Forrás: <http://goo.gl/AP4P74> 2015. szeptember 24.





14.18 számú ábra: TOSA Energia Átviteli Rendszer<sup>288</sup>

Ezt a rendszert sem javasoljuk Zalaegerszegrre elsősorban a város mérete miatt, és mert ennél a rendszernél csak nagy költségek mellett változtatható a buszhálózat nyomvonala. Továbbá a város méreteihez mérten aránytalanul magas lenne az infrastruktúra költsége.

### **Vezetékmentes busztöltő állomások és burkolatba épített indukciós töltők**

Itt jelenleg a Bombardier PRIMOVE e-BUS nevű 200 kW-os töltési teljesítményre képes rendszere jutott a legfejlettebb szintre.<sup>289</sup> Ennek próbaüzeme Braunschweig-ben Alsó-Szászországban zajlik „Emil” projekt keretében Solaris Urbino 12 buszokkal.

Röviden összefoglalva ezek a megoldások még inkább a korai/fejlesztési stádiumban tartanak, illetve a költségek és kötöttségek (nyomvonal, állomás) miatt sem javasoljuk középtávon Zalaegerszeg számára. A várható technológiai fejlődés után sem használhatók ki maradéktalanul a multi funkciós járművek (V2G) előnyei ezeknél a megoldásoknál.

<sup>288</sup> Forrás: <https://goo.gl/3Oxs0v> 2015. szeptember 24.

<sup>289</sup> Forrás: <http://goo.gl/Q3n9RU> 2015. szeptember 24.

## Buszok, mint energiatermelők



14.19 számú ábra: BYD K9 busz, **nem tisztán szolár** busz, de néhány napelemet is elhelyeztek a tetején<sup>290</sup>



Az elektromos buszok tetőzete alkalmas napelemek fogadására is. Nyári melegben megtermelhet annyi energiát, ami részben fedezi a léghűtés többlet energiaigényét, így növelve meg a buszok hatótávolságát. A napelemek árnyékhatása valamelyest csökkentheti a buszok melegedését is.

---

<sup>290</sup> Forrás: <http://goo.gl/nxF7Yz>

## 14.2.11 Egyéb elektromos járművek

### Tisztán elektromos hulladékszállító autó



A fenti ábrán is látható Debreceni Egyetem fejlesztését Békéscsabán tesztelik, egy éves üzemeltetés után az akkumulátorok állapota jobb a vártnál.<sup>292</sup> A kedvező üzemeltetési költségek annak is köszönhetőek, hogy ez a jármű is képes visszatermelni a mozgási energia egy részét fékezéskor.

Míg egy átlagos dízel üzemű hulladékszállító éves üzemanyag költsége 25 Mft, addig az elektromos hulladékszállító éves költségét 4 Mft-ra becsülik.<sup>293</sup> <http://goo.gl/YocV2a>

Akkumulátor: 600 V, 113 kWh kapacitás

Motor: 55 kW

A tetőre és a jármű oldalára telepített napelemek nem a járművet hajtják, hanem a 24 voltos rendszer akkumulátorait töltik (világítás, rádió, stb.).

Előnyök:

- Csendesebb üzem, nagyobb polgári elfogadottság kevesebb panaszbejelentés a zajra
- Kisebb üzemeltetési költség
- Nagyobb hazai beszállítói hányad >>munkahelyteremtés, megtartás

<sup>291</sup> Forrás: <http://www.autoszektor.hu/hu/content/elektromos-szemetszallito-autot-terveztek-unios-tamogatassal-debrecenben> 2015. augusztus 14.

<sup>292</sup> Forrás: <http://eng.unideb.hu/userdir/vmt2/index.php/hu/projektek.html>

<sup>293</sup> Forrás: [http://debrecen2.szuperinfo.hu/wp-content/blogs.dir/10/files/2014/10/DSZU\\_002\\_00\\_1010.pdf](http://debrecen2.szuperinfo.hu/wp-content/blogs.dir/10/files/2014/10/DSZU_002_00_1010.pdf)

## Elektromos robogó

Az elektromos robogók a jelenleg elterjedt belső égésű robogók helyét vehetik át, mivel kisebb zajjal járnak, és hasonló kényelmet biztosítanak, mint mai robogók. Sok esetben helyettesíthetik a személyautókat, könnyebben is parkolhatnak.

Hatótávjuk: 55-130 km

Fajlagos fogyasztásuk 25 km/h sebességnél: 13-21 Wh/km és 45 km/h sebességnél: 19-32 Wh/km<sup>294</sup>

Egy elektromos személyautó fajlagos fogyasztása: 0,17 kWh/km

Egy e-robogó fajlagos fogyasztása 0,032 kWh/km,

vagyis kb 1/5-e.



14.21 számú ábra: E-robogó és példa alkalmazására

A „Z Electric Vehicle” gyártó<sup>297</sup> tekint vissza a legnagyobb múltra az elektromos robogók területén, Magyarországon is forgalmazza az elektromos motorkerékpárjait, óriás robogókat is gyárt.

<sup>294</sup> Forrás: <http://www.qwic.nl/en-GB/product-compare.html>

<sup>295</sup> Forrás: <http://www.qwic.nl/en-GB/electric-bicycles/15-emoto-87-4p-li-ion.html>

<sup>296</sup> Forrás: [http://www.bmw-motorrad.com/com/en/index.html?content=http://www.bmw-motorrad.com/com/en/individual/news/2011/urban\\_mobility.jsp](http://www.bmw-motorrad.com/com/en/index.html?content=http://www.bmw-motorrad.com/com/en/individual/news/2011/urban_mobility.jsp)

<sup>297</sup> Forrás: <http://www.zelectricvehicle.com/>



Barcelona és Cagliari példája<sup>298</sup> alapján a BMW C Evolution tisztán elektromos óriásrobogója **alkalmas lehet a városi rendőrségi igények kielégítésére**. Köszönhetően a szabályozott 120 km/h végsebességű 8 kWh akkumulátorral szerelt, blokkolásgátlóval ellátott, több mint 100 km hatótávval és 3 órás hálózati töltési idővel megfelelhet többféle gyors helyszín elérést igénylő feladathoz is. Alkalmas az alacsony zajkibocsátás miatt például a belvárosi turistákkal gyakran látogatott részekre.

### Hibrid elektromos pénzszállító



14.22 számú ábra: Hibrid elektromos pénzszállító<sup>299</sup>

#### Előnyök:

- Csendesebb üzem
- A hatótáv növelő motor RNG (bio CNG) üzemű
- Megszűnik az alapjáratú füstterhelés a belvárosban
- Korai demonstrációs piac
- Lényegesen kisebb üzemeltetési költség

<sup>298</sup> Forrás: <https://goo.gl/2rYLND>

<sup>299</sup> Forrás: <http://gas2.org/wp-content/uploads/2015/08/plug-in-hybrid-natural-gas-armored-truck.jpg>

2015.08.14



#### 14.2.12 Időszakos és biztonsági áramforrásként is üzemeltethető, mobil erőmű

Egyes elektromos járművek is alkalmasak már ma is biztonsági áramforrásként való üzemre. Az akkumulátor kapacitása erejéig a nagy haszongépjármű REV járművek téli időszakban a városi villamos hálózatra felcsatlakozva akár a gázmotorok szerepét is betölthetik, - vagyis közép és hosszútávon időszakosan villamos energia termelési feladatokat is elláthatják. Elképzelhetőnek tartjuk, hogy a télen kényszerpihenőjüket töltő mezőgazdasági és építőipari nagygépek kiválthatnák a csak a megújuló energiaszegény december-február hónapokban üzemelő gázmotorokat. Gázmotorokat gazdaságosan üzemeltetni csak évi legkevesebb 3-4000 h/év mellett lehet, míg így a mezőgazdaságban télen a nagygépek jövedelemtermelő funkciót is betölthetnének. Erre az alkalmazási módra a cunami utáni Japánban is gondoltak hidrogénes üzemanyag cellás buszok esetében, illetve a BYD elektromos buszainál is -, igaz, csak mint tartalék áramforrás.

Másik ilyen korai piaca az „önjáró erőműveknek” vagyis a soros hibrid elektromos járművek áramforrásként való felhasználásának, az áramszolgáltatók kosaras darus kocsijai. Hiszen viharok után adódhat olyan helyzet, hogy egy felsővezeték szakaszt kell karbantartani és cserélni, és ezért órákra megszűnik az áramellátás egy-egy utcában. Erre a helyzetre is megoldást nyújtanak ezek a járművek, hiszen képesek lehetnek néhány házat árammal ellátni, amíg a javítás tart. Az amerikai Pacific Gas & Electric (PG&E) óriás energiaszolgáltató vállalatnál a transzformátorok cseréjekor is ilyen megoldást használnak. A 100% megújuló energiára való áttéréskor is szükséges az elavult alacsony hatásfokú transzformátorok cseréje. A városi energiaellátó rendszerben a transzformátorok üzeméről tájékoztató IKT eszközök telepítése, a szélessávú adatkapcsolatra való alkalmassá tételük, vagyis a villamos hálózaton keresztüli kommunikáció (Power-line communication) kiépítésekor is kifizetődő lehet az „önjáró erőművek” használata.

Vihar utáni favágási munkákat is lehet elektromos láncfűrészsel végezni (léteznek nagy teljesítményű elektromos láncfűrészek is), ami szintén kisebb költséget és zajt jelent, hiszen a járművön adott a bőséges villamosenergia ellátás.



14.23 számú ábra: Időszakos vagy tartalék áramforrásként is üzemeltethető E-REV haszongépjármű<sup>300</sup>

<sup>300</sup> Forrás: <http://www.inventev.com>

### 14.3 Közösségi autómegosztó rendszer

A rendszer lényege, hogy díjért cserébe városszerte autókat lehet bérelni, majd használat után leadni. Jelenleg a BKK is vizsgálja ennek bevezetését Budapesten. Előrejelzések szerint a közösségi autómegosztó rendszerek elterjedésében világszinten évi 36%-os bővülésre számítanak 2020-ig.<sup>301</sup>

Kiknek javasolják, kik lehetnek a potenciális felhasználók?

- Elsősorban az alkalmi autóhasználók számára javasolt.
  - o átutazóban lévő emberek (munka, egyebek) részére a közösségi autó jó kiegészítője a szoros időgazdálkodásnak
  - o a helyieknek időszakos használatra (pl. költözés, betegszállítás, bútorszállítás stb.)
- Másodsorban azoknak, akiknek kevesebb, mint 8000-10000 km/év a jellemző gépkocsi használata.
- Ezen kívül fontos célcsoportnak számítanak még azok, akiknek nagy anyagi terhet jelent a saját gépjárművek fenntartása (pl. a pályakezdő fiatalok vagy a kisnyugdíjasok).

#### Előnyei:





- Elektromos járművek esetén a városi energiaellátó rendszer részeként átmeneti villamos energia tárolóként használhatóak a járművek (Vehicle to grid (V2G) – jármű a hálózatra)
- Kevesebb parkoló hely igény adódik a városokban
- A kisebb káros anyag és zaj kibocsátású járművek aránya növekszik a városban
- Nyertes-nyertes helyzet az igénybe vevő lakosok és városvezetés szempontjából
- Turizmus élénkítő hatású

#### Hátránya:

- Nagyon kis flotta mellett nehéz gazdaságos működési modellt találni.

---

<sup>301</sup> Forrás: <http://www.uioenergi.uio.no/english/research/news-and-events/news/2015/car-sharing-greens-the-city.html> 2015. augusztus 20.

MODELLEK			
Modell	Jármű típus	Árak	Egyéb információk
<b>Stadtmobil</b>	Több mint 40 típus érhető el, elektromos autója: Electro Fiat 500	Idő, km, illetve autótípus alapú. Az autótípus kategóriákra van osztva (A - személygépjárművek-től F - tehergépjárművek-ig). Jelenlegi díjai: 1,4 - 4,2 €/h plusz 0,18-0,33 €/km <u>Minta ár:</u> 1 nap és 100 km-es használat után kisebb személygépjárműre: 50 €	1999 óta üzemel. Németországban az alábbi városokban érhető el: Hannover, Berlin, Rhein-Ruhr, Rhein-Main, Rhein-Neckar, Karlsruhe, Stuttgart 
<b>Autolib</b>	Elektromos autó típusok: BMW i3, Nissan Leaf, Mitsubishi i-MiEV, Opel Ampera, Renault Fluence Z.E., Renault Kangoo Z.E., Renault Twizy, Renault Zoe, Toyota Prius Plug-in Hybrid, Smart ED, Peugeot iOn, Citroen C-Zero	Regisztrációs díjat számítanak fel: 10 Euro/nap 15 Euro/hét 132 Euro/év (egy személy) 144 Euro/év (család) <u>Minta ár:</u> Első fél óra 5 Euro, következő szintén, azt követő 30 perc szintén 5 euro. Baleset esetén plusz 200 Euro-t számítanak fel.	Egy sikeresen működő kerékpár megosztó szolgáltatás (Velib' 2007 óta) továbbfejlesztéseként hozták létre az Autolib rendszert, mely 2011 óta elérhető Párizsban, 2013 óta Lyon-ban, 2014 óta Bordeaux-ban. 2014 júliusában 2500 elektromos autóval rendelkeztek, és több mint 155000 regisztrált felhasználóval. Több mint 4000 elektromos feltöltő pontjuk van Párizsban. Továbbá Londonban és Indianapolis-ban tervezik bevezetését. 
<b>Flinkster</b>	Jellemzően Alfa Mito (ez a jármű beszerezhető gyári CNG motorral is) Tisztán elektromos járművek is bérelhetők (Grazban és Salzburgban).	Jelenlegi díjai: 1,5-2,3 €/h plusz 0,18 €/km <u>Minta ár:</u> 1 nap és 100 km-es használat után: 40€ Regisztrációs díjat és havi díjat nem számítanak fel.	A német Deutsche Bahn, azaz a német vasúttársaság és a Deutsche Telecom által alapított autómegosztó szolgáltatás. Ezt a rendszert 2009-ben alapították. A német tesztoldalak értékelése szerint a legjobbak közé tartozik. A szolgáltatások fejlettsége elérte azt a szintet, hogy minimálisak a különbségek a nagyobb társaságok ajánlatai és szolgáltatásai között. 
<b>Volkswagen Quicar</b>	VW Golf VI Bluetec	Jelenlegi díjai: az első fél óra 6 € utána 0,20 € percnként. Több, mint 15 perc késedelmes visszavitelért 50 €-t számítanak fel <u>Minta ár:</u> 1 nap és 100 km-es használat: 40€ Regisztrációs díj 25 €, diákoknak 15 €, havi díjat nem számítanak fel.	A Zalaegerszegre javasolt RNG-alapú (Renewable Natural Gas, azaz bio CNG) autómegosztó rendszerhez ez a gyártó és rendszer tűnik legkönnyebben illeszhetőnek. Érett kidolgozott rendszernek tekinthető. Egy német rangos tesztmagazin e tárgyban vizsgálódó 2012 évi tesztjében a legjobb rendszernek jelölte meg. Mai tesztekben is az elsők között végez. Ezt a rendszert is 2009 alapították, Hannoverben működik. 

14.4 számú táblázat: Különböző közösségi modellek összehasonlító táblázata



### Car2Go és DriveNow rendszerek

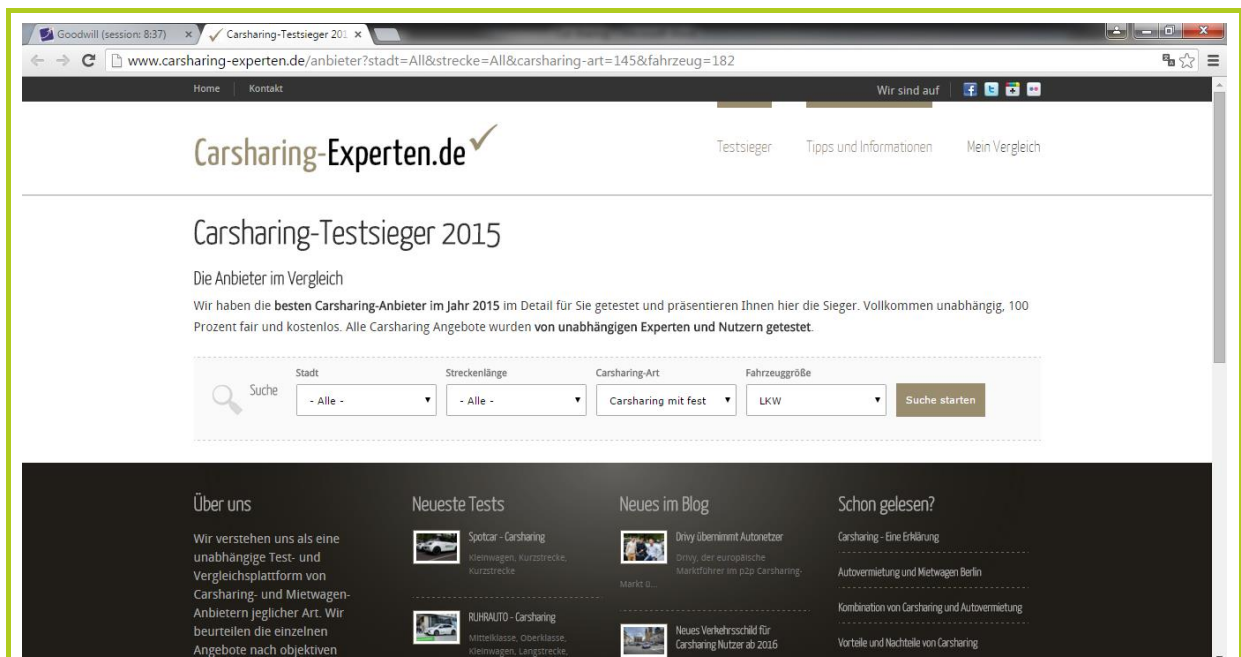
A korábbi táblázatban bemutatott különböző típusú modelleken kívül léteznek az OEM (Original Equipment Manufacturer) - vagyis az eredeti gyártók – finanszírozásával/bevonásával megvalósult közösségi autómegosztó rendszerek is. Ezek közül a Volkswagen közreműködésével létrejött Quicar és a Mercedes féle Car2Go és Citroën Multicity, valamint a BMW-s DriveNow a legismertebbek. Az OEM rendszerek között több nagy világvárosban már a piaci verseny is kialakult.

<sup>302</sup> Forrás: <https://www.flinkster.de/kundenbuchung/process.php?proc=stadttauswahl>

2015. augusztus 20.

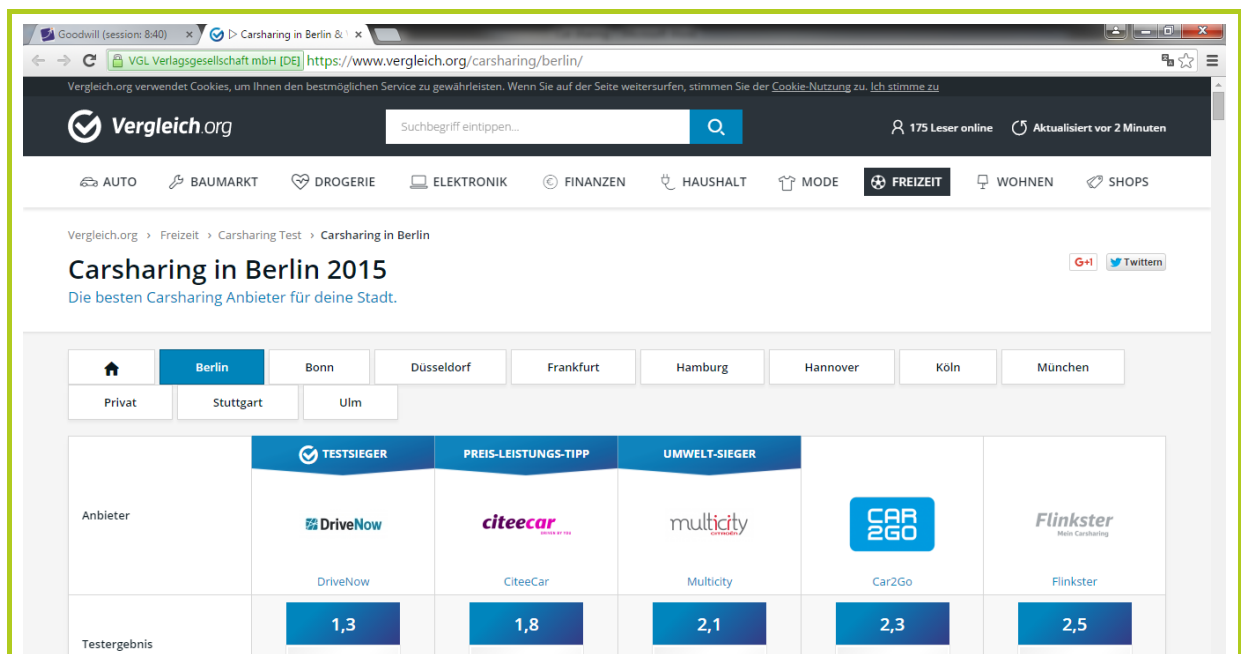


A különböző autómegosztó rendszerek összehasonlítása a következő oldalon lehetséges:



14.25 számú ábra: <http://www.carsharing-experten.de/anbieter?stadt=All&strecke=All&carsharing-art=145&fahrzeug=182>

vagy



14.26 számú ábra: <https://www.vergleich.org/carsharing/> (itt a friss árak is szerepelnek)



## Okostelefon alkalmazás



Középtávon a mobiltelefonokba/okos telefonokba épített ún. NFC alapú azonosítás és díjfizetési rendszert látjuk esélyesnek, mivel így nem kell külön kártyát beszerezniük a felhasználóknak, és nem utolsó sorban költségelőnyt is jelent. Ilyen rendszert fejleszt a Continental „Virtual Key” néven.<sup>304</sup>

### Javaslat Zalaegerszegre

**Zalaegerszegre 5 év távlatában a RNG (Renewable Natural Gas) vagyis Bio-CNG alapú autómegosztó rendszernek lehet jelentősége, amennyiben sikerül valamely autó gyártót megnyerni a projekt számára, mint befektetőt. Ezzel a projekttel minden bizonnyal világelső lenne Zalaegerszeg, ami turisztikai attrakciót is maga után vonzana.**

Itt is érvényesülne nyertes-nyertes pozíció, hiszen a polgárok örömmel használnának egy olcsóbb üzemanyagú járművet még úgy is, ha megkötés lenne, hogy csak a kijelölt városi RNG töltő állomást használhatják; a város pedig bevételhez jutna a földgáz alapú CNG árhoz közeli áron értékesített olcsóbb komprimált biometánnal.

<sup>303</sup> Forrás:2015. október <http://www.nfc-ready.eu/20130402800/800-continental-tests-nfc-access-for-electric-vehicle-car-sharing-fleet.html>

<sup>304</sup> Forrás: [http://www.continental-corporation.com/www/pressportal.com/en/themes/press\\_releases/3\\_automotive\\_group/interior/press\\_releases/pr\\_2015\\_03\\_12\\_jointventure\\_en.html](http://www.continental-corporation.com/www/pressportal.com/en/themes/press_releases/3_automotive_group/interior/press_releases/pr_2015_03_12_jointventure_en.html)

A közösségi autókölcsönző a várható új nemzetközi intermodális csomópontnál, a közösségi töltőállomás pedig szennyvíztelep közelében kaphatna helyet, melyek nem esnek messze egymástól.

Megfelelő ár és parkolási kedvezmény rendszer kialakításával elérhető, hogy a közösségi autómegosztó rendszer ne váljon a tömegközlekedési rendszer riválisává. Ugyanakkor kedvezményekkel biztosítva vonzó maradjon a turisták és a helyi lakosok számára.

Zalaegerszeg számára a klasszikus ahonnan hoztam, oda viszem közösségi autókölcsönző modellt javasoljuk a kisebb beruházási költségek miatt. Így a helyhez kötött tőke hányad kisebb marad, ami segítheti banki források bevonását. Tapasztalatok szerint a különböző hitel konstrukciók esetében a pénzintézetek –az alacsonyabb kockázat miatt- előnyben részesítik azokat a projekteket, amiben a nem helyhez kötött hányad a nagyobbik rész. A zalaegerszegi autómegosztó rendszert kezdeti fázisban 1-2 járművel javasoljuk bevezetni.

#### Elektromos járműveket használó OEM közösségi autómegosztó rendszerek:

Tisztán elektromos járművekre (BEV) alapuló autógyártói közreműködéssel (OEM) létrejött közösségi autómegosztó rendszerek közül a BMW kötődésű DriveNow-e-t említhetjük meg, amely tisztán elektromos típusokat is kínál. Koppenhágában 2015 szeptemberétől 400 db BMW i3 járműből álló flottát alakítottak ki. Az intermodális csomópontok közelében kapnak helyet, így segítve a város levegő és életminőség javító céljait.

Bár ez a közösségi autómegosztó rendszer annyiban nem illik az eddig említett rendszerek közé, hogy itt a célzott közönség a prémium kategória. Azok tartoznak ide, akik nem azért nem tartanak autót, mert anyagi körülményeik nem engednék, hanem mert számukra már nem státusz szimbólum a gépjármű.

Továbbiak megjelenése is hamarosan várható, hiszen a városi használatú nem közösségi autókölcsönzők kínálatában is elérhetőek már a tisztán elektromos járművek. Nyugat Európában több üzleti autókölcsönző már csak tisztán elektromos autókat kínál a luxuskategóriástól a kisautóig bezárólag.

## 14.4 Repce, mint bioüzemanyag

A bioüzemanyagok és a bioüzemanyag alapú járművek nagy kihívója a földre telepített naperómű és az elektromos közlekedés. **A népszerű repce esetén 1000 MWh éves energia megtermeléséhez 88,5 hektárnyi területre, míg naperómű esetén ugyanehhez 0,83 hektárra van szükség.** A naperómű tehát körülbelül százszor kisebb területen termel ugyanannyi energiát, mint a repce! Ha egy focipályányi területet vetünk be repccével (~0,75 ha), akkor ~8,5 MWh éves energiatermeléssel számolhatunk, míg egy focipályányi méretű naperómű esetén ez ~900 MWh-nak adódik éves szinten. A naperómű esetében ezek az értékek a kelet-nyugati telepítésre vonatkoznak.

Kiemelendő, hogy a naperóművek a széleróművekkel is jól kombinálhatók, hiszen a területhasználatuk nem üti egymást.

A közlekedéssel megtehető kilométerek összehasonlítását tartalmazza a következő táblázat, a közlekedés üzemanyagaként szolgáló termelők szerinti bontásban. Ebből is látható, hogy ilyen célokra a naperómű a legjobb választás.

Technológia <sup>305</sup>	Megtehető út (10000 km/ha)
Bioetanol (kukorica, búza)	0,52
Biodízel (repce)	1,01
Villamos energia fából	1,6
Villamos energia szélenergiából	130
Villamos energia naperóműből	433

14.5 számú táblázat: Közlekedéssel megtehető kilométerek száma különböző üzemanyagok szerinti bontásban

A repce termesztésével további problémaként jelentkezik a csapadékfüggőség, ebben a tekintetben a sokéves átlagot figyelembe véve nem jók a kilátások. A termesztés nagyban függ a talaj minőségétől, míg a naperómű olyan helyszínekre is telepíthető, ahol a talaj minősége gazdálkodásra alkalmatlan.

Kibúvóként, átmeneti időben rövidtávon jó megoldás (például vetésváltásban a búza vagy árpa kiegészítéseként) lehet. Azonban például az ausztriai Güssingben sem tudták elérni azt a gazdaságosságot, hogy működőképes legyen az üzemeltetés, mert a költségek optimalizálásához hatalmas méretű üzemre lett volna szükség. Ez azonban a tüzelőanyag beszállításának távolsága miatt újabb kérdéseket vet fel, amelyeket Zalaegerszeg esetében nem szeretnénk tárgyalni.

<sup>305</sup> Benders, R. M. J. – Dijkman, T.J. 2010: Comparison of renewable fuels based on their land use energy densities – Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2010. 14. pp. 3148-3155



14.28 számú ábra: Repce ültetvény (balra) és a gépesített betakarítás (jobbra)

Teljes életciklusra vetítve a napelemes rendszerek munkahely-teremtési potenciálja nagyobb a bioüzemanyagok által teremtett munkahelyek számánál, azonban azt is érdemes figyelembe venni, hogy ezek a fajlagos értékek kihagyják a képletből az egyes technológiák területigényét. A napelemek ebben az összevetésben is lényegesen jobb mutatókkal rendelkeznek.

	Munkahelyteremtés <sup>306</sup>	Hozam	Területre eső munkahely (munkahely/hektár)
<b>Bioüzemanyag (repce)</b>	6,5 db/1000 t/év	5 t/ha/év	~ 1
<b>Naperőmű<sup>307</sup></b>	18,2 db/MW	1200 MWh/ha/év	~ 22

14.6 számú táblázat: Megújuló munkahelyteremtése

<sup>306</sup> Meyer, I. – Sommer, M. W. 2014: Employment effects of renewable energy supply – A meta analysis. Policy Paper no. 12. – European Union. 2014. 39. p.

<sup>307</sup> A lehető legkorszerűbb elrendezés és kelet-nyugati telepítés esetén

## 14.5 Bioetanol, mint üzemanyag

A bioetanol alapú közlekedés koncepciója számos ponton elavult, hiszen a jövő kihívásai mellett már a jelen által szabott feltételeknek sem tud megfelelni. Az ültetvények hatalmas területigénye mellett az alapanyagul szolgáló termények (kukorica, búza stb.) az élelmiszertermelés elől veszik el az értékes földterületeket. **Ezekből a területekből Zalaegerszeg sem bővelkedik, ezért a mezőgazdasági célú termőterületek bioetanol alapanyag termesztésére való hasznosítását nem javasoljuk!**

A bioüzemanyagok legnagyobb és legkorszerűbb kihívójaként számon tartott naperóműveket a *Repce, mint bioüzemanyag* és a *Napenergia, mint a stratégia kulcsenergiaforrása* című fejezetekben is ismertetjük, ezért ezekre ebben a fejezetben nem térünk ki.

A biodízzel ellentétben a bioetanol alapanyagául szolgáló termények nagytöbbsége élelmiszerként is hasznosítható. További problémát jelent, hogy a teljes energiaciklus rendkívül veszteséges, valamint, hogy az egységnyi bioetanol előállításához felhasznált energia jelentősen meghaladja a napelemekhez felhasznált energia mértékét. Ez azt jelenti, hogy a napelemek energetikai megtérülési ideje (energy payback time) lényegesen rövidebb.



Pontos adatok szerint a bioetanol előállításakor minden egyes kWh előállított energiához 0,64 - 0,84 kWh energia szükséges, azonban a kinyert energiát csak egyszer tudjuk felhasználni.<sup>308</sup> A naperóművek esetében a gyártáshoz és a telepítéshez befektetett energia csak egyszer jelentkezik, azonban a kinyert energiát (30 éves élettartammal számolva) sokáig ki tudjuk használni, így az energetikai megtérülés is korábban várható. A korszerű napelemes

<sup>308</sup> Kraatz, S. et al. 2013: Energy intensity and global warming potential of corn grain ethanol production in Wisconsin (USA) – Food and Energy Security. 2013. 2 (3). pp. 207-219



rendszerek esetében az energetikai megtérülés ideális (déli) telepítés esetén 0,8 - 1 év körül alakul, de az általunk javasolt (legjobb terület-kihasználású) kelet-nyugati telepítés esetén sem haladja meg a 1,5 évet.<sup>309</sup>

**Ezen kívül fontos megemlíteni, hogy a bioetanol alapú közlekedés a város, így Zalaegerszeg napi szintű energiátárolásában sem tud részt venni.** Ezzel szemben az elektromos közlekedésben résztvevő járművek rendkívül fontos szerepet töltenek majd be a jövő megújuló alapú energiarendszerében (Vehicle-to-grid, Grid-to-Vehicle stb.).

A bioetanol ültetvények és a naperőművek tájékoztató jellegű munkahely-teremtési potenciálját a következő táblázat tartalmazza:

	Munkahelyteremtés <sup>310</sup>	Hozam	Területre eső munkahely (munkahely/hektár)
<b>Bioüzemanyag (kukorica)</b>	6,5 db/1000 t/év	5 t/ha/év	~ 1
<b>Naperőmű<sup>311</sup></b>	18,2 db/MW	1200 MWh/ha/év	~ 22

14.7. számú táblázat: Munkahelyteremtés összehasonlítása

<sup>309</sup> Wild-Scholten de, M.J. (Marsika) 2013: Energy payback time and carbon footprint of commercial photovoltaic systems – Solar Energy Materials & Solar Cells. 2013. 119. pp. 296-305

<sup>310</sup> Meyer, I. – Sommer, M. W. 2014: Employment effects of renewable energy supply – A meta analysis. Policy Paper no. 12. – European Union. 2014. 39. p.

<sup>311</sup> A lehető legkorszerűbb elrendezés és kelet-nyugati telepítés esetén

## 15. Gazdaságfejlesztés energetikai vonatkozásai

### 15.1 A megújuló energiaforrások munkahelyteremtése

A megújuló energiaforrások munkahelyteremtő hatása nemzetközi szinten igen jelentős. A legnagyobb foglalkoztatás a megújulóenergia-termeléshez szükséges berendezések, azok alkatrészeinek gyártásához illetve a különböző eszközök összeszereléséhez kapcsolódik.

Az energiahatékonyság (0,38 munkahely/GWh/év), a napelemek (0,87), a bioüzemanyagok (0,21), a szélenergia (0,17), míg a gázüzemű erőművek esetében (0,11) jelentősen eltérő értékeket tapasztalni. Egy másik érdekes aspektusa a kérdésnek, hogy a megújuló energia szektor főként a képzett munkaerőnek tud megélhetést biztosítani és 6 munkahelyből 5 esetében helyi munkaerőt foglalkoztatnak (EU, 2015).<sup>312</sup> Az Európai Unió célja, hogy támogassa az olyan szakemberek képzését, akik képesek helytállni ezekben a pozíciókban.

A Spanyolországi Szélenergia Ügynökség (AEE) is részletesen megvizsgálta a foglalkoztatási szerkezetet, és arra az eredményre jutottak, hogy az újonnan foglalkoztatott létszám 30 százaléka a gyártó cégeknél, 34 százaléka az összeszerelő és a felépítő üzemeknél, míg 27 százaléka a tervező irodákban és a marketing ügynökségekben, valamint 9 százaléka olyan területeken jött létre, mint az üzemanyag előállítás vagy a karbantartás munkálatok. (AEE, 2008).

	Közvetlen munkahelyek száma	Közvetett munkahelyek száma	Munkahelyek száma összesen
Szélenergia	8 825	8 175	15 000
Kisvízi erőművek	1 475	3 225	4 700
Napelem	14 500	0	14 500
Egyéb	6 278	7 722	16 000
<b>Összesen</b>	<b>3 178</b>	<b>1 922</b>	<b>5 000</b>

15.1 számú táblázat: A megújuló energia-iparban létrejövő munkahelyek száma Spanyolországban 2008-ig<sup>313</sup>

Különböző előrejelzések szerint vélhetően a biomassza szerepe tovább fog erősödni 2020-ra, ebből következik, hogy 2030-ra az alapanyag-előállítás kapcsán létrejövő új munkahelyek közel 50 százalékát fogja kitenni.

<sup>312</sup> Forrás: EU, 2015: Changing the future of energy: Civil society as a main player in renewable energy generation – European Union. EESC-2014-04780-00-0204-TCD-TRA. 2015.

<sup>313</sup> Forrás: Calzada Álvarez et. al., 2009, 25-26.o.

Az EPIA (European Photovoltaic Industry Association) adatai szerint 2012-ben a napenergia szektor 1,3 millió munkahellyel rendelkezett világszerte, ez az érték 10 éven belül 1,8 millióra növekedhet.<sup>314</sup>

Az Amerikai Nemzeti Megújuló Energia Laboratórium (NREL) jelentése szerint a § 1693 állami támogatási program keretében megvalósult megújuló projektek során elemezték a munkahelyteremtő és gazdaságélénkítő hatásokat is. Becslésük szerint a napenergiával kapcsolatos beruházások átlagosan 33-39 munkahelyet teremtettek éves szinten egy MW beépített teljesítményre vetítve.<sup>315</sup>

Az EWEA szerint az európai szélenergia szektorban 2010-ben összesen több mint 230 ezer munkahely volt, ami 30%-os növekedés a 2007-es értékhez képest. Az EWEA adataiból az is kiderül, hogy 2020-ra a szélenergia szektorban foglalkoztatottak száma az 520 ezret, míg 2030-ra a 800 ezret is elérheti Európában. Utóbbi érték 62%-áért az offshore szektor lesz felelős.<sup>316</sup>

THOLLANDER, P. – PALM, J. (2013) tanulmányából kiderül, hogy 1 MW beépített teljesítménynek megfelelő szélenergia karbantartása éves szinten 9500 munkaórát igényel, míg ugyan ez az érték 1 MW naperőmű esetében 69650 óra.<sup>317</sup>

A GWEC (Global Wind Energy Council) tanulmánya szerint a szélenergia szektor globális foglalkoztatottsága 14 munkahely-év/MW a gyártás, alkatrészellátás, szélfarm kialakítás, szállítás stb. területén és 0,33 munkahely-év/MW a karbantartási és üzemeltetési területen. Habár az előbbi érték a hatékonyság javulásának és a magasabb fokú automatizáltságnak köszönhetően 2020-ra 13, majd 2030-ra 12 munkahely-év/MW.

**Három tanulmány összevetésével megállapítottuk, hogy a napelemek gyártásával kapcsolatos tevékenység 6,25-7,73 munkahelyet teremt egy MWp teljesítményre vetítve.**

A DG TREN elemzése szerint a megújulóenergia-szektorban keletkező munkahelyek átlagosan két-harmada a kis-és középvállalkozások szektorát érinti.<sup>318</sup>

---

<sup>314</sup> Forrás: EPIA. Job creation - fact sheet; 2012

<sup>315</sup> Forrás: STEINBERG, D. ET AL. 2012: Steinberg, D. – Porro, G. - Goldberg, M. – Preliminary analysis of the jobs and economic impacts of renewable energy projects supported by the § 1603 treasury grant program preliminary analysis of the jobs and economic impacts of renewable energy projects supported by the § 1603 treasury grant pro; 2012.

<sup>316</sup> Forrás: EWEA, 2012: Green growth: the impact of wind energy on jobs and the economy – European Wind Energy Association. 2012.

<sup>317</sup> Forrás: THOLLANDER, P. – PALM, J., 2013: Thollander, P. – Palm, J. – Improving energy efficiency in industrial energy systems: an interdisciplinary perspective in barriers, energy audits, energy management, policies, and programs – Springer. London. 2013.

<sup>318</sup> Forrás: DG TREN (1999): Meeting the Targets and Putting Renewables to Work 2008, Monitoring and Modelling Initiative on the Targets for Renewable Energy – MITRE, Brüsszel

A szigetelési munkálatok, a nyílászárók cseréje, a fűtési rendszerek korszerűsítése tipikusan helyi munkaerőt igényel. Az Egyesült Államokban tizenhét-szer több munkahelyet adnak az előbbi szakmák, mint a megújuló energia-szektor. A jelenlegi közel 8,5 millió főről becslések szerint 2030-ra akár 30 millió főre is növekedhet az energiahatékonysági szektoron belüli foglalkoztatottság.<sup>319</sup>.

Az EWEA egyik elemzése alapján jelentős eltérések mutatkoznak az energetika különböző szektoraiban a munkaerő kereslete és kínálata között. Elsősorban mennyiségi hiányosságokról számolnak be az európai szereplők. Mind a magasan képzett K+F szakértők, a tervezők, a szakképzettséggel vagy középfokú végzettséggel rendelkezők, mind a kivitelezési, a karbantartási munkálatokért felelő munkaerőben komoly hiány van. Emellett kevés a gazdasági ismeretekkel rendelkező projektvezető vagy az engedélyeztetési folyamatokhoz értő jogász is. A megújuló energiával foglalkozó iparágak tehát rövidtávon fellendítik, egy adott térség felsőoktatási képzését hosszútávon fenntarthatóvá teszi azt, ráadásul stabil munkahelyeket teremt mind a kékgalléros mind a fehérgalléros munkavállalók részére.

Bezdek egy korábbi, 2007-es elemzésében részletesen bemutatta az ésszerű energiafogyasztással kapcsolatos tevékenységek által létrehozott munkahelyek számát.

---

<sup>319</sup> Forrás: BEZDEK, R. (2009): Green Collar Jobs in the U.S. and Colorado, American Solar Energy Society, Boulder, Colorado

	Közvetlen munkahelyek száma	Munkahelyek száma összesen (közvetlenül és közvetve együtt)
Szigetelés	26 000	60 000
ESCO	19 000	44 000
Újrahasznosítás	1 310 000	3 013 000
Járműgyártás	165 000	380 000
Háztartási berendezések és világítás	86 000	198 000
Nyílászárók	51 000	117 000
Számítógépek, fénymásolók és faxgépek	312 000	718 000
TV, videó, audió rendszerek	183 000	421 000
Légkondicionáló berendezések	45 000	104 000
Ipari gépek	76 000	175 000
Egyéb tartós berendezések gyártása	389 000	894 000
Nem-tartós fogyasztási cikkek gyártása	528 000	1 214 000
Eszközök	14 000	32 000
Kivitelezés	227 000	522 000
<b>Összesen - Privát szektor</b>	<b>3 431 000</b>	<b>7 892 000</b>
Szövetségi kormányzat	15 000	35 000
Állami kormányzatok	28 000	64 000
Helyi kormányzatok	21 000	48 000
<b>Összesen - Közigazgatás</b>	<b>64 000</b>	<b>147 000</b>
Szakszervezetek, szakmai szervezetek, NGOk	3 000	7 000
<b>Mindösszesen</b>	<b>3 498 000</b>	<b>8 046 000</b>

15.2 számú táblázat: Az energiahatékonysági szektor által foglalkoztatottak száma az Amerikai Egyesült Államokban 2006-ban<sup>320</sup>

A különböző megújuló energia-technológiák külkereskedelmi mérlege is jelentősen befolyásolja a foglalkoztatás alakulását. A gyártási és az összeszerelési fázis a leginkább munkaerő-igényes a megújuló energia-technológiák esetében, így a hazai igényeket meghaladó, exportra történő termelés újabb munkahelyeket képes teremteni. Természetesen az ezzel kapcsolatos előrejelzéseket óvatosan kell kezelni, hiszen az exportra történő termelés esetében a külföldi keresletet, más országok kínálatát, árszerkezetét is figyelembe kell venni. Ezen kívül a hazai gyártókapacitásokat és az otthoni kereslet alakulását is számításba kell venni az export orientált termelés kapcsán.

<sup>320</sup> Forrás: BEZDEK, R. (2007): Economic and Jobs Impacts of the Renewable Energy and Energy Efficiency Industries: U.S. and Ohio, Roger H. Bezdek of Management Information Services Inc. for American Solar Energy Society, 2007.



A Coloradói Egyetem kutatói számításai alapján a nemzetközi piacra szánt megújuló energia-berendezések gyártása tizenhatszor annyi munkahelyet teremtett, mint az Egyesült Államokon belüli használatra készített termékek gyártása.

A tervezési, a gyártási, a kivitelezési és karbantartási munkálatok színvonalas elvégzéséhez kulcsfontosságú a megújuló energia-technológiákkal kapcsolatos ismeretek elsajátítása. Az új technológiák gyors felfutása miatt számos ország már most szembesül a megfelelően képzett munkaerő hiányával. Első lépésként ezért szükséges a középiskolai és a felsőoktatás átalakítása, hogy megfelelő képzettségű ember álljon rendelkezésre a megújuló szektor számára.

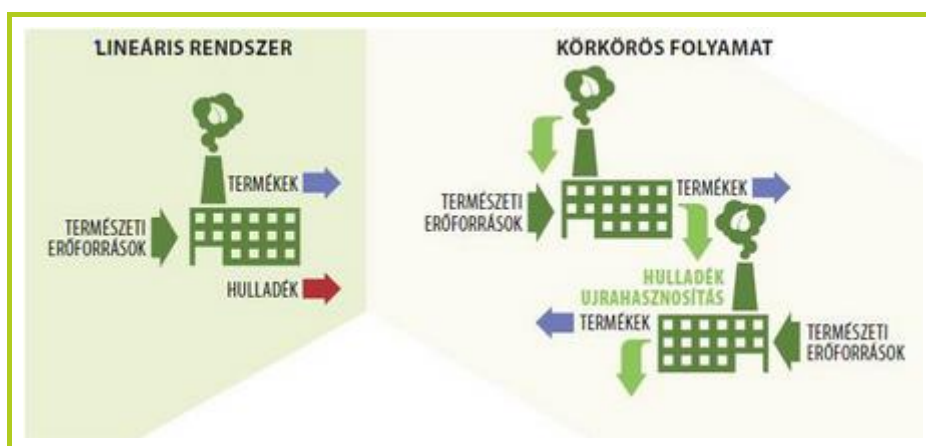
További fontos aspektus, hogy a hagyományos, leértékelődő iparágakból elbocsátott munkaerő számára is új munkalehetőséget kínál ez a dinamikusan fejlődő szektor. Ezeket a munkavállalókat megfelelő átképzések segítségével foglalkoztatni lehet a megújuló energia-szektorban is. Követendő példa lehet a Ruhr – vidék esete, ahol a gazdasági szerkezetváltás után megszűnt munkahelyet a munkavállalók folyamatos átképzésével szépen lassan sikerült visszapótolni és fenntarthatóvá tenni.

Összességében elmondható, hogy már napjainkban is több millió embert foglalkoztat a megújuló energia-szektor. Az energetikai rendszerek szükséges átalakulása, a megújulóknak jövőbeli még nagyobb térnyerése révén a fent említett szám dinamikus növekedésére lehet számítani a következő évtizedekben. A megújuló energiaforrások decentralizált felhasználásának előnye, hogy helyben van szükség a munkaerőre, tehát helyben jönnek létre hosszú időn keresztül fenntartható munkahelyek. Ez hozzájárulhat a vidék népességmegtartó képességéhez, az életszínvonal emelkedéséhez, hosszútávon pedig egy adott térség jövedelem és területi egyenlőtlenségeinek csökkentéséhez. A kisebb üzemek több munkahelyet tudnak teremteni, mint a hagyományos, fosszilis energiahordozókra épülő központosított erőművek. Ráadásul egy esetleges gazdasági visszaesés a megújuló energetikai iparágat sokkal kevésbé érinti, mint más iparágakat. **A megújuló energia-szektor vidéken több és fenntarthatóbb munkahelyeket tud biztosítani a munkavállalóknak, mint bármilyen más ágazat.**

**Zalaegerszeg esetében az értékesítési, tervezési, kivitelezési és karbantartási tevékenységek során keletkező munkahelyek kerülnek előtérbe, hiszen az egyes napelemek gyártása földrajzilag távol történik.** A jövőben a fenntartható munkahelyteremtés érdekében célszerű lenne a napelem gyártást is Zalaegerszegen letelepíteni. A napelemekre vonatkoztatva az egy MW-ra jutó munkahelyek (értékesítés, tervezés, kivitelezés, karbantartás) lényegesen meghaladja például a szélerőművek jellemző értékeit. A szélerőművek jellemzően nagy méretének és összetettségének köszönhetően a napelemekkel szemben a munkahelyek általában nem a telepítés helyén keletkeznek (kivételek alól a helyszín kialakítása, alapozás, szervizút burkolása, földkábelek fektetése és egyéb helyi infrastrukturális beruházások). A szélerőművek vonatkozásában ez helyi szakemberek képzésével (karbantartó, monitoringrendszer-kezelő, üzemeltető) elkerülhető.

## 15.2 Ipari szimbiózis

Az ipari ökológia leginkább a természetes ökoszisztémákban lévő körkörös folyamatokhoz hasonlít. Ennek lényege, hogy a természetben nincs hulladék, hiszen ami az egyik állatnak, növénynek hulladék az a másik élőlénynek értékes tápanyag lehet. Ennek megfelelően az ipari szimbiózis keretében különböző termelő vállalatok működnek együtt, az egyik gyár hulladékát, melléktermékét (pl.: hulladék hő) a másik gyár alapanyagként használja fel. A hulladékképződés így gyakorlatilag minimálisra csökken egy adott területen belül, valamint a résztvevők kevesebb újonnan a termelésbe bekapcsolódó nyersanyagot, energiát és vizet használnak fel, így a szállítási költségek igen alacsonnyá válnak. Például a faipar melléktermékeként keletkező fapellet esetében az ár 50-60%-át a szállítás teszi ki. A körforgás keretein belül működő vállalatok így versenyképesebbé válnak azon társaiknál, akik nem vesznek részt az ilyen jellegű folyamatban.



15.1 számú ábra: Az ipari szimbiózis általános folyamata<sup>321</sup>

### Ipari szimbiózis megoldások

- **Kalundborg**

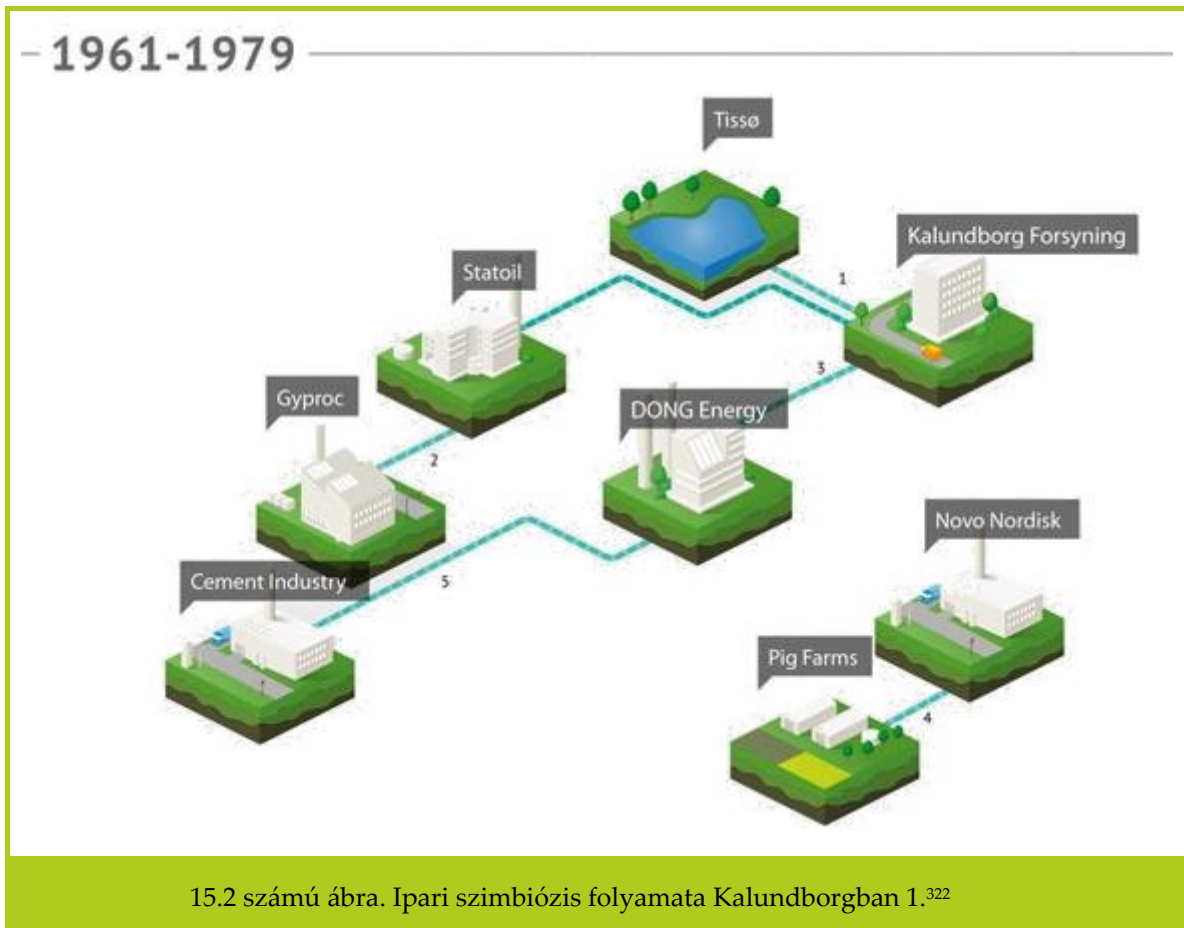
Az ipari szimbiózis legismertebb példája a dániai kalundborgi modell, mely az 1960-as évek elején kezdett el kialakulni és azóta is hatékonyan működik.

A modell a kőolaj-finomító és a villamos erőmű köré telepedett más jellegű létesítményekből alakult ki. Itt az erőműből származó gőzfelesleget a kőolaj-finomítóba, a gyógyszergyárba, valamint a város ellátására szolgáló központi fűtőműbe szállítják. A keletkezett hulladék hőt a pisztrángok nevelésére szolgáló halgazdaságban hasznosítják. Az erőmű melléktermékként 170 000 tonna pernyét termel évente, ezt cementgyártásra és útépítésre használják fel a helyi vállalatok. Ezen kívül az olajfinomító gázt szolgáltat a gipszkarton gyárba, amely az erőmű füstgáztisztításánál keletkező gipszet hasznosítja, míg a szomszédos kénsavgyárnak a

<sup>321</sup> Forrás: [http://vallalkozas.hulladekboltermek.hu/zold\\_vallalat/nisp/](http://vallalkozas.hulladekboltermek.hu/zold_vallalat/nisp/)

kénmentesítésből származó kén biztosítja. Az ipari szimbiózis hatására a kalundborgi vállalatok a 2000-es évek óta összesen 10 millió dollárt tudnak megspórolni egy adott évben.

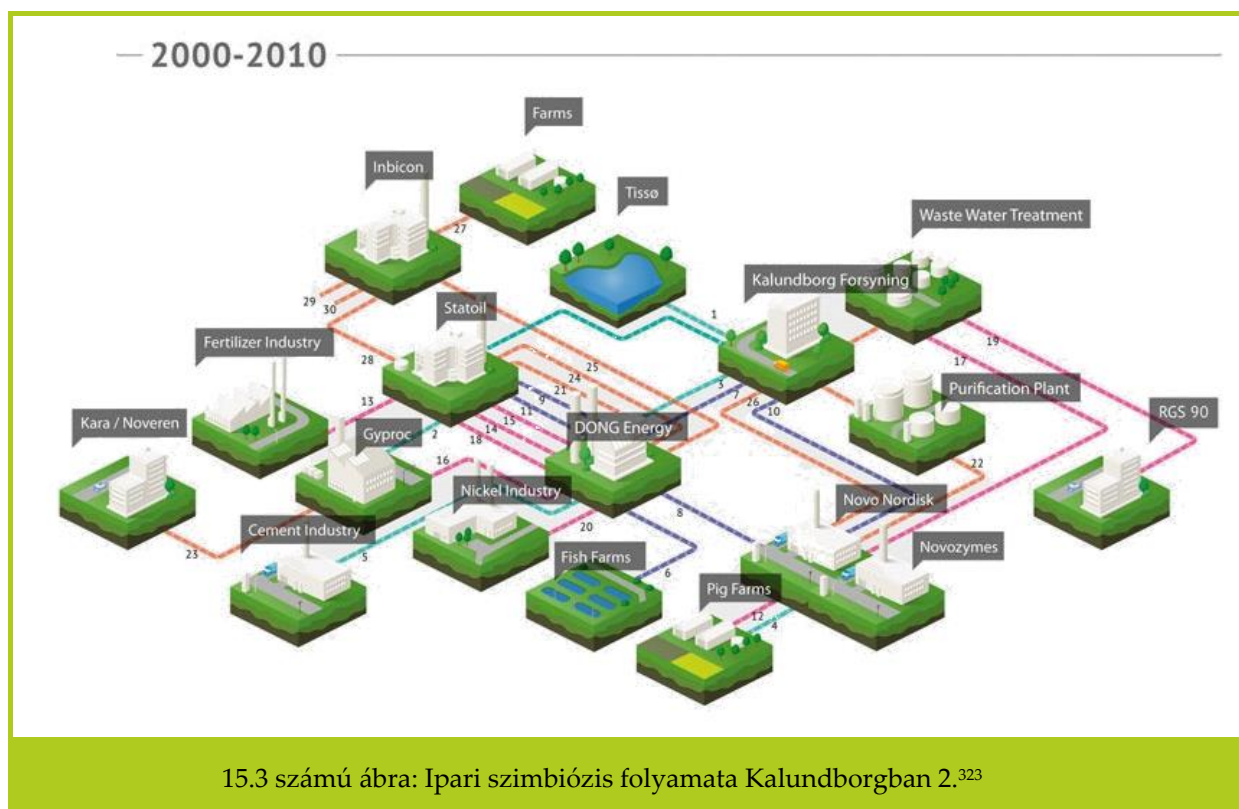
A kalundborgi modellben az 1960-as és az 1980-as évek között még csak egyes nagyvállalatok kezdtek el együttműködni egymással, de többségük csak egy, maximum kettő nagyvállalattal „élt szimbiózisban”.



1961 – 1979 között 5 távvezeték épült ki a városban az ipari szimbiózis keretein belül.

1990 – 2000 között egyre gyakoribb volt, hogy egy adott vállalat a lehető legtöbb városi vállalattal összekötötte vízvezeték és távfűtési rendszerét. Ezen kívül kiépült a cégek között az alapanyag szállítás rendszere is, a hatékonyabb anyagfelhasználás és a költségek csökkentése érdekében. A 2000-es évektől megjelentek a kisebb vállalatok, melyek már kimondottan a hatékonyabb anyagfelhasználás céljából települtek egy nagyobb vállalat mellé. Ezen kívül tovább fejlődött az ipari szimbiózis is, hiszen ma már szinte minden vállalat kapcsolatban áll egymással.

<sup>322</sup> Forrás: [http://www.ellenmacarthurfoundation.org/case\\_studies/kalundborg-symbiosis](http://www.ellenmacarthurfoundation.org/case_studies/kalundborg-symbiosis)



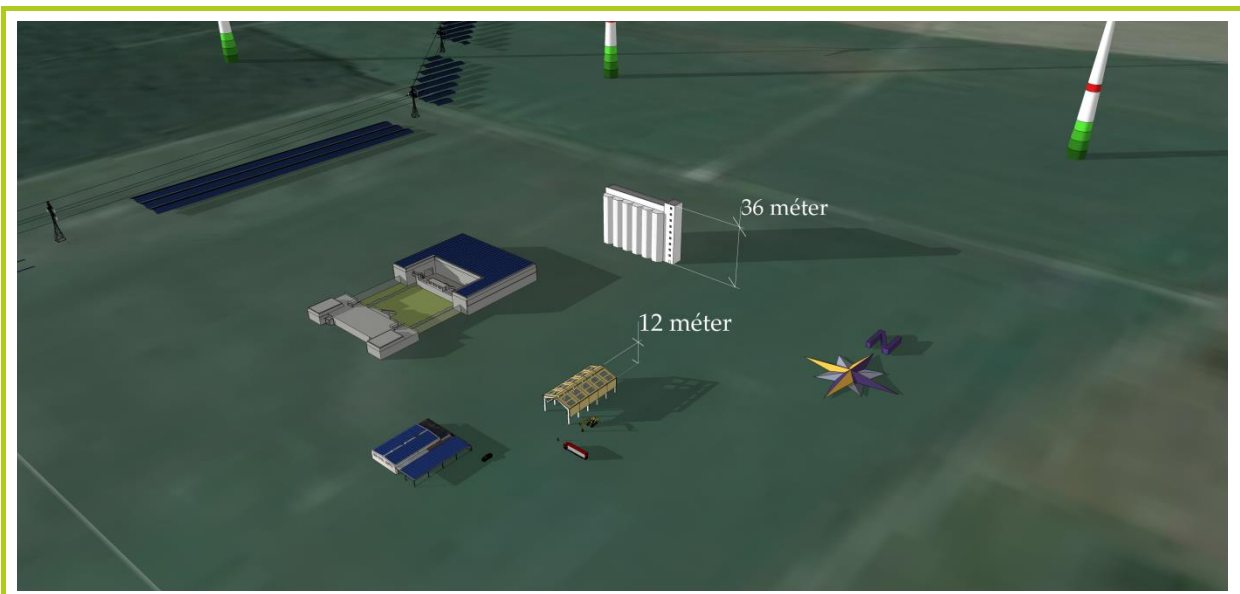
2010 után már 30 távvezeték kötötte össze az ipari szimbiózisban résztvevő vállalatokat.

A kalundborgi modell a különböző hulladék anyagok és energiák átadására épülő komplex hálózat, melyet nem tudatosan alakítottak ki, hanem több évtized során külső ösztönzők nélkül érte el jelenlegi állapotát. Az anyagok és az energia cseréje az érintett felek megállapodásán alapul. Ezek alapján az ipari szimbiózis bármilyen városban megvalósítható, ahol legalább néhány ipari tevékenységet folytató vállalat van. Fontos azonban kiemelni, hogy a fosszilis energiahordozón alapuló erőműveket, gyárakat napjainkban egyre inkább felváltják a megújuló energiahordozókra épülő létesítmények. Ennek következtében **a jövőben az ipari szimbiózis jó kiegészítője lehet a biomassza tüzelésű erőművek által előállított villamos energiának. Emellett szintén jó kiegészítője lehet az olyan anyagáramos erőműveknek, mint a geotermikus erőművek, ezek hőforrását pedig alternatív felhasználás formájában lehet a későbbiekben hasznosítani.**

Az ipari szimbiózis folyamata kezdetben önállóan, tudatos tervezés nélkül alakult, azonban egy idő után a tervezés elengedhetetlenné válik a további fejlődés érdekében. **Zalaegerszeg esetében fontos, hogy a meglévő nagyvállalatokat úgy bővítsék, illetve az új vállalatokat úgy telepítsék le, hogy a kisebb vállalatok a későbbiekben is melléjük tudjanak települni, felhasználva melléktermékeiket.** Ajánlott tágas közműalagutakat előre történő kiépítése, ezzel elősegítve a távvezetékek, csővezetékek későbbi kiépítését. Ezzel a megoldással a

<sup>323</sup> Forrás: [http://www.ellenmacarthurfoundation.org/case\\_studies/kalundborg-symbiosis](http://www.ellenmacarthurfoundation.org/case_studies/kalundborg-symbiosis)

későbbiekben el lehet kerülni a telekjogviszonnyal kapcsolatos szolgalmi vitákat, illetve a hosszadalmas bürokráciai folyamatokat is. Szintén fontos az ipari területek kialakításánál az elrendezés kérdése. A megújuló napenergiára alapuló ipari park esetében javasolt, hogy a magasabb épületek (pl 40 méternél magasabb létesítmények, mint pl terményszállító siló, vagy cement siló) kerüljenek északra. Ennek megfelelően az alacsonyabb átlagosan 8 méter magas csarnokokat célszerű az ipari terület déli részére telepíteni. A legjobb energia önellátás érdekében a csarnokok északi hossz tengelyével érhető el leginkább, hiszen így az alacsony hajlásszögű lemezfedések esetén (8-10 fok) a tető mindkét oldala energiatermelő lehet. A szabályos elrendezés hatására az épületek, létesítmények nem takarják el egymás elől a beérkező napenergiát.



15.4 számú ábra: A magasabb épületek az ipari park északi oldalán nem árnyékolják a többi épületet. A csarnokok lehetőség szerint É-D-i hossz tengelyben kerüljenek elhelyezésre.

- **Uimaharju Ipari Park**

Az Uimaharju Ipari Park egy kis finn település, az 5000 lakosú Eno közigazgatási határának szélén található Kelet-Finnországban. Az ipari park több mint 500 embernek ad munkát Enoban, ezzel pedig ő a legnagyobb foglalkoztató a településen belül.

Az 1950-es, 1960-as években az Uimaharju ipari területen még csak egy fűrésztelep volt, melynek a melléktermékét elégették fűtés céljából a telepen.

1967- 1991 között a fűrésztelep mellé egy malom, egy papírium és egy erőmű is települt a melléktermékek hasznosítására. A fűrésztelep faforgácsából biztosítják a cellulózüzem villamos energia, gőz és hőigényét. A városi CHP erőmű nem tudta kielégíteni egyszerre a lakosság és az ipari park fogyasztási igényét, ezért a településen kívüli fűrészüzemek melléktermékeit is felvásárolták a szükségletek fedezéséhez. A rendszeren kívülről egyedül a papírgyártó céghez a papírfehéítéshez szükséges vegyszerek és ipari gázok érkeztek.



1992 – 2013 között az ipari parkban települt le egy hamufeldolgozó üzem, egy szennyvíztisztító és egy gázerőmű. A régi üzemekkel együttműködve immár sikerült hasznosítani a hamut, a szennyvíz iszapot is. A legnagyobb sikere az ipari szimbiózisnak az, hogy zöld áramot tud eladni a helyi energiaszolgáltatóknak. Eno városán ugyanis keresztülfut az ipari park szennyvize, melyből az ide települt szennyvíztisztító elektromos áramot tud előállítani. Ráadásul immár nem minden fahulladékot használnak fel az ipari szimbiózis keretein belül, ezt értékesítve plusz bevételhez jut a város is.

Uimaharju ipari szimbiózisa kezdetben önszerveződő volt, legfőbb célja a gazdasági hatékonyság megteremtése volt. Később politikai intézkedésekkel - adókedvezményt kaptak az ide érkező vállalatok – már tudatosan ösztönözték az ipari szimbiózis bővülését.<sup>324</sup>

- **Északkelet-Anglia**

Kisebbségi volumenű együttműködésre Északkelet-Angliában is találunk példát, ahol egy helyi vállalkozó fogott össze a Terra Nitrogen nitrogén üzemmel a fenntarthatóság érdekében. A nitrogén előállító vállalat melléktermékeit szeretne volna valamilyen alternatív formában újrahasznosítani, ezért kapcsolatba lépett a helyi paradicsomtermesztővel, aki egész évben üzemelteti üvegházát. A vállalatnak az ipari szimbiózis következtében sikerült csökkenteni a melléktermék kibocsátását, illetve közvetett formában csökkentette a paradicsomtermesztéshez szükséges energiaszükségletet is. Ezen kívül a gyárban keletkező gőzt is odavezetik az üvegházhoz, mellyel annak fűtését tudják megoldani.

Az együttműködés gyümölcsözőnek bizonyult, hiszen 12 000 tonna széndioxid kibocsátását sikerült együttesen megspórolni illetve a 65 új munkahelyet is sikerült teremteni. A projekt annyira sikeresnek bizonyult, hogy az ehhez hasonló együttműködések együttesen már 20 millió euró befektetést eredményeztek ebben a régióban.<sup>325</sup>

- **Magyarország, Budapest**

Magyarországon is valósult már meg az elmúlt években együttműködés az ipari szimbiózis keretein belül. A Nemzeti Ipari Szimbiózis Program célja az ipari hulladék hasznosítása, a hulladéklerakás és a környezetszennyezés csökkentése. A programra az EU Life + keretében 400 000 euró jutott a 2007 – 2013 közötti uniós fejlesztési ciklusban. A Maltha Hungary Kft. a különböző budapesti vendéglátó egységekkel működik együtt. A vendéglátóhelyeknél nem megoldott az üvegek szelektív gyűjtése és újrahasznosítása, ezért a kommunális hulladékhoz kerülnek. A program keretén belül a vállalat gyűjti össze az üvegeket és dolgozza fel, ezzel 600 tonna üveget sikerült újrahasznosítani illetve sikerült megspórolni 6054 tonna széndioxid kibocsátását is.<sup>326</sup>

---

<sup>324</sup> Forrás: <http://www.mv.helsinki.fi/home/lsaikku/publications/julkaisu,%20englanti.pdf>

<sup>325</sup> Forrás: [http://nisp.hu/hu/fo\\_gyakorlatok/egy\\_gyumolcsozo\\_egyuttmukodes](http://nisp.hu/hu/fo_gyakorlatok/egy_gyumolcsozo_egyuttmukodes)

<sup>326</sup> Forrás: [http://nisp.hu/img/files/Maltha\\_horeca.pdf](http://nisp.hu/img/files/Maltha_horeca.pdf)

### 15.3 Gázmotorok használata a mezőgazdaságban

A gázmotor alapú kapcsolt energiatermelés, vagyis a hő és villamos energia kombinált termelése révén biztosítani lehet az üvegházak számára a fűtést, a világítást, a növények számára pedig a „tápanyagént” felhasználható széndioxidot. A növények fotoszintézis révén képesek átalakítani tápanyaggá a széndioxidot, ezzel segítve a hatékonyabb növekedésüket, ezért a gázmotorok széndioxid kibocsátását érdemes elvezetni az üvegházakhoz, szigorúan betartva a biztonsági előírásokat. Ennek bizonyítottan számos előnye van, hiszen a biogáz alapú gázmotor alapú kapcsolt energiatermelés hozzájárul az erőforrások megőrzéséhez illetve a nyereség maximalizálásához.

A levegőben átlagosan 350 ppm szén-dioxid van, azonban a növényeknek a hatékonyabb fejlődése érdekében legalább 700 ppm azaz hétszáz milliomod rész szén-dioxid szükséges. A gázmotorokkal termelt villanyt télen a növények megvilágításához is használják, ekkor pedig még nagyobb szén-dioxid mennyiségét tudnak elnyelni, mint 700 ppm. Ennek következtében a termés hozam is megnő. A gázmotorok 1 kWh villany megtermelése során 0,2 kg széndioxid keletkezik. Az ilyen típusú motorok esetében a kibocsátott szén-dioxid a füstgáz térfogatának 5-6%-át teszi ki.<sup>327</sup>

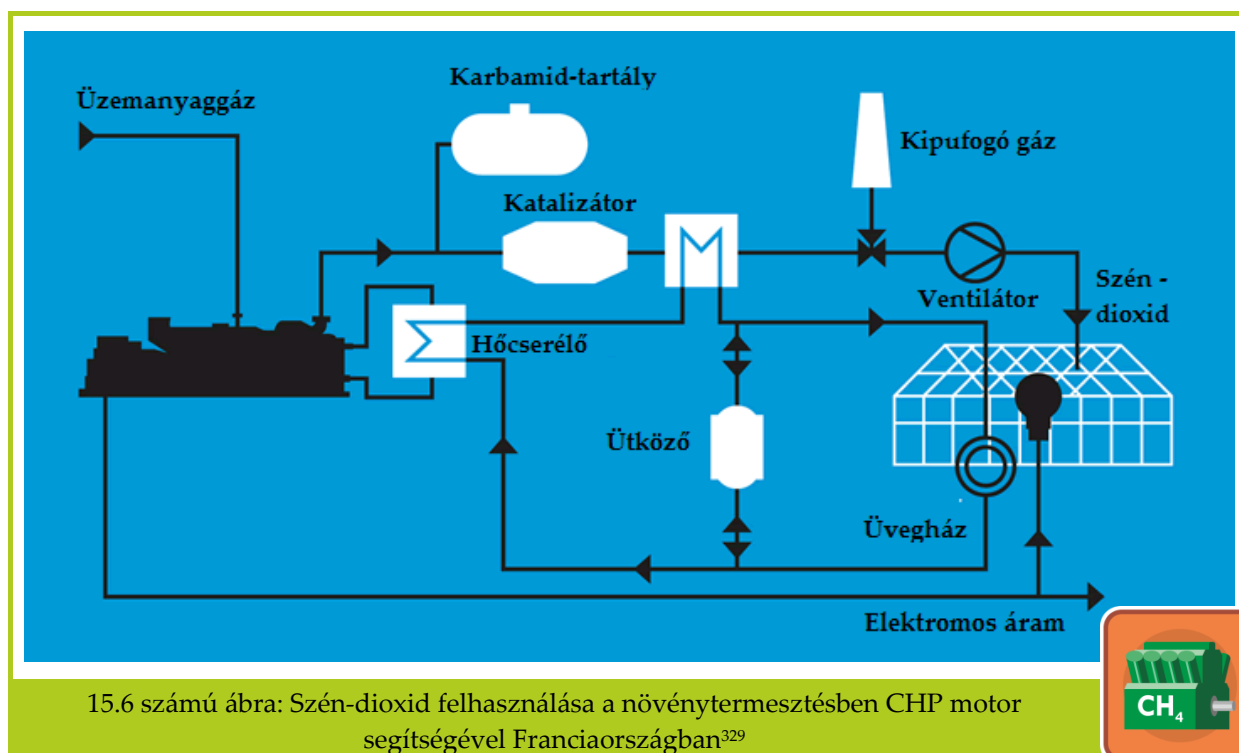


15.5 számú ábra: Jenbacher J624 típusú gázmotor egy holland rózsakertészetben<sup>328</sup>



<sup>327</sup> Forrás: <https://www.clarke-energy.com/natural-gas/greenhouse-chp/>

<sup>328</sup> Forrás: <https://www.clarke-energy.com/wp-content/uploads/Greenhouse-Power.pdf>



15.6 számú ábra: Szén-dioxid felhasználása a növénytermesztésben CHP motor segítségével Franciaországban<sup>329</sup>

Az ipari szimbiózis megvalósulása egy gázmotor és egy adott üvegház között a következőképpen néz ki. A gázmotorok a felhasznált üzemanyagból villamos energiát állítanak elő, amelyet az üvegházban világításra használnak fel. Azt a villamos energiát, amit nem használnak fel, a világításra eladják egy nyilvános hálózatnak. A motorok hőenergiát is elő tudnak állítani, ezt egyrészt az üvegház fűtésére használják, másrészt, amit nem használnak fel azt a hőcserélő segítségével később visszaforgatják a rendszerbe. A termelés során keletkező széndioxidot, a karbamid tartályból karbamidot kevernek, mely hasonló a dízelautóknál használt AdBlue adalékhoz. Ezután a katalizátor segítségével a kúrtón át juttatják el az üvegházba. Az üzemanyagot speciális katalizátorok segítségével (SRC) lehűtik 55 C-ra, majd az üvegházban elindul a szén-dioxid dúsítás.

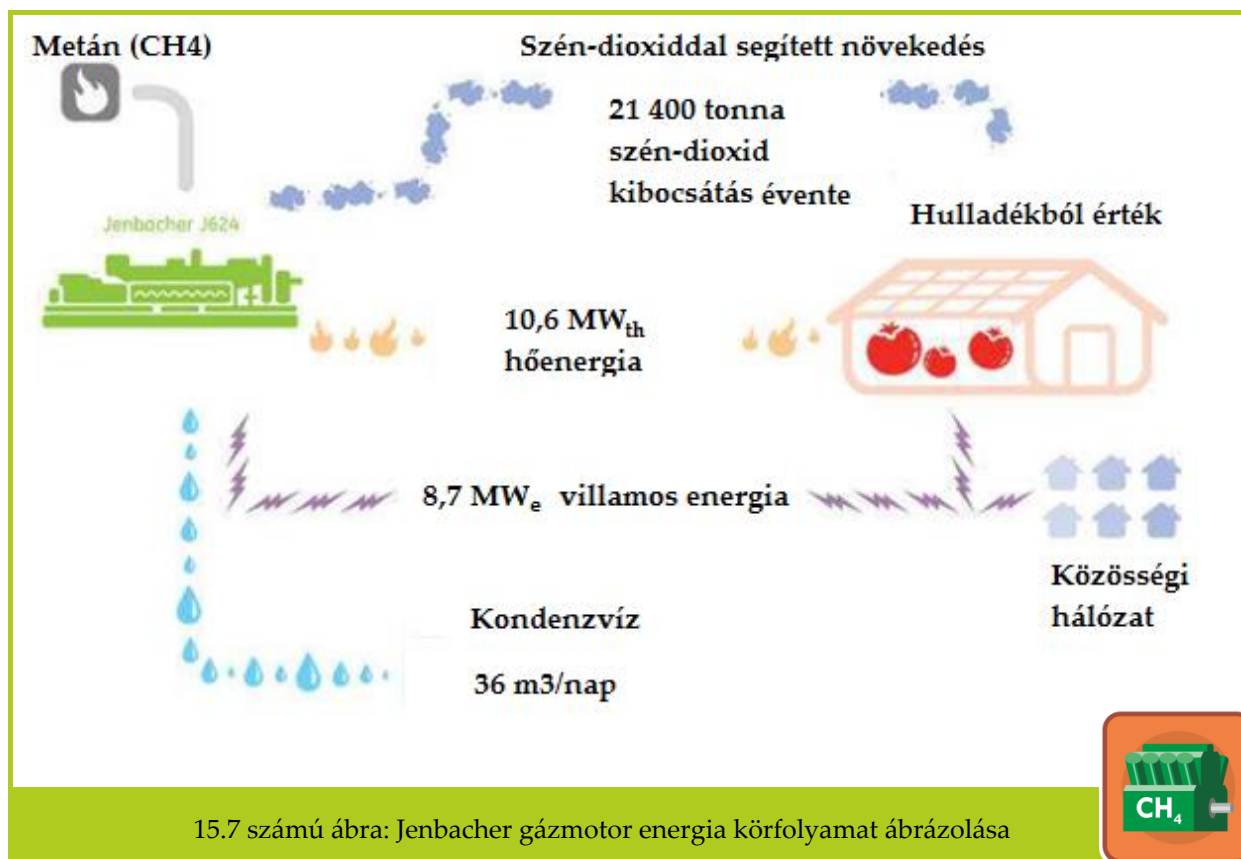
A Clark Energy két nagyteljesítményű GE Jenbacher J624 kétlépcsős turbófeltöltésű gázmotort telepített Machecoulba, Franciaországban, a Serres Vinet francia kistermelőnek. A két motor képes előállítani a szükséges fűtést és villanyt, ami a paradicsom termesztéséhez szükséges. Az egységeket kiegészítették egy 13 MW-os biomassza tüzelésű bojlerrel és egy 20 MW-os gázbojlerrel, ezzel sikerült több forrásúvá tenni a felhasználandó energia forrását is. A kisvállalkozónak így adott esetben lehetősége van eladni a megtermelt villamos energiáját egy nyilvános hálózatnak.

<sup>329</sup> Forrás: <https://www.clarke-energy.com/natural-gas/greenhouse-chp/>

A projekttel a paradicsomtermesztő vállalkozónak nem csak az energiahatékonyságát sikerült javítani, hanem a megspórolt összegből sikerült a rendelkezésére álló termő területet 17 hektárra bővítenie.

Az Egyesült Államokban, Comarilloban szintén paradicsomtermesztéshez használják a kibocsátott széndioxidot.

A Jenbacher gázmotor által termelt 8,7 MW villamos energia bőségesen fedezi az üvegház igényeit, ezért a kistermelő a felesleges áramot gyakran el tudja adni a helyi nyilvános villamos energia hálózatnak. A motor hatásfoka 95%, ez pedig jelentősen hozzájárul az erőforrások megőrzéséhez illetve a nyereség maximalizálásához. A gép által termelt 10,6 MW fűtési energia pedig teljes egészében fedezi az üvegház szükségleteit. A gázmotor által kibocsátott 21 400 tonna széndioxidot az üvegházban hasznosítják a paradicsom hozam növelése érdekében, ezzel megvalósul az ipari szimbiózis is. Ráadásul a kibocsátott széndioxid csak a levegőt szennyezné, ha nem hasznosítanák valamilyen formában. Azzal azonban, hogy a kibocsátott CO<sub>2</sub>-t elvezetik, nem terhelik a levegőt valamint gazdasági hasznot is csinálnak a helyi kisvállalkozónak, mivel a széndioxid segíti a paradicsomhozam növelését.<sup>330</sup> A fenti folyamat ábrázolását lásd a lenti ábrán.



15.7 számú ábra: Jenbacher gázmotor energia körfolyamat ábrázolása

<sup>330</sup> Forrás: <http://www.businesswire.com/news/home/20120822005895/en/GE-Houweling%E2%80%99s-Tomatoes-Unveil-Greenhouse-Combined-Heat>



## 15.4 Az Ipari park vonzóbbá tétele megújuló energia alapú szolgáltatásokkal

Világtendencia, hogy a legsikeresebb nemzetközi vállalatok igyekeznek termékeik és szolgáltatásaik környezetterhelését csökkenteni. Egyre több vállalat jelenti be, hogy jelenleg egy-egy gyáruk termelését 100% megújuló energiával szeretnék ellátni, valamint, hogy a 2030-50-ig a teljes gyártást át szeretnék állítani megújuló energia alapúra. Jelenleg az IKT (Információs és Kommunikációs Technológiák) szektorban terjed leginkább ez a törekvés. Erről a területről a Google-t az Apple-t, Microsoft-ot és a német SAP-t lehet példaként megemlíteni. Az informatikai eszközökhöz kapcsolódó beszállítói gyártás a közeljövőben Zalaegerszeget is érintheti, hiszen a Flextronics beszállítója nemzetközi szinten az Apple-nek is.

A zalaegerszegi stratégiában és **modellszámításban** ezt a tendenciát úgy vettük figyelembe, hogy **egy 3000 munkavállalót foglalkoztatni képes új iparvállalat betelepülését feltételeztük** és az ehhez szükséges éves villamos energiaárra a következő szempontok szerint tettünk becslést.

Számba vettük a Zalaegerszegeen elsősorban számításba vehető iparágakat és ezek egy főre jutó valós villamos energia felhasználását.

Vállalat neve	Iparág tevékenység szerint	Egy munkahelyre jutó éves energia fogyasztás MWh/fő/év	Jelenleg megújuló villamos energiafogyasztás (%)	Célkitűzés
IKEA	bútoripar, vegyipar, kereskedelem	29	59	2015-re legalább 70%-os megújuló villamosenergia fogyasztás
H&M	kereskedelem	7	18	Évente 5%-os emisszió csökkentés
PHILIPS	elektronika	11	55	15%-os karbon kibocsátás csökkentés a 2009-es évhez képest
UNILEVER	vegyipar, élelmiszeripar	46	39	2020-ra 100%-os megújuló villamosenergia fogyasztás
SAP	számítástechnika	5	100	2020-ra kisebb emissziós kibocsátás 2000-es évhez képest
<b>Átlag</b>		<b>20</b>	<b>54</b>	

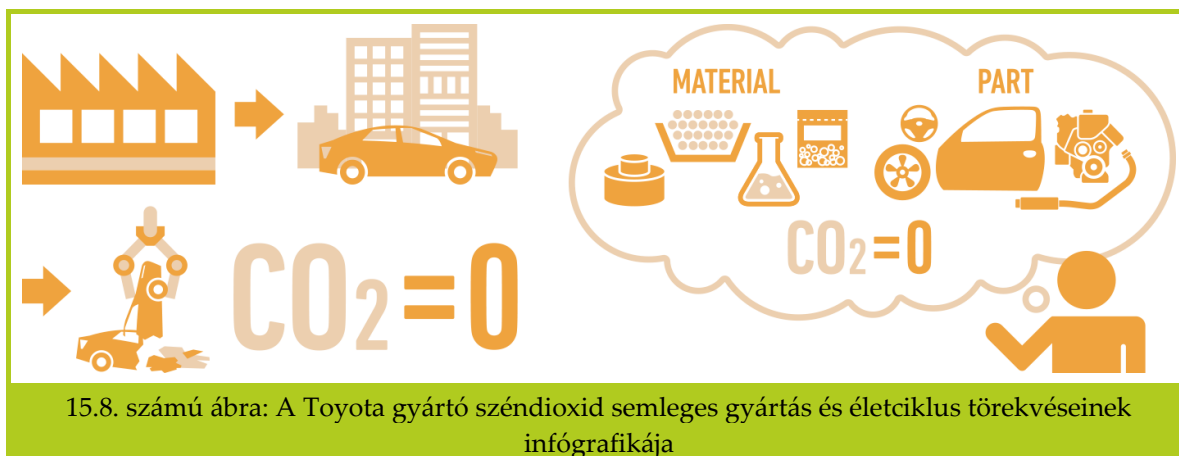
15.3 számú táblázat: Vállalatok energiafogyasztása és emisszió kibocsátása

A 3000 alkalmazottal betelepült vállalat éves villamos energia igényét  $3000 \times 20 \text{ MWh} = 60000 \text{ MWh}$ -nak feltételezzük. Ennek egy részét az északi ipari park területén helyben meg



lehet majd termelni a kelet-nyugat tájolású napelemekkel, és az északi kerítésnél elhelyezkedő nagyteljesítményű szélerőművekkel. Ezen túlmenően geotermikus alapú megújuló hőenergiát is lehet szolgáltatni, ami önmagában is vonzóvá teszi a telephelyet, hiszen az ellátásbiztonságba vetett bizalom jelentősen megnő.

Az autógyártásban is ez a megújuló energia alapú energiaellátás tendencia van kibontakozóban. A világ egyik legnagyobb autógyártója a Toyota is elindult ezen az úton. Brazíliában 2015-ben tervezi megnyitni az első 100%-ban megújuló energiával működő gyárát.

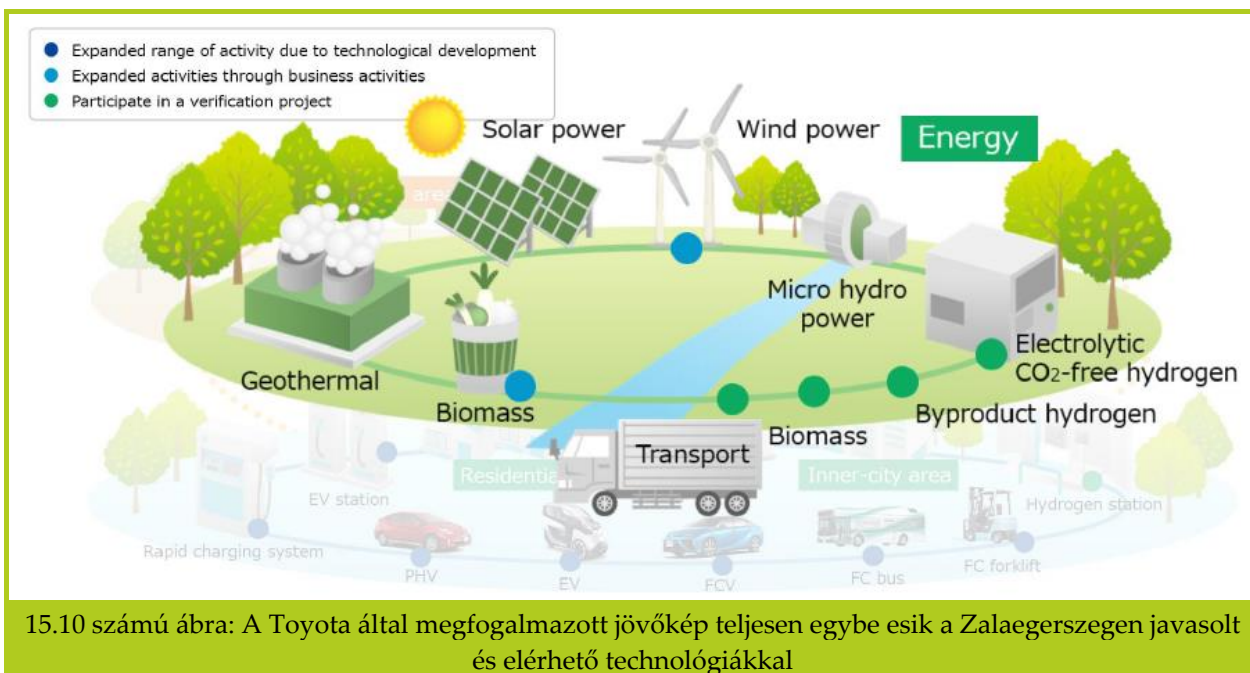


A Toyota a széndioxid semleges hidrogén előállításához is partnereket keres.

Toyota megújuló energia alapú gyártás elképzelése, megújuló alapú hidrogén ellátással

Esővíz gyűjtés a Toyota egyik gyára mellett

15.9 számú ábra: Toyota megoldások



15.10 számú ábra: A Toyota által megfogalmazott jövőkép teljesen egybe esik a Zalaegerszegen javasolt és elérhető technológiákkal

Visszatérő elem még a multinacionális vállalatoknál (Pl: LEGO, Toyota, Informatikai vállalatok nyári szerver hűtéshez) a vízkezelés kérdése - ezen belül is terjedőben van az esővízgyűjtés, mint ipari víz előnyben részesítése. Vagyis ha az ipari park infrastruktúra kialakításánál (árkok, esővízgyűjtők kialakítása) ezt a szempontot is figyelembe veszik, ez is kedvezhet a beköltöző vállalatoknak.

Ide tartozó információ, hogy a BMW autógyártó 2016-tól 100% megújuló energiával szeretné előállítani a BMW 7 sorozat egyes nagy alkatrészeit, valamint a lipcsei üzemben már most is 100%-ban megújuló energiát használnak fel. Az európai autógyártók közül talán a BMW fordít a legnagyobb figyelmet a megújuló alapú gyártásra.<sup>331</sup> Szintén ide tartozik, hogy a Tesla gyártó Gigafactory nevű akkumulátor gyárát is 100% megújuló energiával kívánja működtetni. A Volkswagent is megemlítjük, ők egy amerikai gyárukban 9,5 MW<sub>p</sub> teljesítményű naperőművet telepítettek, és a gyárépületüket is LEED minősítés szerint építették fel. A LEED minősítés kisebb költség mellett elérését segíti, ha az ipari parkon belüli épület elhelyezések kedveznek a napenergia aktív és a passzív felhasználhatóságának.<sup>332</sup> Amennyiben ilyen és ehhez hasonló cégeknek kíván otthont adni vagy beszállítójává válni Zalaegerszeg, ezeket a szempontokat messze menően figyelembe kell venni. Bizonyos szempontból a megújuló energiaszolgáltatás kényszerűség is, mert az alacsony munkaerő költségű és ezzel iparvonzó India kisebb költségek mellett tud megújuló energiát is kínálni (Pl: nagyobb éves szoláris besugárzás a naperőművekre.) Ezért ha Magyarország és ezen belül Zalaegerszeg nem kínál ilyen opciókat a magasabban képzett munkaerő, a könnyebben elérhető európai piac, vagy a jobb egyetemi kapcsolatok a kutatás fejlesztéshez - nem biztos, hogy elegendőek lesznek a gyártó vállalatok idevonzására.

<sup>331</sup> Forrás: <http://www.bmw.com/com/en/insights/corporation/bmwi/sustainability.html>

<sup>332</sup> Forrás: <http://www.phoenixsolar-group.com/business/us/en/about-us/news/detail.Volkswagen-Chattanooga-Powers-Up-Largest-Solar-Park-in-Tennessee.8abb13d2-81f4-405b-ae45-204e1a75320f.html>

## 15.5 Energetikai kutatás-fejlesztés Zalaegerszegen

A biogázzal, illetve a felhasználásával kapcsolatban jelentős tudás halmozódott fel Zalaegerszegen mind a biogáz tisztítás, mind járműben való felhasználás, mind a sokszínű nyersanyag felhasználás terén.

Ennek a tudásnak a piacképesé tétele, illetve tovább fokozása, valamint a metánnak a megújuló energiaellátás központi szerepe miatt jó lehetőségnek érezzük **egy kutató központ létrehozását**.

A kibővített zalaegerszegi szennyvíztisztító telep több szempontból is megfelelő kutató helyszín lenne egy kutató fejlesztő központ létrehozásához.

Ezek a következők:

- Rendelkezésre álló gázmotorok és középvezetékű hálózati csatlakozás
- Rendelkezésre álló töltő állomás és földgáz gerincvezeték
- Rendelkezésre álló biogáz tisztító állomás, nyersanyag széndioxid
- Műegyetem gépészkarának zalaegerszegi jelenléte

### Fejlesztési irányok

1. **Power to Gas pilot projekt** a szintetikus metán szezonális tárolás kulcseleme (ennek infrastruktúra igénye a földgáz visszatáplálás, valamint a széndioxid és nagyteljesítményű hálózati kapacitás)
2. **Biogáz visszatáplálás**  
Az előbbieket indokolják
3. **Újabb biogáz alapanyagok vizsgálata és felkutatása**
4. **Meglévő biogáz rendszer továbbfejlesztésének vizsgálata**  
A kutató központ a tervezett tudományos és technológiai park részeként és helyszínén is megvalósulhatna, míg a mérőhelyek a város több pontján kapnának helyet.
5. **Geotermikus energia**  
Kutatás-fejlesztés irány, továbbá a tervezett 50 kW teljesítményű ORC erőmű hatásfokának emelése az erőmű „hideg” oldalára kapcsolt pózvai konyhájához és mosodájához szükséges használati melegvíz előmelegítésével. Illetve további energiatermelő berendezések helyének felkutatása.
6. **Vízenergia**  
A szennyvíztelep napi ~15000 m<sup>3</sup> elfolyó vizének és Zala folyóra több pontra létesített törpe vízerőművek vízerő hasznosításának optimalizálása, bővítése, üzemeltetés javítása.
7. **Smart grid, okoshálózat:**  
Folyamatos, egyre összetettebb feladatot jelent majd a városi energiaellátó rendszer energiamedzsmentje és az okos hálózatok fejlesztése. Ennek kutatása és fejlesztése is Zalaegerszeg elemi érdeke, illetve lehetőséget teremthet majd a zalaegerszegi vállalkozások számára ezen a területen más piacok számára is (települések, külföld) megoldásszállítóvá válni.

## 15.6 Élő Laborit6rium, Living Lab

A Living lab egy felhasznál6 k6zpont6 innov6ci6s rendszer, melynek l6nyege, hogy a felhasznál6 k6z6ss6gek nem csak elm6let6 szinten ismerkedhetnek meg az adott term6kekkel, innov6ci6s folyamatokkal, hanem a gyakorlatban is.

Emiatt kialakul a di6kok k6r6ben az iskolain6l m6lyebb természettudom6nyos szeml6let, valamint kor6n szakmai tapasztalatot is tudnak szerezni a k6l6nb6z6 t6mak6r6kkel kapcsolatban. Nyugat-eur6pai p6ld6k szerint azok a tanul6k, akik részt vesznek az 6l6 laborit6rium programjaiban k6nyebben bejutnak a fels6oktat6si int6zm6nyekbe illetve nagyobb es6lyvel helyezkednek el a munkaer6piacon szakmai gyakorlatuknak 6s gyakorlatias szeml6letm6djuk r6v6n. Az 6l6 laborit6riumokkal a munk6ltat6 c6gek is j6l j6rnek, hiszen az innen kiker6l6 potenci6lis munkaer6 j6val innovat6vabb, mint azok, akik csak elm6letben saj6t6tott6k el a tud6sukat. Zalaegerszegen a gyakorlatban is m6k6d6. meg6j6l6 energi6s berendez6sek p6ld6ul: h6szivatty6, passz6v szol6r energiahaszn6s6t6s 6s er6m6vek egyar6nt lehetnek, bet6lthetik az 6l6laborit6rium szerep6t is. A Living Lab is az 6gynevezett smart megold6sok k6z6 sorolhat6, ez6rt mindenk6ppen helye van a zalaegerszegi fenntarthat6 j6v6ben.

6sszesség6ben az 6l6 laborit6riumok hozz6j6r6lnak az innov6ci6s k6rnyezet kialakul6s6hoz valamint a felhasznál6 k6zpont6 tud6s alap6 t6rsadalom kialak6t6s6hoz.<sup>333</sup>

---

<sup>333</sup> Forr6s: <http://timreview.ca/article/602>

<http://iisit.org/Vol6/IISITv6p421-436VanDerWalt634.pdf>

<http://www.helsinkilivinglab.fi/what-is-a-living-lab/>

[http://www.eurosportello.eu/sites/default/files/Living%20Lab%20brochure\\_jan09\\_en\\_0.pdf](http://www.eurosportello.eu/sites/default/files/Living%20Lab%20brochure_jan09_en_0.pdf)

## 16. Hidrogén-energetika szerepe és lehetőségei



### Háttér és felelősségvállalás

Jelen tanulmány a „Zalaegerszeg 100% megújuló 2050” stratégia projekthez készült, annak egyik – hidrogén-energetikai – részfejezetét képezi; illetve egyes általános fejezetekhez illeszkedő résztémák kerültek kidolgozásra. A stratégia jellegének megfelelően a megalapozást szolgálja, és értelemszerűen nem tekinthető részletes megvalósíthatósági tanulmánynak. Annak bemutatását szolgálja, hogy a hidrogén-technológiai megoldások jelenleg hol tartanak, várhatóan hová fejlődnek a következő 10-20 évben, és hogyan illeszkedhetnek a „Zalaegerszeg 100% megújuló” projekthez, illetve hogyan támogathatják annak megvalósulását.

A tanulmány készítése során nagyfokú körültekintéssel jártam el, azonban a hidrogén-technológiák jelenleg még annyira újszerűek, hogy listaárak nem lelhetőek fel, illetve még nem is léteznek, mint például napelemes, biogáz, stb. rendszerek esetében. Sőt, sokszor a megvalósult projektek esetében üzleti titok tárgyát képezik a pontos pénzügyi - és egynémely esetben a műszaki - adatok is, ezért jelen tanulmányban szereplő pénzügyi adatok felhasználásából származó esetleges következményekért felelősséget nem vállalok. Jövőbeni részletes projekttervezés és megvalósítás csak tényleges árajánlatokra építő megvalósíthatósági tanulmányon alapulhat.

### 16.1 Hidrogén és hidrogén-technológiák általános áttekintése

#### 16.1.1 A tágabb értelmezési kontextus

A hidrogén – tiszta és elvileg bőséges - energiahordozóként történő alkalmazásának ötlete igen régre nyúlik vissza (lásd pl. Verne Gyula regénye). A vegyipar kb. 100 éve használja a hidrogént. Azonban körülbelül a 2000-es évektől és különösen annak második felétől új lökést kaptak a HTC technológiák, megindultak a viszonylag nagyobb léptékű – és hétköznapi használatú - demonstrációs projektek. Habár még jelenleg is általában drágák, nagyon jelentős költségcsökkenés volt tapasztalható a HTC technológiák esetében, mely költségcsökkenés a következő években – a tömeggyártás megvalósulása esetén – várhatóan folytatódni fog.

A hidrogén technológiák figyelembe vételét a fentiek mellett az is indokolja, hogy ezeket nem lehet, és nem szabad „önmagukban létezőnek”, „önállóan alkalmazandó” technológiának tekinteni, hanem ezek szervesen kapcsolódnak, kiegészítik a meglévő energetikai rendszereket. Ideális esetben jól együttműködhetnek a különböző megújuló- vagy más low-carbon (alacsony szén-dioxid kibocsátású) energia-technológiákkal, részt vállalhatnak a VER kiszabályozásában, energiatárolásban, stb., amely egy megújulóokra alapuló jövőképpen kiemelten fontos jellemző.

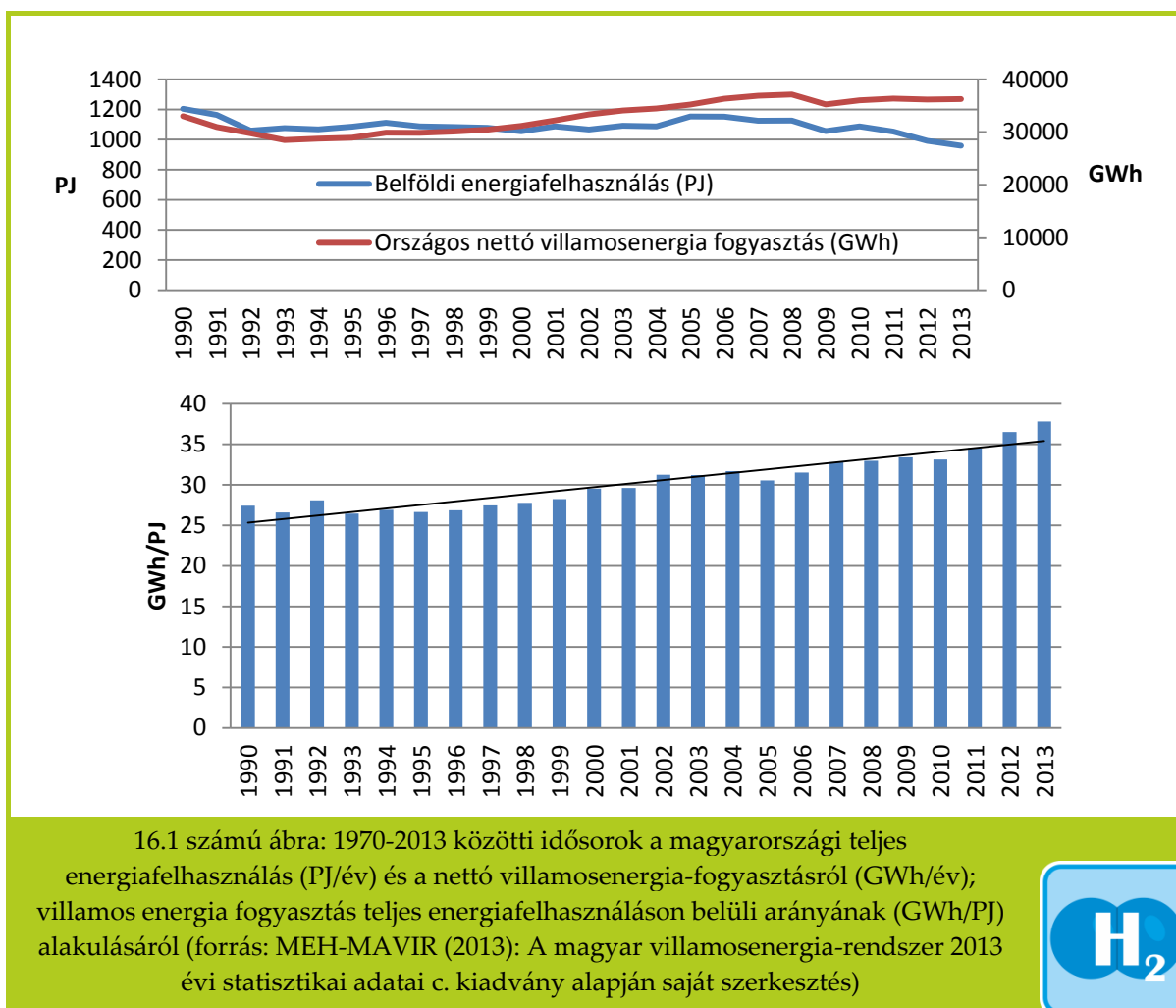


### 16.1.2 Hidrogén és hidrogén-technológiák a (közel)jövő energetikai rendszereiben

A részletekbe bocsátkozás előtt feltétlenül szükséges egy rövid áttekintés arról, hogy milyen általános tendenciák érvényesülnek jelenleg az energetikában, ezen belül elsődlegesen a villamos energia területén, és ebbe hogyan tud illeszkedni a hidrogén, illetve hidrogén technológia. A **villamos energia**, mint szekunder energiahordozó szerepe egyre fontosabbá vált a fejlett országok gazdaságaiban, de e tendencia immár a fejlődő országokban is megfigyelhető. Ennek oka, hogy a villamos energiát a „legértékesebb” energiafajtának tartják, mivel kényelmesen és igen sokféle célra felhasználható. A felhasználás helyén már nem szennyez (viszont termelői oldalon sok esetben jelentős környezetterheléssel állítjuk elő), jó hatásfokkal átalakítható azon energiaformává, amelyre éppen szükségünk van és viszonylag könnyen szállítható. Statisztikai adatok azt mutatják, hogy a **teljes energiafelhasználáson belül felhasznált villamos energia részaránya növekvő tendenciát mutat**, mind Magyarországon, mind nemzetközi szinten.

Egyfelől valószínűsíthető a villamos energia felhasználás növekvő részaránya, azaz egy olyan - óvatos - megállapítás tehető, hogy a jövő energetikai rendszereiben egyre inkább meghatározó szerephez jut a villamos energia; különösen, ha figyelembe vesszük a **direkt módon villamos energiát termelő alternatív eljárások** terjedését is: napelem, naperőmű, szélenergia, vízenergia.

A villamos energia jelentőségének növekedését a hazai energiastatisztika utóbbi évtizedeinek adataiban is tetten érhetjük. Az 16.1 ábra egyrészt szemlélteti a teljes országos energiafelhasználás és villamosenergia-felhasználás alakulását az utóbbi negyven évben, valamint – szempontunkból most informatívabb lenti ábrán – látható, ahogy a villamos energia felhasználás **aránya megduplázódott**: a kezdeti (1970) 16% körüli értékről (2013-ra) 38%-ra nőtt. E tendencia a világ fejlettebb országaiban is hasonló jellegű és ezen arány növekedése nagy valószínűséggel tovább folytatódik.



Egy ilyen jövőbeni, a villamos energia „dominálta” energetikai rendszerben **a hidrogénnek, mint köztes energiatároló médiumnak, illetve energiahordozónak** lehet nagyon fontos szerepe, mert az úgynevezett elektrolizálókkal és a tüzelőanyag-cellás technológiák segítségével a hidrogén és a villamos energia egymásba alakítható. Némi túlzással, de szemléletes megfogalmazásban a hidrogén és villamos energia „szinonim fogalmakká” válhatnak. Fontos azt is kiemelni, és tudatában lenni, hogy **a hidrogén nem energiaforrás**; szabad formájában nem fordul elő a Földön, hanem csak vegyületeiben, amelyből – energiabefektetéssel – szabad (molekuláris) hidrogént lehet előállítani. A hidrogén tehát nem energiaforrás, **hanem szekunder energiahordozó**, mint például maga a villamos energia. Ezek tükrében és tudatában kell a Zalaegerszeg 100% megújuló stratégiába integrálni hidrogén-technológiai megoldásokat.

### 16.1.3 Hidrogén és hidrogén-technológiák a főbb EU-s és hazai stratégiáiban

A hidrogén-technológiák alkalmazása abból a szempontból sem „futurisztikus”, hogy az utóbbi – kb. 6-8 évben – gyakorlatilag minden releváns EU-s energetikai és/vagy közlekedési stratégia joganyag tartalmazza a hidrogént is, vagy esetleg kifejezetten ezekre vonatkozik. Kiseb mértékben, de ez egyes hazai stratégiákra, joganyagokra is igaz. A teljesség igénye nélkül néhány példa ezek közül:

- 2014/94/EU irányelv az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának kiépítéséről. E joganyag az alternatív üzemanyagok fogalomkörében explicit módon tartalmazza a hidrogént is a villamos energia, a CNG, az LPG és egyes bio- és szintetikus üzemanyagok mellett.
- 2009/28/EU irányelv a megújuló energiaforrások támogatásáról. Ezen irányelv (a jól ismert 20-20-20% célok mellett) a megújuló energiaforrások segítségével előállított hidrogént is „bioüzemanyagnak” tekinti, azaz az így előállított hidrogén elszámolható a 2020-ra elérendő 10%-os közlekedési célú megújuló energia részarányban. Habár ez 2020-ra még várhatóan nem lesz kimutatható részarány, de a 2020 után remélhetőleg egyre nagyobb arányt képvisel majd.
- 79/2009/EK rendelet a hidrogénüzemű gépjárművek típusjövahagyásáról. A hidrogén üzemű járművek típus engedélyeztetési folyamata megoldott.
- 406/2010/EC rendelet a 79/2009/EK rendelet végrehajtásának részletszabályairól.
- J2601 – az SAE által kiadott szabvány a hidrogén üzemű személyjárművek tankolására vonatkozik. (*Fuelling Protocols for Light Duty Gaseous Hydrogen Surface Vehicles*)
- A hazai stratégiák közül a következőkben fordulnak elő a hidrogén-technológiák, hidrogén alapú mobilitás: Nemzeti Energiastratégia 2030. Új Széchenyi Terv. Hazai dekarbonizációs útiterv 2050. Jedlik Ányos Terv Cselekvési Terve. 343/2010. (XII. 28.) kormányrendelet. 48/2011. (III. 30.) kormányrendelet.

A fentiekből az látható, illetve a fentieknek az az **üzenete, hogy** az energia- illetve közlekedéspolitikai is már **érdemi alternatívaként tekint** közép- illetve hosszabb távon a hidrogénre, a hidrogén-technológiákra.

### 16.1.4 A hidrogén főbb fizikai, kémiai, energetikai jellemzői

A hidrogén tulajdonságai sok szempontból kedvezőek:

- nem toxikus, nem korrozív, nem rákkeltő, nem üvegház-hatású, nem radioaktív,
- környezetbe való véletlenszerű kijutása során nem okoz semmilyen visszamaradó környezetszennyezést (vesd össze pl. tankerhajók baleseteivel).

A hidrogén fizikai tulajdonságai:

- molekulatömeg ( $H_2$ ): 2,0159 g/mol
- sűrűség (normál áll.): 0,0898 kg/m<sup>3</sup>
- sűrűség (folyad., -253 C): 70,8 kg/m<sup>3</sup>
- égési határ (levegőben): 4-75% (V/V)
- robbanási határ: 15-59% (V/V)
- olvadáspont: -259 °C
- forráspont: -252 °C

A hidrogén energetikai szempontú jellemzői:

- fűtőérték: 120 MJ/kg (=10,8 MJ/Nm<sup>3</sup>)      33,33 kWh/kg (= 3,0 kWh/Nm<sup>3</sup>)
- égéshő: 141 MJ/kg (=12,7 MJ/Nm<sup>3</sup>)      39,16 kWh/kg (= 3,52 kWh/Nm<sup>3</sup>)
- fajhő ( $c_p$ ): 14,2 kJ/(kg\*K) (normál áll.)

A hidrogén tömegegységre vonatkoztatott fűtőértéke közel háromszorosa a benzinének, kb. 2,4-szerese a földgázénak, és hatszorosa a metanolénak; viszont térfogategységre vonatkoztatott fűtőértéke kevesebb mint harmada a benzinének, kb. 42%-a a földgázénak, és kb. fele a metanolénak. Ebből fakad a hidrogén tárolásával kapcsolatos egyik fő komplikáció, miszerint – például autóiipari alkalmazásokban - nagy nyomáson (700 bar) kell tárolni a jármű tankjában, hogy a szükséges gáztömeg, és ebből fakadóan a kívánatos hatótáv (~500+ km) elérhető legyen.

## 16.2 Tipikus alkalmazási helyek, bevált gyakorlatok, jelenlegi tendenciák

### 16.2.1 Alkalmazási területek és ezek főbb jellemzői

A hidrogén technológiákat, ezen belül elsődlegesen a tüzelőanyag-cellákat igen sokféle végfelhasználó esetében lehet alkalmazni, és igen széles teljesítmény-tartományban. Az egyik legelterjedtebb, felhasználási területek szerinti csoportosítás a következő:

- „stationary” - helyhez kötött alkalmazások: szünetmentes tápegység, elsődleges áramforrás, CHP egység (hő és villamosenergia termelésre), megújuló energiatárolás, katonai alkalmazások, stb.
- „transportation” – közlekedési alkalmazások: targoncák, személyautók, buszok, robogók, tengeralattjáró, repülőgép, stb.
- „portable” - hordozható alkalmazások: elemtöltő, hordozható áramforrás, stb.
  - a hordozható alkalmazásokon belül vagy esetenként önálló csoportként szokás megemlíteni a - „micro power” – azaz mikro alkalmazásokat: mobiltelefon, laptop, játékok, zseblámpa, elektronikus szórakoztató eszközök, stb.

A fentiek alapján könnyen belátható, hogy az egyes alkalmazások teljesítményei rendkívül széles, mW – MW tartományban mozognak. A watt töredékét (mW) vagy néhány W-os

teljesítményt igénylő alkalmazás pl. a mobiltelefon; a több MW teljesítményt igénylő alkalmazás lehet pl. telepített tüzelőanyag-cellás erőmű. Köztes tartományban (50-150 kW) legjellemzőbbek a járműipari alkalmazások, mint a tüzelőanyag-cellás autók, buszok vagy a TC kiserőművek.

A fenti, terjedelmes felsorolás nagyon impozáns a végfelhasználási területeket illetően, és ezek minden típusa valóban létezik már jelenleg is, de fontos tudatában lenni, hogy minden technológia illetve végfelhasználói alkalmazás esetében figyelembe kell venni legalább a következő két tényezőt<sup>334</sup>:

- 1) technikai / technológiai érettség (Technology Readines Level, TRL)
- 2) piacérettség, gazdaságosság (Commercial Readines Level, CRL)

A nagyszámú végfelhasználói lehetőségről tehát mindig azon peremfeltételek figyelembevétele mellett célszerű és szabad gondolkodni, hogy technikai és gazdasági értelemben **az adott kor szintjén** érett-e, életképes-e. A technikai- és piacérettség pedig az idő függvényében – és nem kis részben az alternatív technológiák hasonló tulajdonságaitól függően – változik, fejlődik. Emiatt időről-időre érdemes átértékelni az adott hidrogén-technológia alkalmazhatóságát, ahogy lényegében ez minden más, újszerű technológia esetében is szükséges. (Vesd össze pl. napelemek fajlagos árának alakulásával az utóbbi 6-8 évben.) Az egyes HTC technológiák az idő előrehaladtával várhatóan fokozatosan a piacérettség közelébe érnek, illetve versenyképessé válnak.

Már jelenleg is (2015) a piacérettséghez értek, vagy igen közel jutottak ehhez, például:

- hidrogén tüzelőanyag-cellás targoncák, anyagmozgató gépek,
- hidrogén tüzelőanyag-cellás szünetmentes áramforrások.

Középtávon (2015-2025) a piacérettséghez érnek, vagy igen közel juthatnak ehhez, például:

- hidrogén tüzelőanyag-cellás buszok,
- hidrogén tüzelőanyag-cellás személyautók.

**Tekintve, hogy a „Zalaegerszeg 100% megújuló 2050” stratégia keretében az egyik legvalószínűbb hidrogén-technológiai megoldás a tüzelőanyag-cellás busz(ok) üzembe állítása; illetve a szükséges hidrogén vízbontással (elektrolízis útján) történő előállítás, ezért elsődlegesen e területekre vonatkozóan mutatjuk be a következő alfejezetben, hogy Európában illetve világszerte hol tartanak e projektek, mik a jellemző „projektméreték” (nagyságrendi kapacitásadatok). Ugyanekkor ezen fejezet nem titkolt célja, hogy rávilágítson arra is, hogy:**

---

<sup>334</sup> E tényezőkön túl természetesen társadalmi elfogadottságtól a jogi, közgazdasági szabályozókörnyezeten át még sokféle szempontot meg kellene említeni, de ezek tárgyalása már túlmutat jelen tanulmány keretein.



- a közvélekedéssel ellentétben a hidrogén-technológiák térnyerése **nem a távoli jövőben** (30-50 éves időtávlatban) **várható** csak, hanem már megkezdődött, és fokozatos piacra lépés várható a hétköznapi alkalmazások területén is,
- nem néhány „elvakult”, „szent örült” ötletvilágában léteznek a hidrogén-technológiák, hanem mai „**fősodorba tartozó vállalatok** – és kutatóintézetek - sokasága fordít igen **komoly erőfeszítéseket** ilyen technológiák fejlesztésére és piacra léptetésére, köztük Fortune500 vállalatok és/vagy olajipari cégek és/vagy autógyártók.

### **Jelenlegi, nem energetikai célú alkalmazási területek**

A hidrogén biztonsági kérdéseiről a későbbiekben külön fejezet szól, de az esetleges aggodalmakat segíthet az is megszüntetni, ha vázlatosan bemutatjuk a hidrogén jelenlegi, kiterjedt, nem energetikai alkalmazási területeit, amelyek gyakorlatilag minden, kicsit is iparosodott országban jelen vannak, így **Közép-Kelet-Európában is mindenütt.**

Hidrogént használnak például<sup>335</sup>:

- *élelmiszeriparban*: a folyékony olajok hidrogénezésére használatos (például a szójabab, hal, kukorica esetében) félkemény anyagok létrehozására, mint például zsiradékok, margarinok és mogyoróvaj,
- *vegyiparban*: ammónia és metanol gyártásra; olajok hidrogénezésére a szappan, szigetelés, kenőcsök és más speciális kémiai anyagok előállításakor,
- *fémgyártásban*: magas hőmérsékletű eljárásokban, mint például a rozsdamentes acél előállításában védőréteg kialakítására,
- *fémmelegmunkálásban*: argonnal keverve a hegesztési eljárásokban, plazmavágásnál,
- *az elektronikában* a félvezetők gyártásánál ellenőrzött atmoszféra kialakításában,
- *a kozmetikai iparban*: a kozmetikai szerekben, ragtapaszoknál és A és C vitaminokban használt szorbitol előállításában,
- *hűtőközegként*, például erőművi részegységek hűtésére (pl. Paksi Atomerőmű generátoránál is).

A legutóbbi, a hidrogén hűtőközegként történő alkalmazása igen elterjedt az energiaiparban. A hidrogén hűtésű generátorokat ~250-400 MW tartományban alkalmaznak, mivel kisebbek, ebből kifolyólag olcsóbbak, mint a léghűtésűek. Szakirodalmi adat<sup>336</sup> alapján világszerte a 60 MW feletti generátorok közel 70%-ánál hidrogén hűtést alkalmaznak.

A következő ábrákon néhány magyarországi alkalmazást mutatunk be.

<sup>335</sup> Forrás: [www.siad.com](http://www.siad.com)

<sup>336</sup>Forrás: <http://www.power-eng.com/articles/print/volume-113/issue-6/features/hydrogen-cools-well-but-safety-is-crucial.html>



16.2 számú ábra: On-site (helyszíni) hidrogén előállító üzemek Magyarországon: balra Pétfürdőn, jobbra a General Electric budapesti üzemében<sup>337</sup>



16.3 számú ábra: Bal oldalon: hidrogén közúti szállítása Magyarországon<sup>338</sup>; jobb oldalon: hidrogén palackok feltöltése és a tüzelőanyag-cella karbantartása egy Budapest környéki mobil bázisállomáson<sup>339</sup>



### 16.2.2 Jelenlegi elterjedtség, „nagyságrendi” adatok és tendenciák

- a.) A világ legnagyobb, egy szolgáltatási területen üzemelő HFC busz flottája 2014-ig Kanadában (Brit Kolumbiában) volt található. Ez a flotta **20 db** HFC buszból álló, határozott időtartamra (2009-2014) szóló demonstrációs projekt volt, melynek folytatásáról egyelőre nincs hír. A HFC buszflottát szándékoltan éppen a 2010-es, Téli Olimpiai Játékokra állították üzembe.
- b.) Európában, egyazon város közlekedési vállalatai közül jelenleg Aberdeen városában (Skóciában) működik a legtöbb (**10 db**) **HFC busz**. Egy másik jelentős város Hamburg, ahol pillanatnyilag 7-8 HFC busz áll üzemben.

<sup>337</sup> Forrás: Messer Hungarogáz

<sup>338</sup> Forrás: Messer Hungarogáz

<sup>339</sup> Forrás: T-Mobile

c.) A jelenleg futó legnagyobb EU-s HFC busz demonstrációs projektek a CHIC Projekt (*Clean Hydrogen In European Cities*). Ennek keretében összesen **26 HFC busz** került tömegközlekedési vállalatok napi használatába, **5 európai városban**: Aargau (Svájc), Bolzano, Milánó (Olaszország), London (UK), Oslo (Norvégia). Az EU-nak már korábban is (2001-től) voltak kisebb-nagyobb HFC busz projektjei; az ezek által érintett városok: Barcelona, Madrid, Porto, Stockholm, Amszterdam, Luxemburg, Stuttgart, London, stb.



16.4 számú ábra: HFC buszok London, Madrid és Köln belvárosaiban és Aberdeen-ben<sup>340</sup>

- d.) Régióinkban, Közép-Európában csehországi HFC busz demó projektről van tudomásunk, ahol **1 busz** működik. Szomszédaink közül Ausztriában és Szlovéniában van jelenleg hidrogén töltőállomás; kisebb végfelhasználói alkalmazásokkal (Szlovéniában pl. egyetlen hidrogén üzemű autó).
- e.) Az USA-ban kb. **25 db** HFC busz aktív jelenleg, összesen nyolc helyszínen. Ezek közül a legjelentősebb Kalifornia Állam.
- f.) HFC busz projektek a fentiekén túl szerte a világban már viszonylag sok helyen (Brazília, Kína, Ausztrália) megvalósultak, vagy megvalósítás alatt állnak, de ezek jellemzően **helyszínenként 1-1, esetleg 2** buszból állnak még csak. Összességében a világon jelenleg (2015) 80-100 db körülire teszik a működő HFC buszok számát, tehát jelenleg még világszinten is újszerű megoldásnak számít.
- g.) A Fortune 500 vállalati listán az első húszban található cég, az **Apple** az Észak-Karolinában található Maiden-ben üzemelteti egyik adatközpontját, ahol 20 MW napelemes

<sup>340</sup> Forrás: CUTE Project, hycologne.de, Aberdeen City Council



teljesítmény mellett **10 MW tüzelőanyag-cellás rendszert is működtet**<sup>341</sup> az adatközpontja 24/7 rendszerű energiaellátására.

- h.) A világon jelenleg legnagyobb, egy telephelyen üzemelő tüzelőanyag-cellás erőmű a **dél-koreai** Hwasung City-ben található. Moduláris felépítésben összesen **59 MW<sub>e</sub>** TC teljesítmény szolgáltat „baseload” villamos energiát, és a város távfűtő rendszerébe hőenergiát is értékesít (azaz kogeneráció valósul meg); üzemanyaga városi gáz. A kogeneráció keretében a távhő rendszerbe történő hőátadás (hőhasznosítás) könnyen megvalósítható, mivel az említett TC rendszer hasznosítható hűtővíze ~120 °C-os<sup>342</sup>; a kilépő „égéstermék” hőmérséklete ~370 °C. Itt fontos külön megjegyezni, hogy a viszonylag számottevő teljesítményű erőművet **mindössze 13 hónap alatt építették meg**. 2014 első negyedévében Szöulban újabb, 19,6 MW<sub>e</sub>-os TC park építésébe kezdtek. 2015-ben tervezés alatt áll az USA-ban egy **63 MW<sub>e</sub>** teljesítményű tüzelőanyag-cellás erőmű.
- i.) Világszinten is meghatározó autógyártók (BMW, Daimler) helyezték egyes amerikai gyártóegységeik szinte teljes belső anyagmozgatási logisztikai rendszerét hidrogén tüzelőanyag-cellás alapokra az utóbbi években. Jelentősége, iránymutató jellege miatt e projektekkel részletesebben is foglalkozunk a következő alfejezetben.
- j.) HTC technológiák kutatás-fejlesztésében és **alkalmazásában** szerepet játszó vállalatok között számos **fősodorba tartozó világcéget találhatunk** jelenleg. Az EU Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Közös Vállalkozás (HFC JU) iparági csoportjának tagvállalatait, amelyek között számos olyan található, amely jelenleg is meghatározó piaci szereplő az áram- és/vagy gázszolgáltatás területén, az autógyártás, az ipari gázgyártás, az elektronikai ipar területén. A teljesség igénye nélkül az ismertebb **tagvállalatok**:

- Air Products	- H2 Logic	- Shell
- Alstom	- Honda	- Siemens
- Akzo Nobel	- Hydrogenics	- Toyota
- Areva	- Hyundai	- TÜV Süd
- BMW Group	- Johnson Matthey	- Vaillant
- Bosch	- Linde	- Vanhool
- Daimler	- Michelin	- Vattenfall
- Enel	- Nedstack	- Volkswagen
- E.ON	- Nissan	- Volvo
	- Opel	- stb.

- k.) A hidrogén előállítás egyik fontos és környezetkímélő módja lesz az elektrolízis. A vízbontást végző elektrolizáló egység teljesítménye mára elérte az 1-2 MW-os tartományt. 2015 elején a Proton Onsite nevű cég normál piaci forgalomba bocsátotta 1 és 2 MW egység teljesítményű PEM elektrolizálóját – tehát nem kísérleti prototípusokról beszélhetünk, hanem „normál” piacosított termékekről. A németországi Falkenhagenben,

<sup>341</sup> [www.apple.com/environment/renewable-energy/](http://www.apple.com/environment/renewable-energy/)

<sup>342</sup> [http://www.fuelcellenergy.com/assets/PID000156\\_FCE\\_DFC3000\\_r3\\_hires.pdf](http://www.fuelcellenergy.com/assets/PID000156_FCE_DFC3000_r3_hires.pdf)

az E.ON egyik demonstrációs projektje keretében 2013-ban megkezdte működését egy **2 MW teljesítményű elektrolizáló üzem**, amely az északi-tengeri, offshore szélenergia parkok által termelt, „többlet” villamos energia egy részéből hidrogént állít elő, amit aztán bekevernek az E.ON földgáz hálózatába. E megoldást **power-to-gas koncepciónak** is hívják, és lényegében (közvetetten) energiatárolást – bizonyos értelemben villamosenergia-tárolást - valósítanak meg vele, miközben a rendszer részt vesz a VER kiszabályozási feladataiban. Általános, és a Zalaegerszeg 100% megújuló projektben betöltendő jelentősége miatt e témakörrel önálló alfejezet foglalkozik.

- 1.) Az alternatív hajtású járművek gazdaságosságának vizsgálata terén az egyik meghatározó háttéranyag az ún. McKinsey tanulmány<sup>343</sup> (McKinsey & Co (2010.): *A portfolio of power-trains for Europe: a fact-based analysis - The role of Battery Electric Vehicles, Plug-in Hybrids and Fuel Cell Electric Vehicles*). Ebben a teljes költséget (TCO, total cost of ownership) vizsgálták, az akkumulátoros, a tölthető hibrid (plug-in) és a hidrogén tüzelőanyag-cellás járművekre. A tanulmány egyik fő konklúziója, hogy kb. 2025-re a hidrogén tüzelőanyag-cellás hajtású jármű - TCO tekintetében is - **gazdaságilag is életképes alternatívája lesz** a belső égésű motoroknak.



16.5 számú ábra: Kétféle nyomásszintű hidrogént is kiszolgáltató üzemanyagút Németországban, 350 és 700 bar-os diszpenzerekkel<sup>344</sup>

<sup>343</sup> A McKinsey tanulmány azért is érdemel figyelmet, mivel készítésében olyan meghatározónak tekinthető vállalatok vettek részt, mint a BMW, Daimler, Ford, General Motors, Honda, Hyundai Motor Company, Kia Motors, Nissan, Renault, Toyota Motor, Volkswagen, ENI Refining and Marketing, Galp Energia, OMV Refining and Marketing GmbH, Shell Downstream Services International, Total Raffinage Marketing, EnBW Baden-Wuerttemberg AG, Vattenfall, Air Liquide, Air Products, The Linde Group, ELT Elektrolyse Technik, Hydrogenics, Hydrogen Technologies, Proton Energy Systems. A felsorolás még így sem teljes körű.

<sup>344</sup> Forrás: Zero Regio Project

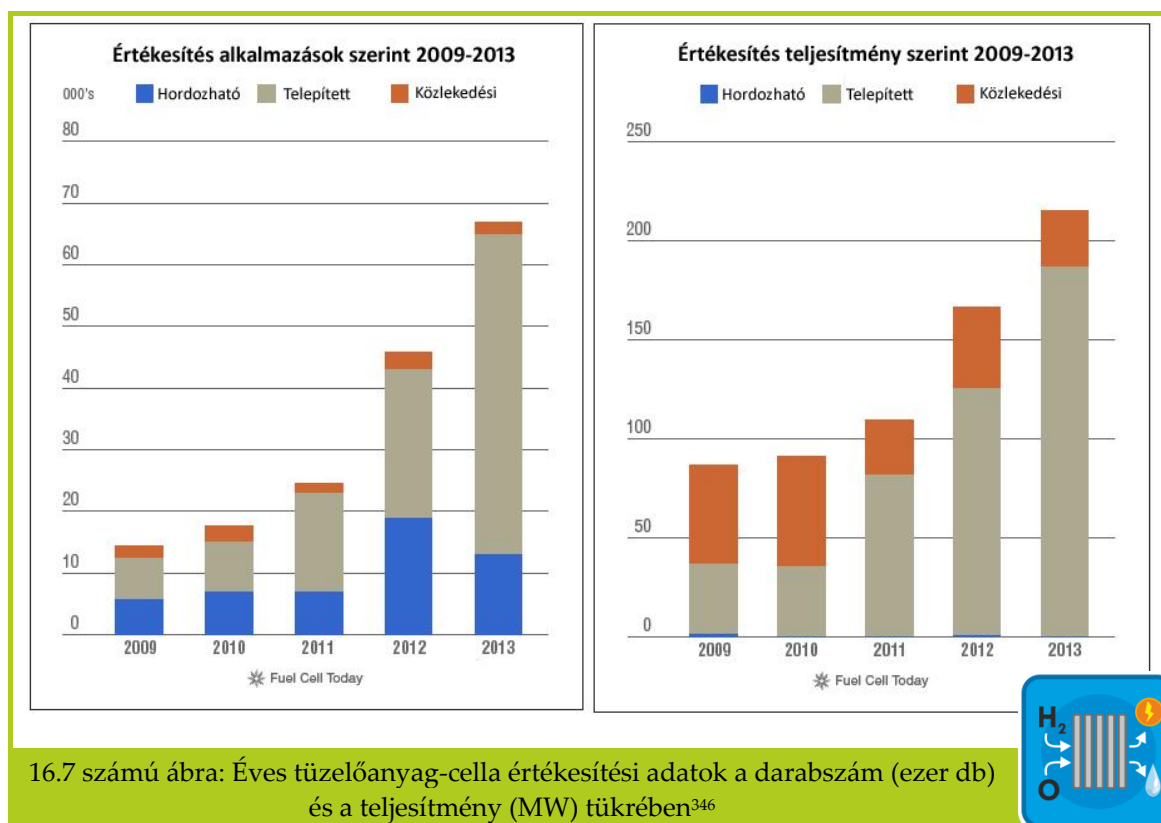


m) 2015 októberi bejelentés, mely szerint a német, H2 Mobility közös vállalkozás **400 db hidrogén üzemanyag-töltő állomás** kiépítését tervezi 2023-ra a Szövetségi Közlekedési és Digitális Infrastruktúra Minisztériummal egyetértésben Németországban.



n.) Egy iparági jelentés (*Fuel Cell Today: „The Fuel Cell Industry Review 2013” c. tanulmány*) alapján, világszinten összesen 45.700 db tüzelőanyag-cella (TC) rendszert értékesítettek 2012-ben (a játékok és az oktatási eszközök nélkül), ami 86%-kal haladja meg a 2011-es adatokat. A teljesítményben kifejezett értékesítés 2012-ben először haladta meg a 150 MW/év értéket. Pontos értéke: 166,7 MW/év volt.

<sup>345</sup> Forrás: NOW GmbH



o.) **Gyorsan terjednek a Powert to Gas (PtG) projektek:** a Német Energiaügynökség (DENA, Deutsche Energie-Agentur GmbH) vezette Power to Gas Platform 2020-2025 között Németországban 1.000 MW<sup>347</sup> elektrolizáló teljesítmény beépítésével számol, amelyek P2G üzemekben létesülnek. Csak Németországban jelenleg 7 PtG demonstrációs projekt működik, és 5 áll tervezés alatt, melyek mindegyike hidrogént szolgáltat. Ezeken kívül további 3 demo projekt működik, amely végső „termékként” metánt állít elő, és 2 ilyen áll tervezés alatt; bár ezek esetében is elektrolízis technológiát alkalmaznak a „köztes termék” hidrogén előállítására. További 5 PtG német demo projekt státuszáról nincs információ. A PtG demo projekteket egyebek mellett olyan fősodorba tartozó energetikai vállalatok folytatnak, mint pl. E.ON, RWE, stb.

p.) 2014 decemberében **normál kereskedelmi forgalomba** került Japánban a Toyota Mirai az egyik ilyen módon értékesített hidrogén tüzelőanyag-cellás modell; melyet 2015 őszen az európai piacon is bemutattak (Hamburgban). Az autó egyik, jelen stratégia szempontjából is fontos újdonsága, hogy tüzelőanyag-cellás modell – lévén elektromos autó – álló helyzetben akár a tulajdonos lakásának ideiglenes villamosenergia-ellátására is lehetőséget ad, pl. áramszünet esetén. A jármű kb. 60 kWh villamos energia leadására képes, legfeljebb 9 kW teljesítménnyel, azaz egy átlagos lakás vagy ház elektromos berendezéseit ideiglenesen nagyjából normál módon lehet üzemeltetni az autóról.

<sup>346</sup> Forrás Fuel Cell Today, 2013

<sup>347</sup> <http://www.powertogas.info/>

(Japánban, a természeti katasztrófák miatt egyre fontosabb szempont, hogy az e-járművek a háztartásokat el tudják látni – legalább ideiglenesen – villamos energiával, vagy szükség esetén akár visszatápláljanak az országos hálózatba, csúcsigények idején.) A járművön található DC kimenet, és egy külön vásárolható DC/AC átalakító segítségével valósítható meg a háztartás elektromos csatlakoztatása az autóhoz. Ilyen DC kimenetet a másik neves gyártó, a Honda 2016-ban megjelenő HTC gépkocsijában is tervez. E megoldás – főként a japán modelleknél – várhatóan gyakori megoldás lesz.

A Toyota Mirai főbb műszaki jellemzői:

TC teljesítménye: 114 kW,	max. kimenő feszültség: 650 V,
nyomaték: 335 Nm,	végsebesség: 175 km/h,
hatótáv ~500+ km,	fogyasztás: ~1.01kg-H <sub>2</sub> /100 km,
tüzelőanyag-cella teljesítménysűrűsége: 3,1 kW/l	



16.8 számú ábra: Toyota Mirai bemutatója (bal), és csomagtartójában egy DC kimenet (jobb), amely szünetmentes áramforrásként akár az autó tulajdonosának háztartási rendszerére köthető<sup>348</sup>

q.) **Magyarországi helyzet:** hazánk lemaradása a hidrogén tüzelőanyag-cellás technológiák terén sajnos számottevő. Az élvonalas országokhoz képest (Németország, USA, Skandinávia) nagyon jelentős, kb. 10 év; de még a közép-európai régió egyes országaihoz képest is van pár év lemaradásunk. A hazai energiapolitika (gyakorlata) szinte „nem létezőnek” tekinti a HTC területet; felsőoktatási rendszerünkben is csak igen elvétve van jelen. Ezzel együtt is, „csíráiban” azért megjelentek kezdeményezések, érdeklődő szereplők, és elvétve - hétköznapi vagy speciális – alkalmazások is:

- Pest megyében, Budapest körül, elszórtan elhelyezkedve a Magyar Telekomnak kb. **11 db olyan mobil bázisállomása** van, amelyeknél a szünetmentes áramforrásként szolgáló akkumulátorokat eltávolították, és ezek helyett hidrogén tüzelőanyag-cellák (állomásonként 5 kW<sub>e</sub> teljesítménnyel) működnek. Ezek tehát nem állandó áramtermelési célt szolgálnak, de eddig jól bizonyították éles helyzetekben (áramszünetek esetén), és az alkalmazandó hidrogén-logisztika is

<sup>348</sup> Forrás: [www.pressroom.toyota.com](http://www.pressroom.toyota.com)

megvalósításra került. Egy állomáson hidrogén helyett metanolt alkalmaznak, melyből a helyszínen (ún. reformálással) hidrogént állítanak elő. Fontos megemlíteni, hogy e projekthez közpénzt (pályázati forrást) nem használtak fel.

- Speciális, **katonai alkalmazás**: 2013. novemberében lehetett olvasni arról, hogy egy hazai (négy szereplős) hadiipari konzorcium egy mobil, gyorsdiagnosztikai labort (TGYDGL) fejlesztett, és ennek energiaellátására egy 5 kW körüli teljesítményű hidrogén üzemű, tüzelőanyag-cellát építettek be, szünetmentes áramforrásként.
- Egyetemi hallgatók (az ELTE Hy-GO csapata, és a Pécsi Tudományegyetem Orca csapata) hidrogén tüzelőanyag-cellás járműveket (tricikliket) fejlesztettek és ezekkel különböző alternatív hajtású autók versenyein indultak, jó eredményekkel.
- Az MVM OVIT egyik irányító központjának **szünetmentes áramellátása** céljából terveztek alkalmazni egy hidrogén tüzelőanyag-cellás (kb. 5-10 kW<sub>e</sub>) rendszert, de jelenleg még nincs üzembe állítva.
- Elvértve bár, de néhány hazai cég is foglalkozik tüzelőanyag-cella illetve egyes részkomponenseinek fejlesztésével, szervizével vagy vizsgálatával, melyeket a 16.4.4 fejezetben említjük meg, mint potenciális projekt partnereket.
- 2011. óta működik önálló szervezeti keretek között a Magyar Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Egyesület, amely hazai tagszervezete az Európai Hidrogén Szövetségnek (EHA) és egyebek mellett kiadja az egyetlen hazai HTC tematikájú szakmai hírlevelet.

### 16.2.3 Kiemelt jelentőségű, korai fázisú alkalmazási területek

Az előzőekben már említésre kerültek, de várható jelentőségük, és a Zalaegerszeg 100% megújuló projektben várhatóan betöltött fontos szerepük miatt külön bemutatásra kerül néhány – jelenleg korai alkalmazás („early adopters”) fázisban lévő terület:

- hidrogén tüzelőanyag-cellás mobil eszközök: anyagmozgató gépek,
- „power-to-gas” alapú hidrogén előállítás és bekeverés földgáz hálózatba,
- komprimált földgázba (CNG) vagy biogázba (pontosabban biometánhoz) kevert hidrogén (HCNG), mint üzemanyag.

### Már jelenleg is megtérülést mutató, hidrogén tüzelőanyag-cellás anyagmozgató gépek

Két jelentős autógyártó is kifejezetten nagy létszámú HTC targonca flottát üzemeltet:

- a Mercedes-Benz US International Inc. Tuscaloosa-i (Alabama) logisztikai telephelyén kb. **200 db HTC targonca** üzemel, a kapcsolódó saját telephelyi töltőállomásokkal együtt, helyettesítve a korábbi, savas ólom-akkumulátoros anyagmozgató technológiát.

- A BMW spartanburgi (Dél-Kalifornia) összeszerelő üzemében 2010-ben 100 darab hidrogén üzemű TC targonca vagy más anyagmozgató jármű működött, amelyeket 6 db beltéri hidrogén kútoszlop („diszpenzer”) szolgált ki, a kapcsolódó (kültéri) hidrogéntárolókkal és vezetékekkel. 2013-ra megvalósított fejlesztés következtében ugyanezen telephelyen **230 db hidrogén tüzelőanyag-cellás targonca** működött, összesen 14 db hidrogén kútoszloppal.

Csak az észak-amerikai HTC targonca-flotta körében 2014-ig **500.000+ hidrogén-tankolás** történt, mindenféle probléma vagy baleset nélkül. Megjegyezzük, hogy világszerte évente összesen kb. 1,5-2 millió(!) hidrogén tankolás történik.

A HTC technológia pénzügyi megtérülését több kedvező jellemzője biztosítja, az eddigi alternatívának tekintett akkumulátoros targoncákhoz képest. A legfontosabb ilyen a HTC technológiával megnövelt termelékenység, ugyanis a HTC targoncák egy feltöltéssel egy teljes (8 órás) műszakot képesek végigdolgozni, és tankolásuk csak ennek végén szükséges, amely ~3 perc alatt elvégezhető. Az akkumulátoros targoncáknál egy műszak alatt egyszer biztosan ki kellett cserélni az akkumulátort, amely így műszak közben történik, és hosszabb időt vesz igénybe; akkumulátorcsere 15-30 perc. Egy másik fontos előny, hogy a tüzelőanyag-cella által biztosított feszültség mindvégig konstans, azaz nem csökken annak függvényében, hogy esetleg már kevesebb hidrogén van a tankban. Szemben az akkumulátoros megoldással, ahol a leadott feszültség szint függ az akkumulátor aktuális töltöttségétől (ahogy ez a következő ábrán látható), azaz a töltöttség csökkenésével egyre kisebb teljesítmény biztosítható csak.



<sup>349</sup> Forrás: Ballard: Economics of Fuel Cell Solutions for Material Handling



A fentiek mellett az is fontos, hogy a nagy üzemek, logisztikai központok esetében általában egy, „központi” akkumulátortöltő állomás van, és ezek az épületen belül vannak kialakítva (azaz számottevő, értékes alapterületet foglalnak az épületen belül). A HTC technológia esetében egy-egy hidrogén töltőfej beltéren szinte bárhová elhelyezhető, pl. falra szerelt kialakításban (azaz beltéren helyet nem vagy alig foglal), míg a hidrogéntartály épületen kívül, és jóval kisebb helyen telepíthető. Nincs tehát szükség „többlet” alapterület megépítésére, melyet kizárólag az éppen nem használt akkumulátorok töltésére létesítenek. Továbbá nincs szükség olyan magas lekötött villamos teljesítmény igénybevételére sem a HTC technológia esetében, mint az akkumulátoros technológia esetében, így további működési költség takarítható meg.

A fentiek végeredményeképpen – viszonylag jelentős – targoncaflottákra a tüzelőanyag-cellás technológia már jelenleg is megtérülést mutatott.



### „Power-to-gas” (PtG) alapú hidrogén előállítás és bekeverés földgáz hálózatba

A PtG koncepció lényege, hogy az esetenként „feleslegben” rendelkezésre álló, a villamos hálózatba pillanatnyilag nem betáplálható, megújuló alapon termelt villamos energia segítségével hidrogént (és/vagy egyéb gázt, például metánt) állítanak elő, amelyek ezek után különböző célokra használhatók. Így például hajtóanyagként járművekben, háztartási tüzelőanyagként, vegyipari alapanyagként, vagy csúcsidekban – a csúcsterhelések kielégítése céljából – villamos energiatermelésre. A szerteágazó lehetőségeket, felhasználási formákat a következő ábra szemlélteti. Az egyik „legegyszerűbb” lehetőség (értéklánc), ha a feleslegben rendelkezésre álló villamos energiából elektrolízis útján hidrogént állítanak elő és ezt bekeverik a földgáz hálózatba.

<sup>350</sup> Forrás: US Fuel Cell Council

2013-ban alakult meg az Északi-tengeri **Power to Gas Platform** (*North Sea Power-to-Gas Platform*<sup>351</sup>). A szervezet célja, hogy segítse a „villamos energiából gázt” (PtG) koncepció erősödését és terjedését. A Platform különösen az Északi-tenger környékén aktív, mivel egyrészt itt igen fejlett a földgáz infrastruktúra, másrészt az északi-tengeri offshore szélenergia-parkok együttes teljesítménye 2030-ra elérheti a 100 GW-ot, mindemellett az Északi-tenger környékén telepített napelemes (PV) rendszerek beépített teljesítménye várhatóan a 2012 évi 35 GW értékről 2020-ra közel ~60 GW-ra fog nőni. Az egyre növekvő megújuló energia részarány egyre nagyobb kihívás elé állítja a villamos rendszerszabályozást.



16.11 számú ábra: Az E.ON Falkenhagen-i power-to-gas demo projektjének elektrolizálói, együttesen 2 MW teljesítménnyel<sup>352</sup>

A P2G koncepció nagy előnye, hogy a **már meglévő infrastruktúrát** tudják felhasználni, és a földgázba kevert csekély mennyiségű (1-2%) hidrogén semmilyen problémát nem okoz a végfelhasználóknál. Ugyanakkor ez az 1-2% hidrogéntartalom is rendkívüli „energiatárolási” potenciált jelentene az országos gázhálózat szintjén. Miközben az eljárás legalább részben hozzájárulna a VER kiszabályozási feladataihoz, a megújuló energiatermelő létesítményeket (szélparkokat) nem kellene visszatérhelti (csak amiatt, mert a VER nem tudja aktuálisan felvenni a fluktuáló jelleggel termelt energiát), továbbá az energiamixben növelni lehetne a megújuló energiaforrások részarányát. Amennyiben a PtG koncepció, illetve annak bizonyos értékláncai életképesnek bizonyulnak, többszörös hasznú technológiaként állhat rendelkezésre.

A földgáz hálózatba bekeverhető hidrogén arányát illetően eltérőek a megközelítések. Európában a legmagasabb ilyen limitet Hollandiában engedik meg, 12%; de a legtöbb szabvány max. 5%-ot engedélyez<sup>353</sup>. Hawaii gázhálózata jelenleg 10% hidrogént tartalmazó földgázt juttat el a fogyasztóknak<sup>354</sup>.

<sup>351</sup> Forrás: <http://www.northseapowertogas.com>

<sup>352</sup> Forrás: [www.eon.com/en/media/news](http://www.eon.com/en/media/news)

<sup>353</sup> <http://www.nrel.gov/docs/fy13osti/51995.pdf>

<sup>354</sup> Hydrogen Delivery Technical Team Roadmap, U.S. DRIVE Partnership, 2013.

További szakirodalom<sup>355</sup> alapján itt megadjuk, hogy az USA-ban illetve Németországban fizikailag mi az a hidrogénarány, amelyet elfogadhatónak tartanak a földgáz hálózatban:

- A US DoE National Renewable Energy Laboratory szerint 5-15% hidrogén a földgáz hálózatban még nem okozna jelentős negatív hatást a végfelhasználói eszközök működésében, a biztonsági szintben, a földgáz hálózat integritásában és élettartamában.
- Németországban 10% hidrogénarányt elfogadhatónak tartanak. *(Annak érzékeltetésére, hogy e hidrogénarány mekkora energiatárolási potenciált jelentene, a Német Kereskedelmi és Beruházási Szervezet<sup>356</sup> azt publikálta, hogy a német gázhálózat kb. ~220 TWh energiát tárol földgáz formájában (ha 55%-os átlagos hatásfokot feltételezünk), ami kb. 3000-szerese Németország teljes szivattyús-tároló kapacitásának; és teljesítményben kifejezve a jelenlegi német szivattyús energiatárolós kapacitás 7-8 GW<sup>357</sup>. A 10%-os hidrogén bekeverési arány ebből fakadóan rendkívüli energiatárolási lehetőséget jelentene országos szinten is.)*
- A fentiek a hidrogéntartalom a technikai-műszaki limitációjára vonatkoztak. A szabályozói előírások a műszakilag tolerálható határok alatt vannak, nyilván egyfajta túlbiztosítás miatt. A szabályozói előírások alapján jelenleg Hollandia a legmegengedőbb, ahol 12% a maximálisan megengedett hidrogénarány a gázhálózatban; Franciaországban ez 6%. Magyarországon e tématerületet még kutatásra vár; a földgáz minőségét idehaza az MSZ 1648/2000 szabvány előírásai határozzák meg.

A NaturalHY projekt a földgáz hálózatba való hidrogén betáplálásra, és különböző végfelhasználói eszközökre vonatkozóan<sup>358</sup> – a végfelhasználói eszközök átalakítása vagy károsodása nélkül - a következő eredményekre jutottak:

- földgáz hálózat csőanyagának tartóssága szempontjából: max 6% hidrogén arány is elfogadható (40 bar-os, tehát nagynyomású szállítóvezeték) esetében,
- földgáz hálózat védőtávolsága (annak változatlansága szempontjából): max 10% hidrogén arány is elfogadható (8 bar-os, tehát elosztóvezeték) esetében,
- háztartási berendezések szempontjából (konyhai sütő, gázbojler, stb.): max 18% hidrogén arány elfogadható,
- gázturbinák esetében: max 15% hidrogén arány elfogadható,
- gázégők esetében: max 12% hidrogén arány elfogadható,
- tűzvédelmi szempontból<sup>359</sup>: <20% hidrogén arány esetén a HCNG gázkeverék tűzrendvédelmi szempontból azonosan kezelhető, mint maga a CNG. A magasabb, 30% feletti hidrogén aránnyal rendelkező HCNG keverékek esetében egyedi vizsgálaton (modellezésen) alapuló vizsgálatokkal határozható meg a biztonságos tűzvédelmi használat.

---

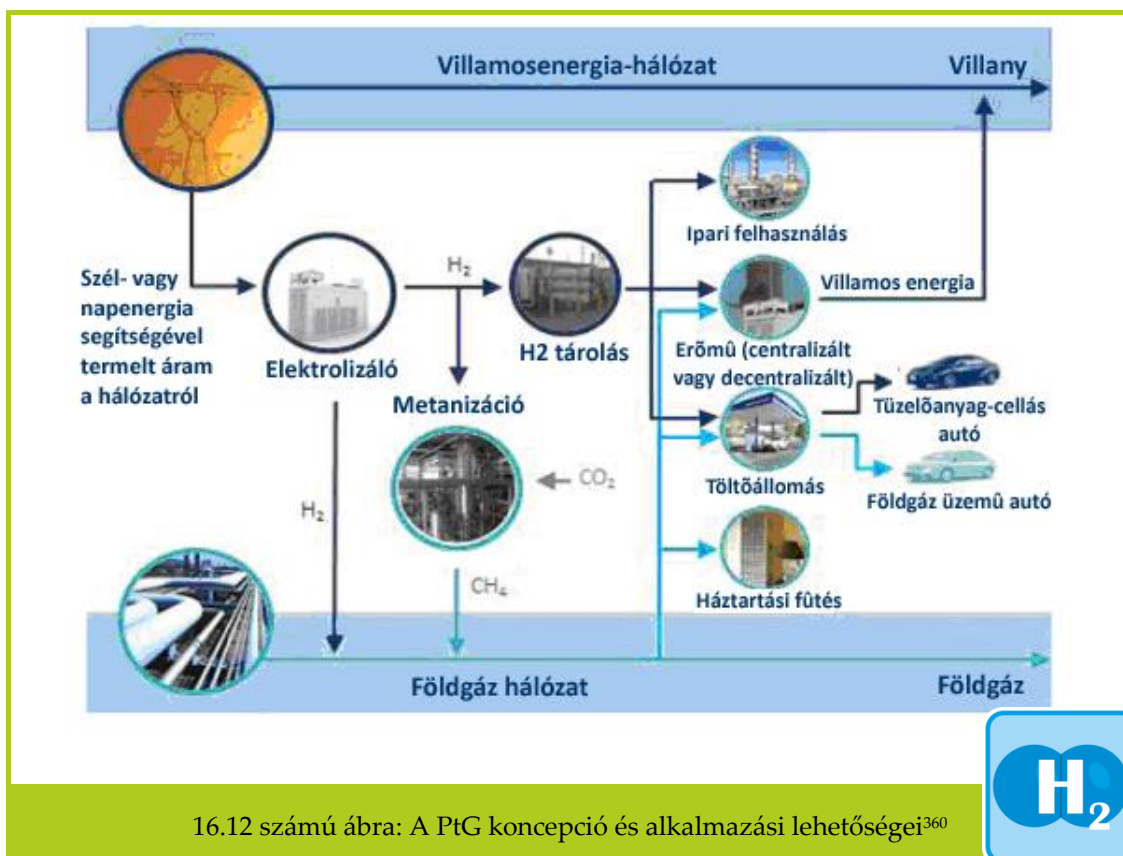
<sup>355</sup> Fuel Cell Today (2013): Water Electrolysis& Renewable Energy Systems. Royston.

<sup>356</sup> German Trade & Invest

<sup>357</sup> <http://www.waterpowermagazine.com/features/featurepumped-storage-the-future-in-germany-4291865/>

<sup>358</sup> Onno Florisson: A step towards the hydrogen economy by using the existing natural gas grid (the NATURALHY-project)

<sup>359</sup> Az USA Tűzvédelmi Egyesülete tanulmánya alapján



16.12 számú ábra: A PtG koncepció és alkalmazási lehetőségei<sup>360</sup>

A hidrogén bekeveréssel, mivel a volumetrikus energiasűrűsége a hidrogénnek kisebb, mint a földgázé, ezért a hidrogén bekverés a „gázkeverék” energiatartalmát némileg csökkentené. Az árekszámolás földgáz esetében hőtartalom (Ft/MJ) alapján történik, így a bekeverés szabályozói és pénzügyi szempontból nem is olyan egyszerű kérdés, amelyet fel kell oldani az alkalmazásig.

### Komprimált földgázba kevert hidrogén (HCNG), mint üzemanyag

Jelen projektben betöltött jövőbeni fontos szerepe miatt önálló alfejezetben foglalkozunk a földgázhoz, pontosabban sűrített földgázhoz (CNG) kevert hidrogénnel. Azaz egy olyan gázkeverékkel (HCNG, angol szakirodalomban időnként Hythane néven említik<sup>361</sup>), amely a metán mellett meghatározott arányban hidrogént is tartalmaz, és adott arányok mellett még normál CNG üzemű járművekben – átalakítás nélkül – is felhasználható. (Hidrogén bekeverést egyes esetekben földgáz üzemű gázmotoroknál is alkalmaznak.) Jelentősége tehát abban van, hogy egy potenciális hidrogén végfelhasználási területként kezelhetjük, miközben alapvetően egy meglévő infrastruktúrát használunk. Tehát ilyen (HCNG) értéklánca nem feltétlenül kell – tiszta hidrogént felhasználó - tüzelőanyag-cella technológiás végfelhasználó, amely főleg rövid és középtávon még előnyösebb, olcsóbb megoldás lehet.

<sup>360</sup> Forrás: California Hydrogen Business Council (2015): Power-to-Gas - The Case for Hydrogen White Paper

<sup>361</sup> Egyes szakirodalmak a „Hythane” fogalommal a 20%-nál kisebb hidrogén tartalmú keverékeket illetik; míg a 20% feletti hidrogén arányú keverékekre használják a „HCNG” kifejezést.

Habár a jövő járműhajtása az elektrifikáció felé halad, ez évtizedes folyamat lesz, és az addig elvezető úton fokozatos átállást, egyre fejlettebb köztes „mérőköveket” (technológiai megoldásokat) lehet illetve célszerű megvalósítani. Ez azt is jelenti, hogy adott esetben többszörös hasznú intézkedéseket, technológiákat érdemes alkalmazni. **A Zalaegerszeg 100% megújuló projektben ilyen lehet a sűrített földgázba (CNG), mint motorhajtó anyagba bekevert hidrogén (HCNG), amellyel gáz (CNG) üzemű – belső égésű motoros - járművek működtethetőek.** Az eddigi gyakorlatban 8-50% (V/V%) közötti HCNG keveréket használtak, és ennek egyik előnye, hogy még a viszonylag tiszta CNG üzemhez képest is, a kipufogó gázok NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, CH emisszióját mérsékelni képes a hidrogén bekeverés. A jelenleg meglévő gázüzemű motorok HCNG-vel is képesek közlekedni, de magasabb hidrogénarányok esetében a motor beállításain változtatni szükséges. A szakirodalmi adatok<sup>362</sup> 20-30 (V/V)% közé teszik az – emissziók, és motorteljesítmény szempontjából - optimális hidrogénarányt a HCNG-ben, de inkább a 20-23% körüli értéket tekintik ideálisnak. A NO<sub>x</sub> emisszió esetében a csökkenés akár 50% is lehet HCNG-vel, ha megfelelő motorbeállításokat használnak. A hidrogén bekeverés a CNG-be a legtöbb esetben magán a töltőállomáson történik.

A svédországi Malmöben folytatott tesztelés keretében két CNG buszt üzemeltettek különböző HCNG keverékekkel. 8 (V/V)% hidrogénarány mellett nem változtattak a CNG buszon; 25% hidrogénarány esetében motorbeállításokon változtattak.

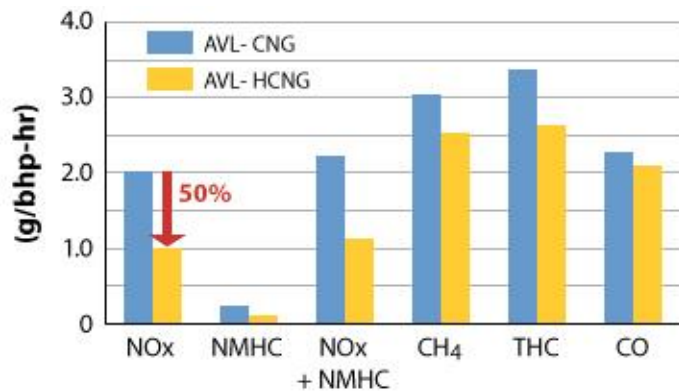
A HCNG járművek sorozatgyártásban még nem készülnek, de a világon viszonylag elterjedt kutatása és demonstrációja zajlik. Az erős földgáziparral rendelkező országok vannak általában ennek élmezőnyében (pl. Olaszország, Svédország, az USA egyes államai).

A hidrogén bekeverés értelemszerűen csökkenti a CO<sub>2</sub> emissziót, azonban a hagyományos légszennyezők kibocsátására is kedvező hatással van. Ezek közül a nitrogén-oxidok (NO<sub>x</sub>) esetén érhető el vele a legjelentősebb kibocsátás-csökkenés, de a nem-metán szénhidrogének (NMHC) kibocsátás-csökkenés is érdemi mértékű. E tendenciák láthatóak a következő ábrán.

---

<sup>362</sup> Hydrogen-Compressed Natural Gas (HCNG) Transport Fuel. Topic Paper #25. (2012)

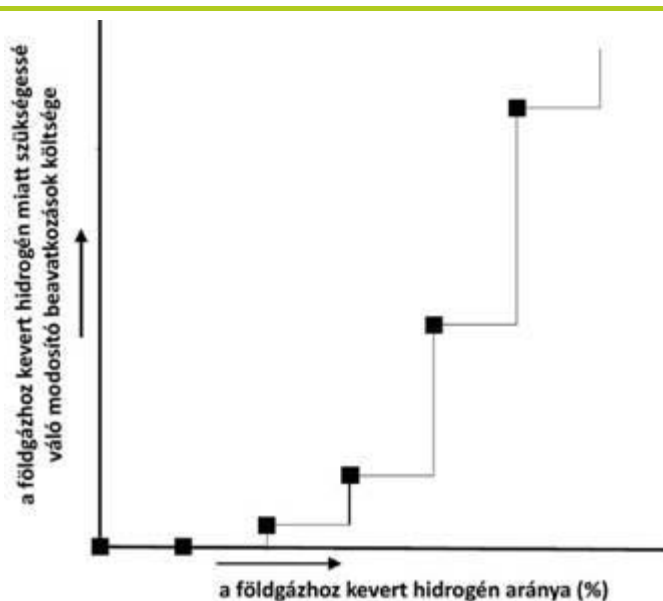




16.13 számú ábra: HCNG üzemű buszok esetében elérhető fajlagos (tömeg/bevitt energia [g/bhp-hr] dimenzióban mért) emissziócsökkenés mértéke az egyes szennyező komponensek esetében a normál CNG üzemű buszokhoz viszonyítva, 20%-os hidrogén bekeverési HCNG esetében<sup>363</sup>



A lentebb található ábrán pedig vázlatos „kvalitatív jelleggörbe” szemlélteti, hogy alacsony hidrogén bekeverési arányok esetében még nem jelentkeznek addicionális költségek; majd a bekevert hidrogén arány növekedésével fokozatosan növekvő költségekre lehet számítani.



16.14 számú ábra: A hidrogén földgáz rendszerbe történő bekeverése miatt esetlegesen szükséges intézkedések költségének jellege a hidrogén hozzákeverési arány függvényében<sup>364</sup>



Összefoglalva, az NREL tanulmánya<sup>365</sup> alapján: viszonylag alacsony, 5-15% (V/V%) hidrogén bekeverési arány nagy valószínűséggel nem jelent semmilyen – érzékelhető mértékben megnövekedő - kockázatot, sem a földgáz végfelhasználói eszközök működésében, a földgáz hálózat biztonsági paramétereiben, a hálózat tartósságában (élettartam), sem integritásában.

<sup>363</sup> Forrás: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

<sup>364</sup> Forrás: O. Florisson

<sup>365</sup> US DoE National Renewable Energy Laboratory: Blending Hydrogen into Natural Gas Pipeline Networks: A Review of Key Issues. 2013.

#### 16.2.4 Hidrogén alkalmazási módok: komprimált gáz és/vagy folyékony hidrogén

Az 16.1.3 fejezetben leírtaknak megfelelően a hidrogén egyik fontos tulajdonsága a rendkívül alacsony sűrűsége, emiatt normál állapotban a volumetrikus energiasűrűsége ( $\text{MJ}/\text{Nm}^3$ ) is igen alacsony, az energetikai, közlekedési alkalmazást ebben a formájában gyakorlatilag lehetetlenné tenné. A probléma leküzdésére a hidrogén tárolására a következő megoldásokat alkalmazzák jelenleg:

- folyékony halmazállapotú hidrogén,
- komprimált gáz állapotú hidrogén (jellemző nyomásszintek on-board: 350 bar, 700 bar).

##### **Folyékony halmazállapotú hidrogén:**

A cseppfolyósított hidrogén sűrűsége (ezáltal energiasűrűsége) nagyobb ugyan, mint a komprimált gáz állapotú hidrogéné, de a hidrogén-cseppfolyósítási technológia meglehetősen bonyolult:

- a hidrogént  $-253\text{ °C}$ -ra kell lehűteni a cseppfolyósításhoz (összehasonlításként az LNG hőmérséklete  $-161\text{ °C}$ ),
- ekkor a folyékony hidrogén sűrűsége:  $70\text{ kg}/\text{m}^3$ ; azaz még mindig igen csekély (összehasonlításként a víz sűrűsége:  $1000\text{ kg}/\text{m}^3$ ),
- **cseppfolyósítás energiaigénye:  $36\text{-}54\text{ MJ}/\text{kg-H}_2$  ( $10\text{-}15\text{ kWh}/\text{kg-H}_2$ )**

Ami a folyékony hidrogén esetében **a legnagyobb problémát az okozza**, hogy rendkívül magas a cseppfolyósítás energiaigénye. A megadott alacsonyabb fajlagos energiaszükséglet a nagyobb kapacitású cseppfolyósító üzemekhez tartozik; a kisebb kapacitású –  $\sim 200\text{ kg-H}_2/\text{óra}$  – cseppfolyósító üzemek fajlagos energiaigénye magasabb. A cseppfolyósítás tehát gyakorlatilag a hidrogén **energiatartalmának (LHV) kb. 1/3 részét használja fel**. Ez gyakorlatilag **meghiúsíthatja** a folyékony hidrogén alkalmazási koncepciót.

Folyékony hidrogén trélerek (teherautók) bár évtizedek óta léteznek, de ezek rendelkezésre álló alacsony száma, szintén „szűk keresztmetszet” lehet (Mo-n jelenleg nem tudunk ilyen trélerről); továbbá igen jelentős a bekerülési költségük. Másrészről itt figyelembe kell venni, hogy a nagy autógyártók **nem tervezik** a folyékony hidrogén on-board tárolását, mert meglehetősen komplikált technikai megoldásokat igényel a jármű és töltő-infrastruktúra részéről is. Továbbá a komprimált gáz állapotú ( $700\text{ bar-os}$ ) hidrogénnel is ma már megfelelő, kb.  $\sim 500+$  km-es hatótávolságok érhetőek el. (A BMW a 2000-es évek közepén, második felében kísérletezett folyékony hidrogént tároló személyautóval, de e fejlesztési irányt a fenti okok miatt nem vitték tovább.) Nem valószínűsíthető tehát, hogy a HFC járművek részéről igény jelenne meg kifejezetten a folyékony hidrogén iránt a töltőkutakon. Így a cseppfolyósítás gyakorlatilag csakis a szállítás miatt lenne előnyös. Nem mellékesen, Magyarországon **jelenleg nincs** hidrogén cseppfolyósító üzem. Cseppfolyós hidrogént ott használnak, ahol a nagy energiasűrűség kulcsfontosságú, ellenben a költségvonzat kevésbé fontos. Ilyen alkalmazási terület pl. az űrhajózás (NASA).

### **Komprimált gáz állapotú hidrogén:**

Az egységnyi térfogatban tárolt hidrogén (azaz „energia”) mennyiségének növelésére a másik megoldás a komprimált gázként való tárolás vagy szállítás. Jelenleg két kitüntetett nyomásszint van az on-board tároláshoz:

- 350 bar<sup>366</sup>: buszokban, targoncákban és egyes személyautókban jellemző,
- 700 bar: a legújabb generációs személyautókra jellemző; a jövőben esetleg a buszokra is.

**A komprimálás energiaigénye, gyakorlati értékei:** az atmoszferikus nyomású hidrogén kompressziójához szükséges energia függ a kiinduló- és végső nyomástól és a komprimálás technológiájától. A jelenlegi technológiai színvonalnak megfelelő, többfázisú komprimálás energiaigénye 10, ill. 17 MJ/kg-H<sub>2</sub> (2,7-4,7 kWh/kg), ha atmoszferikus nyomásról indulunk ki, és 200 vagy 800 bar-ra szükséges a nyomásfokozás, mely értékek közül az utóbbi szükséges a 700 bar-os kitankolás megvalósításához. Másik szerző adatai alapján (Bossel, 2005) a 200 bar-ra történő komprimálás gyakorlati villamos energia igénye 15 MJ/kg-H<sub>2</sub>; mely inkább felülbecslésnek tekinthető. Hazai szakértői vélemény<sup>367</sup> alapján az 1 → 200 bar hidrogén-komprimálás gyakorlati energiaigénye ~11 MJ/kg körül van (ami 3,06 kWh/kg).

A 10 MJ/kg-H<sub>2</sub> (2,78 kWh/kg) energiaigény ~8,3%-át jelenti a hidrogén fűtőértékének (LHV), amely elfogadható, szemben cseppfolyósítás fent említett energiaigényével.

### **16.2.5 Elektrolizálók, főbb típusaik és az energiaigények bemutatása**

Az elektrolízis (elektromos energia hatására létrejövő vízbontás) folyamatában a vízmolekulák (H<sub>2</sub>O) kötéseinek elektrokémiai felbontása során alkotóelemeik, hidrogén (H<sub>2</sub>) és oxigén (O<sub>2</sub>) keletkezik. A vízbontás ún. elektrolizáló cellákban játszódik le, két félreakció eredőjeként az egyes elektródákon. Az elektródák ionvezető elektrolitban helyezkednek el, amely lehet pl. lúgos oldat (alkálikus cellatípus), vagy ionvezető polimer (PEM típusú elektrolizáló). Gáz halmazállapotú hidrogén keletkezik a negatív elektródnál (katód) és oxigén a pozitív elektródnál (anód). A szükséges töltésáramlást a hidroxid ionok (OH<sup>-</sup>) vagy protonok biztosítják az elektrolitban, és elektronok (azaz elektromos áram) az áramkörben. Annak érdekében, hogy megakadályozzák a két keletkező gáz keveredését, a két reakcióter el van szeparálva egymástól egy gáztömör, ion-áteresztő membránnal. A vízbontáshoz szükséges energiát elektromos áram formájában vezetik be a folyamatba, egyenáramként.

A bruttó reakció:  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2$ ,  $\Delta G = 237 \text{ kJ/mol}$

amely az alábbi parciális reakciókból tevődik össze:

anód (+) reakció:  $2 \text{OH}^- \rightarrow \frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^-$

katód (-) reakció:  $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$

<sup>366</sup> A 350 és 700 bar nyomás a jármű feltöltött tankjában értendő.

<sup>367</sup> Kontakt-Elektro Kft., 2014.



Az elektrolizálók alapvetően **három típusát** különböztetik meg:

- (1) alkálikus elektrolizálók,
- (2) membrános (PEM) elektrolizálók,
- (3) magas hőmérsékletű elektrolizálók (HTE).

A jelenleg alkalmazott elektrolizálók nagy része alkálikus (KOH) elektrolizáló, mivel történelmileg ez a legkorábbi technológia. A PEM elektrolizálók most még kevésbé elterjedtek, de dinamikus fejlődést mutatnak napjainkban is; ezek tulajdonképpen a PEM tüzelőanyag-cellák fordított működésének felelnek meg. A magas hőmérsékletű (HTE) elektrolizálók még inkább csak a távolabbi jövő technológiáját képviselik; jobbra csak az alap kutatások ismertek, így ezekkel nem számolhatunk egyelőre a gyakorlati alkalmazásban.

Közös jellemző, hogy az elektrolizálás kívánt termelési kapacitásának eléréséhez számos „elemi” cellát kapcsolnak össze, amelyek együttesen egy modult (stack-et) alkotnak, hasonlóan a tüzelőanyag-cellákhoz. A moduláris szerkezetnek köszönhetően nagyobb rendszerek kiépítése elvileg egyszerűen megvalósítható, több modul alkalmazásával.

A következő alfejezetek olvasása során külön felhívjuk a figyelmet az energiafelhasználási adatoknál, hogy egyaránt szó esik elméleti, stack (modul) szintű és rendszerhatásfokokról is. Jelen stratégia keretében természetesen csak a „végső”, rendszer-szintű energiafelhasználás számít, amellyel számolni lehet a gyakorlat szintjén, ezért ezt majd a fejezet végén külön kiemelésben megadjuk.

Az elektrolízis **elméleti energiaszükséglete**, azaz egy normálköbméter hidrogén előállításához szükséges villamos energia mennyiség – egyenáramként –  $3,54 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{Nm}^3$ , ami tulajdonképpen a hidrogén égéshőjének (HHV) felel meg. Ez tehát az az elméleti érték, amelyet nem érhetünk el a gyakorlatban alkalmazott elektrolízis során, de minél inkább megközelítjük, annál ideálisabb (jobb hatásfokú) a rendszer.

<sup>368</sup> Forrás: Hydrogenics, CET H2

### Alkálikus elektrolizálók:

Érett technológiának tekinthető. Alkálikus elektrolizálóknál valamilyen lúg, általában 30% körüli koncentrációjú kálium-hidroxid (KOH) oldat képezi az elektrolitot, mivel ez segíti az ionáramlást. Az alkálikus elektrolizálók valós működési körülmények közti hatásfoka ~60-70%<sup>369</sup> (LHV-ra vonatkoztatva). Néhány tipikus működési paraméter: hőmérsékletük 70-100 °C, az elektrolit hőmérsékletét tekintve; cellafeszültség 1,7-2,2 V; áramsűrűség 0,2-0,6 A/cm<sup>2</sup>. Az előállított hidrogén tisztasága ~99,8%.

Energiafogyasztásuk stack szintjén: **4-5 kWh/Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>**.

Előnyük, hogy felépítésük olcsó elektródokkal és más komponensekkel is megvalósítható. Hátrányuk az alacsonyabb hatásfok, és a jelentősebb méret.

### PEM elektrolizálók:

A PEM elektrolizálóknál protoncserélő (PEM) membrán képezi az elektrolitot. Tulajdonképpen a PEM típusú tüzelőanyag-cella működésének megfordított folyamataként működik. Szerkezeti felépítésükben is nagyon hasonlítanak a PEM tüzelőanyag-cellákhoz, de az oxigén-oldali korróziós problémák miatt inkább fém komponenseket használnak; katalizátorként platinát vagy platina ötvözeteket; eltérő továbbá a membrán (elektrolit) vastagsága. Felépítésükhöz nemesfémek, így például az említett platina szükséges. (Az alkálikus elektrolizálóknál olcsóbb katalizátorok, például nikkel is megfelelő.)

A PEM elektrolizálóknál<sup>370</sup> egyik előnye, hogy magasabb nyomásszinten tudják szolgáltatni a hidrogént (output pressure) 30 bar körül már jelenleg is, amely így alkalmassá válhat – további kompresszor munka nélkül - középnyomású gázvezetékbe való betáplálásra. A PEM elektrolizáló H<sub>2</sub>-output nyomását maga az elektrokémiai reakció „szolgáltatja”, így nincs szükség további kompressziós munkára; persze attól függően, hogy milyen további „végfelhasználói” nyomásszintre van szükség. A jövőben egyes PEM elektrolizáló gyártók<sup>371</sup> messze 30 bar output nyomás feletti (akár ~100-200 bar) elektrolizálóknál megjelenését is elképzelhetőnek tartják. A PEM elektrolizálóknál további előnye a némileg magasabb hatásfok, kompaktabb, biztonságosabb felépítés.

A HFC JU egyik pályázati kiírása<sup>372</sup> alapján a PEM elektrolizálóknál vonatkozó főbb jellemzők:

- **Elvárt átlagos élettartam:** > ~40.000 óra
- Elektrolizáló stack rendelkezésre állása: >99%
- Hidrogén termelő kapacitás (stack szinten): min 100 Nm<sup>3</sup>/h (~460 kW)

<sup>369</sup> Forrás: Dimitrios Tsiprakides: PEM water electrolysis fundamentals.

<sup>370</sup> Az elektrolizálóknál vonatkozó szabvány: ISO 22734-1:2008 Hydrogen generators using water electrolysis process -- Part 1: Industrial and commercial applications.

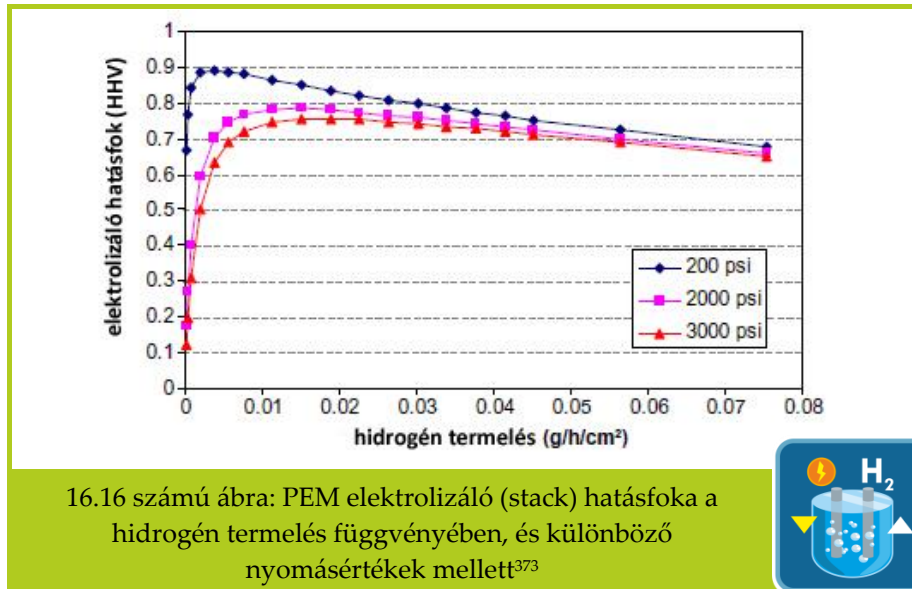
<sup>371</sup> Everett Anderson (2012.): Recent Advances in Cost & Efficiency for PEM Electrolysis. H2FC-Fair, Hannover Messe.

Prof. V. Fateev (2013.): High pressure PEM electrolyzers: efficiency, life-time and safety issues. Fraunhofer ISE, Freiburg.

<sup>372</sup> HFC JU (2013) Call for proposal: SP1-JTI-FCH.2013.2.3: Large capacity PEM electrolyser stack design.



- Szükséges villamos energia igény: 4,0-4,2 kWh/Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub> (30 bar H<sub>2</sub> outlet nyomás)
- Stack fajlagos költség: < € 2500/Nm<sup>3</sup>/h, ami közelítően 520 €/kW<sub>input</sub> (835 €/kW<sub>H<sub>2</sub></sub>)



*Megjegyzés: PEM elektrolizálók teljesítmény-degradációja*

PEM elektrolizálók használatakor figyelembe kell venni, hogy a cellafeszültség idővel emelkedik, ami a fentiek szerint hatásfok csökkenéshez vezet. Ennek oka, hogy a membránban található víz mennyisége növekszik, továbbá a katalizátor és más fém komponensek oxidációja. Ez a feszültségnövekedés a cella élettartamának első néhány ezer órájában jelentősebb, a későbbi működési fázisban pedig már csekély mértékű. Kezdetben a feszültségnövekedés 20-50  $\mu\text{V}/\text{h}$ , később lecsökken  $<3 \mu\text{V}/\text{h}$  értékre. Gondos tervezéssel és megfelelő anyagok alkalmazásával e teljesítmény-degradáció mértéke csökkenthető (F. Barbir). Tehát ezek alapján, ha az elektrolizáló hatásfoka vagy a termelendő hidrogén pontos mennyisége nagyon fontos, akkor célszerűbb az elektrolizáló életciklusának végén tapasztalható teljesítményértéket a tervezés alapjául venni, mint a kezdetit.

Egy másik jelentős gyártó (Statoil Hydro) adatközlése<sup>374</sup> alapján megállapítható, hogy nagyobb kapacitású elektrolizáló kisebb fajlagos energiaszükséglet (4,1 kWh/Nm<sup>3</sup>) mellett képes működni; de szintén nagyon figyelemre méltó, hogy másodpercnél számottevően **rövidebb a válaszidő**. Továbbá a PEM elektrolizálók a beépített kapacitásuk igen tág határai között üzemeltethetők: ~5-100% között. Ezek szintén előnyt jelentenek az alkális elektrolizálókhoz képest, amelyek általában 20-100%, tehát szűkebb teljesítménytartományban üzemeltethetők, és kevésbé jól bírják a gyakori terhelésváltozásokat. A PEM elektrolizálók be- és kikapcsolhatóak 1-2 perces időtartam alatt. **E tulajdonságok ideálissá teszik a PEM elektrolizálókat a megújuló energia rendszerekkel történő együttműködésre.** Szóbeli

<sup>373</sup> Forrás: F. Barbir

<sup>374</sup> Dr Hans Jörg Fell (Statoil Hydro, 2009): On-site hydrogen production by water electrolysis – status and trends.

adatközlés<sup>375</sup> alapján a modern PEM típusú elektrolizálók akár közvetlenül is csatlakoztathatóak például szélerőműhöz (a fent megadott teljesítménytartományban), mert elviselik azt a teljesítmény-fluktuációt, amelyet egy szélerőmű produkál. Ugyanezen szóbeli adatközlés alapján a PEM elektrolizálók a hivatalosan megadott 5%-os alsó terhelhetőségi küszöb helyett a gyakorlatban akár már 1-2%-tól üzemeltethetőek.

A megawatt léptékű (PEM) elektrolizálók már nem tekinthetők egyedi prototípusoknak. A Proton OnSite cég 2015 elején **normál kereskedelmi forgalomba bocsátotta** 1 és 2 MW egység teljesítményű PEM típusú elektrolizálóit. Az elektrolizáló rendszert **szabványos 40'-os konténerben** (12 x 2,3 m) helyezték el, tehát a helyigénye nem jelentős; egyszerűen szállítható és telepíthető. A 2 MW-os berendezés valamivel több, mint 400 m<sup>3</sup>/óra (cca. 40 kg/óra) hidrogén állítható elő. E mennyiség – a napi autóhasználattól és az elektrolizáló kiterheltségétől függően – átlagosan akár mintegy ~200 HTC személyautó hidrogén üzemanyagigényét tudná kielégíteni.

#### 16.2.6 Összefoglaló az elektrolízis és a komprimálás energiaigényéről, vízigényéről

Még egyszer felhívom a figyelmet, hogy Magyarországon nem valósult meg meg energetikai célú elektrolízis, továbbá az áttekintett nagyszámú nemzetközi szakirodalom számadatai is **némi szórást mutatnak**, illetve a referencia körülmények általában nem kellő pontossággal meghatározottak (pl. stack vagy rendszer szintű energiaigényről van szó), így pontos, megbízható adatok meghatározása jelen fázisban nehézkes. Emiatt a következőkben táblázatos formában összefoglalom az elérhető adatokat, megadva azt, ahol referencia körülmény is fellelhető volt az adott szakirodalomban, majd a további számítást segítő, **használatra javasolt átlagos energiafelhasználási adat** kerül megadásra.

A következő táblázat az elektrolízis **vízigényét** is megadja; mert bár ennek jelentősége viszonylag kicsi, nem a kémiai reakció sztöchiometriájából adódó vízmennyiség szükséges a gyakorlatban. Ennek elsődleges oka, hogy az elektrolízis során képződő gázok nedves állapotban távoznak, így némi vizet ragadnak magukkal.

---

<sup>375</sup> Szóbeli adatközlés: Hydrogenics GmbH képviselője, 2014.02.19. Budapest: HFC busz konferencia.

Villamos energia igény	Megjegyzés	Forrás
4,8 kWh/ Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> ± 0.1 kWh	elektrolizáló és kompresszor	CHIC-project.eu
5,1 kWh/Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> ± 0.1 kWh	fentiek + transzformátor, egyenirányító, gáztisztítás. Mindez 10-15 bar output nyomás mellett	
4,3 kWh/ Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub>	elektrolizáló önmagában	US DoE
4,8 kWh/ Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub>	teljes rendszer (alkális elektr.)	
4,9 kWh/ Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub>	igen kis kapacitású PEM elektr. (0,18 Nm <sup>3</sup> /h), 15 bar nyomású H <sub>2</sub>	ITM Power (H Core modell)
4,1 kWh/Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub>	PEM elektrolizáló 450 Nm <sup>3</sup> /h+ (nagy) kapacitású	Statoil Hydro
4,2 kWh/Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub>	PEM elektrolizáló 130 Nm <sup>3</sup> /h (közepes) kapacitású	
4,1-5,1 kWh/Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub>	PEM elektrolizálók, stack szintű energiafogyasztása	D. Tsiplakides
4,0-4,2 kWh/Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub>	PEM elektrolizálók	V. Fateev
<b>Vízigény</b>	<b>Megjegyzés</b>	<b>Forrás</b>
1,24 Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> /1 liter víz 0,111 kg H <sub>2</sub> /1 liter víz	elméleti vízszükséglet akár csapvíz is megfelelő, de előzetes vízkezeléssel (ioncsere, lágyítás)	F. Barbir
16.1 számú táblázat: Az elektrolízis gyakorlati villamos energia- és vízigénye különböző források szerint		

A fentiek alapján és konzervatív megközelítéssel élve jelen tanulmány keretében **javasolt, átlagos, rendszer szintű elektrolízis energiaszükséglet**, amely a tároláshoz szükséges komprimálási munkát is magába foglalja:

**5,0 kWh/Nm<sup>3</sup> hidrogén**  
55,7 kWh/kg hidrogén

A hidrogén komprimálás átlagos, gyakorlati villamos energia szükséglete, 1 bar → 200 bar esetén:

11 MJ/kg hidrogén  
3,1 kWh/kg hidrogén  
**0,274 kWh/Nm<sup>3</sup> hidrogén**

### 16.2.7 Hidrogéntárolás

A hidrogéntárolás egyes jellemzőit a 16.2.4 fejezetben már bemutatottuk, amely az on-board, azaz a járművekben történő tárolásra („üzemanyag-tankokra”, 4-6 kg) vonatkozott. Jelen fejezetben a hidrogéntárolás nem on-board, hanem az előállítás helyén történő nagyobb volumenű tárolásával foglalkozunk. A hidrogén komprimálási energiaigényét a 16.2.6 fejezet tartalmazza.

A korábban említett igen kis sűrűsége miatt a hidrogén tárolása – az előállítás helyén - a következő megoldásokkal történhet:

- komprimált gázként:	jelenleg a leggyakrabban alkalmazott megoldás. A tárolási nyomás tág határok közt változhat, jellemzően 5 – 200 bar. A 200 bar-os nyomás például a kereskedelmi forgalomban is kapható palackoknál, palack-kötegeknél (bündeleknel) jellemző.
- folyékony halmazállapotban	a korábban már bemutatottak szerint folyékony halmazállapotban nagyobb tárolási energiasűrűség érhető el, de a cseppfolyósítás rendkívüli energiaigénye és komplex jellege miatt jelen stratégiában nem számolhatunk ezzel.
- szilárd közegű tárolás	ez szilárd fázisú anyagokon vagy anyagokban történő adszorpcióval vagy abszorpcióval valósul meg. Ezek legtöbb esetben fém-hidridek. Számos ilyen megoldás már technikailag érett, egyesek esetében viszont K+F+D tevékenység szükséges. A költségvonzata viszont számottevően nagyobb, mint a komprimált gáz állapotú tárolásé; ezért jelen stratégia keretében csak feltételesen alkalmazható.
- egyéb fejlett módszerekkel	ilyenek lehetnek például a különböző nano-strukturált anyagok (pl. szén-nanocsövek), de itt még kiterjedt alapkutatás is szükséges. Jelen stratégiában még nem számolhatunk e technológiával.
- föld alatti, nagyléptékű tárolás	kimerült föld alatti gáz- vagy olajmezőkben, vagy ún. só dómokban elvileg lehetőség lenne nagyléptékű (sok millió m <sup>3</sup> nagyságrendű) hidrogén tárolásra, ami már szezonális léptékű energiatárolást tenne lehetővé. Ez viszonylag gyermekcipőben járó terület; mindössze néhány kísérleti alkalmazása működik csak jelenleg a világban.

Hidrogéntárolási módok	2010	2015	2020
Komprimált gáz hidrogéntárolók	0,8 t kapacit. 0,5 M€/t	5 t kapacit. 0,45 M€/t	10 t kapacit. 0,4 M€/t
Szilárd közegű hidrogéntárolás	3 t kapacit. 5 M€/t	5 t kapacit. 1,5 M€/t	10 t kapacit. 0,85 M€/t
Centralizált, föld alatti hidrogéntárolás	-	-	4000 t kapac. 0,006 M€/t

16.2 számú táblázat: Hidrogéntárolás jelenlegi és jövőben várható költségei<sup>376</sup>

A közelítő tervezési adatokhoz megadható egy táblázat, amely a tárolt hidrogén mennyiséget (kg) mutatja, az alkalmazott nyomás és az alkalmazott tároló térfogatának tükrében. A „Zalaegerszeg 100% megújuló” jellegű projekthez az 50-80 m<sup>3</sup> körüli tartályok, és 80 bar körüli tárolási nyomásszint valószínűsíthető (lásd zöld kiemeléssel); ilyeneket a németországi

<sup>376</sup> Forrás: Mirela Atanasiu: Introduction to portfolio of energy demonstration projects. FCH JU, 2013

demonstrációs projektekben is sikerrel alkalmaznak már (pl. Mainzban). Szükség esetén több ilyen tartály installálható a tárolt mennyiség növelése érdekében, így a moduláris bővíthetőség lehetőségét a tervezéskor célszerű biztosítani.

Tároló térf. (stand liter)	Nyomás (bar)				
	15	80	200	350	700
500	0,6	-	7,3	11,4	17,6
1 000	1,3	-	14,6	22,7	35,3
5 000	6,3	-	73,2	113,7	176,4
10 000	12,7	67	146,4	227,4	352,7
15 000	19,0	-	219,6	341,0	529,1
20 000	25,3	-	292,9	454,7	705,4
50 000	63,5	334	-	-	-
80 000	101	535	1168	-	-

16.3 számú táblázat: Tárolható (komprimált gáz állapotú) hidrogén mennyisége (kg) a nyomás és a tároló térfogata függvényében (t= 15 °C-on)<sup>377</sup>

### Földalatti, nagyléptékű hidrogéntárolás

E részterületet csak érintőlegesen mutatjuk be, mivel a tényleges, Zalaegerszeg környéki alkalmazhatóságának megalapozását igen komoly, kiterjedt földtani kutatások tudnák csak megalapozni. Rövid vagy középtávon a földalatti hidrogéntárolás kis valószínűséggel jöhet csak szóba; bár a fenti 16.2 táblázatban a földalatti tárolás indikatív költsége is megadásra került.

Fontos kiemelni azt is, hogy az értéklánc egyes elemeinek „nagyságrendje” nem szakadhat el lényegesen egymástól egy adott időpontban. Tehát ameddig nem jelenik meg jelentősebb hidrogén mennyiséget felvenni képes végfelhasználó, addig a tárolás vagy előállítás területén sem lehet (illetve nem érdemes) nagyságrendekkel nagyobb mennyiségek kezelését lehetővé tevő megoldásokban gondolkodni.

A hidrogén földalatti tárolására elvileg több geológiai formáció is alkalmas lehet, úgymint: só dómok, kimerült olaj/gáz mezők, víztározók, egyes felhagyott bányák. A földalatti földgáztárolás kb. 100 éve működik, és számos itt nyert tapasztalat alkalmazható lenne a hidrogéntárolásban is. Egy geológiai formáció akkor alkalmas hidrogéntárolásra, ha tömítettsége biztosított, a tárolt hidrogén esetleges szennyeződése baktériumok, szerves és szervetlen komponensek által minimális, valamint a tároló és fúróluk kialakítása elfogadható költséggel megtörténhet. A következő táblázat, és az eddigi kisszámú gyakorlat alapján az ún sódómok lennének leginkább alkalmas formációk hidrogén földalatti tárolására.

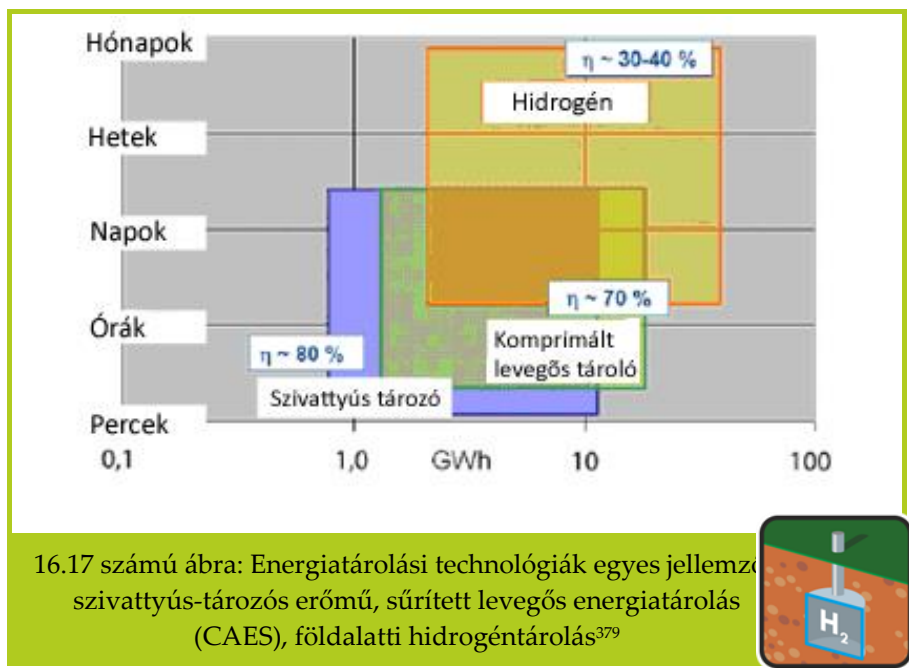
<sup>377</sup> Forrás: ITM Power: Hydrogen Mass/Volume Lookup Table és saját számítás



Jellemző	Só dómok	Kimerült olajmezők	Kimerült gázmezők	Víz-tározók	Bélelt kőzet üregek	Nem bélelt kőzet üregek
Biztonság	++	+	-	-	-	-
Technikai megvalósíthatóság	+	++	++	++	o	-
Beruházási költség	++	o	o	o	+	+
Működési költség	++	-	o	o	++	+

16.4 számú táblázat: Hidrogéntárolásra potenciális alkalmas geológiai formációk kvantitatív jellemzése<sup>378</sup>

Ahogy a következő ábrán is látható a hidrogén geológiai formációkban történő tárolása akár szezonális léptékű energiatárolásra is lehetőséget adhat, a tárolt energia tekintetében pedig több tíz GWh mennyiségről beszélhetünk. Ez, szemben a szivattyús-tározós erőmű kb. napi vagy ~48 órás tárolási kapacitásával, hosszabb idejű (akár hónapos), és többszörös mennyiségű tárolást is lehetővé teszi, igaz számottevően rosszabb eredmény mellett. Viszont a váltakozó módon rendelkezésre álló megújuló energiák nagyléptékű tárolására csak néhány tárolási mód jöhet szóba, melyeket az összehasonlíthatóság érdekében a 16.17 ábra szintén tartalmaz.



<sup>378</sup> Forrás: International Energy Agency: Technology Roadmap - Hydrogen and Fuel Cells. 2015.

<sup>379</sup> Forrás: Ludwig-Bölkow Systemtechnik, 2010.)

## 16.3 Hidrogénbiztonság kérdése, védőtávolságok, telepíthetőség

### 16.3.1 Hidrogénbiztonság

Talán az egyik első kérdés, ami a laikus közvéleményben vagy akár energetikai szakemberek körében a hidrogénnel kapcsolatosan felmerül, hogy vajon **kellően biztonságos-e**, mint energiahordozó és motorhajtóanyag? A hidrogénnek, mint minden más energiahordozónak, vagy üzemanyagnak magas az energiatartalma, hiszen éppen ez az egyik fontos tulajdonság, amely alkalmassá teszi ezeket ilyen célra.

A leggyakrabban hangoztatott kétség a hidrogénnel szemben, a valóban széles lobbanási tartománya; lásd a lentebbi táblázatban. Viszont több más tulajdonsága szempontjából a hidrogén **kedvezőbb biztonsági szempontból**. Noha széles a lobbanási tartománya, a valós körülmények között ez nehezebben alakul ki, szemben más jelenleg alkalmazott és elfogadott üzemanyagok esetében (pl. benzingőz). Ennek oka, hogy kb. 14-szer könnyebb a levegőnél és nagy a diffúziós együtthatója, ezért rendkívül gyorsan felemelkedik, elkeveredik, igen csekély a valószínűsége az égési, vagy a robbanási határ elérésének nyílt téren. És mivel a sűrűsége kicsi (ezzel együtt térfogati energiatartalma is), ezért ugyanakkora résen szivárgó földgázhoz képest – még a nagyobb diffuzivitása ellenére is - csak töredék robbanási energia jut ki hidrogénként a környezetbe, mint pl. benzingőz vagy akár földgáz esetében (lásd a táblázat utolsó sorait). Emellett a hidrogén lángsugárzásos hőleadása igen kicsi, szemben pl. PB-gáz, földgáz vagy benzin lángjával. Emiatt utóbbiak egy potenciális baleset során igen gyakran gyújtják meg környezetüket is, míg a hidrogén láng igen kevés energiát sugároz a környezetébe, emiatt a másodlagos tüzek valószínűsége jóval kisebb. Ami még igen fontos, hogy egy tűz esetén az egyik gyakori veszélyforrás a fosszilis energiahordozók égése során várható füstmérgezés (nem is a közvetlen égés a leggyakoribb sérülési ok), viszont a hidrogén égése során csak vízgőz keletkezik. A táblázatban azt is érdemes megfigyelni, hogy a hidrogénnek az alsó égési és a robbanási határa között igen nagy a különbség, több mint 3-szoros, azaz a hidrogén koncentrációnak 3-szorosra kell(ene) növekednie, úgy hogy közben nem gyullad meg, hanem eléri az alsó robbanási küszöböt; ez különösen szabadtéren elég nehezen valósul meg. Ugyanakkor a táblázatból az is látható, hogy a földgáz esetében csak 18%-kal, a benzin esetében mindössze 10%-kal magasabb az alsó robbanási küszöb-koncentráció az égési határhoz képest.

A hidrogén még néhány, a **biztonsághoz kapcsolódó tulajdonsága**:

- nem toxikus, nem rákkeltő, nem magzatkárosító,
- nem korrozív, nem radioaktív<sup>380</sup>,
- nem okoz semmilyen visszamaradó környezetszennyezést (vesd össze pl. olajtankerek vagy az olajfúró-tornyok katasztrófáival).

---

<sup>380</sup> A trícium izotóp kivételt képez, de hétköznapi energetikai jelentősége nincs.

Összefoglalva: a hidrogén **összességében nem veszélyesebb üzemanyag**, mint a jelenleg használtak (pl. benzin, PB-gáz, földgáz), **csak más jellegűek a kockázatok**, viszont a megfelelő intézkedések betartásával ezek egyértelműen kezelhetőek. Sőt, egyes tényezők tekintetében a hidrogén még kedvezőbb biztonsági tulajdonságokkal bír, mint a mostani üzemanyagok (lásd zöld kiemeléssel a táblázatban). Minden gyúlékony anyagot természetesen az adott anyag fizikai tulajdonságaiból fakadó és megfelelő gondossággal kell kezelni. Ezért is nagyon fontos a hidrogén fizikai-kémiai tulajdonságainak ismerete.

	Hidrogén	Földgáz	Benzin
Öngyulladás hőmérséklet [°C]	585	540	228-501
Égési határ, levegőben [V/V%]	4-75	5,3-15	1,0-7,6
Robbanási határ, levegőben [V/V%]	13-65	6,3-13,5	1,1-3,3
Diffúziós együttható [cm <sup>2</sup> /s]	0,61	0,16	0,05
Minimális gyújtási energia [mJ]	0,02	0,29	0,24
Robbanási energia térfogatra [gTNT/m <sup>3</sup> ]	2,02	7,03	44,2

16.5 számú táblázat: A hidrogén, földgáz és benzin egyes, biztonságtechnikai szempontból fontos tulajdonságai<sup>381</sup>



Hidrogén üzemű gépkocsik biztonsági tesztjeiről szóló videó a következő linken is megtekinthető: <http://www.youtube.com/watch?v=Iw11VprgN44&feature=related>

Természetesen csak a hidrogénbiztonság kérdésköréről több kötetnyi tanulmányt lehetne összegyűjteni vagy írni; itt csak egy nagyon vázlatos áttekintésre volt lehetőség, a főbb konklúziók megadásával. Nyilvánvalóan a biztonsági tesztek az elsők voltak az autóiiparnál, amelyeket elvégeztek (és jelenleg is végeznek), mielőtt hidrogén üzemű autókba investálnának rendkívüli összegeket, és terveznék a piacra léptetésüket. A kérdést helyesen úgy kell(ene) megfogalmazni, hogy „veszélyesebb-e a hidrogén, például motorhajtó anyagként, mint a benzin?” (Vagy bármely más, jelenleg elterjedten használt energiahordozó veszélyesebb-e – beleértve például villamos energiát is, holott rendszeresen előfordulnak

<sup>381</sup> Forrás: Enertag: Wasserstoff – weniger Gefahr als Benzin

<sup>382</sup> Forrás: US DoE

halálos áramütések -, amelynek kockázatait viszont a társadalom már elfogadta?) Gyakorlatilag minden szakértői tanulmány arra jut, hogy a hidrogénből fakadó kockázatok nem jelentősebbek, hanem csak jellegükben eltérőek, mint más üzemanyagok; sőt, bizonyos területeken kedvezőbbek a hidrogén biztonsági tulajdonságai.

### 16.3.2 Védőtávolságok, telepíthetőség, „területigény”

Ez egy igen szerteágazó és a megvalósíthatóság részletesebb elemzéséhez külön szakértői vizsgálatokat igénylő terület. Ennek egyik oka, hogy – a hidrogén-energetika újszerűsége miatt – az OTSZ<sup>383</sup> explicit módon nem tartalmaz előírásokat kifejezetten a hidrogénre vonatkozóan. Ugyancsak nem tartalmaz explicit előírásokat hidrogénre vonatkozóan az autógáz töltőállomás<sup>384</sup> vagy más jogszabály sem.

Ami jelenleg, előzetesen megállapítható, hogy a hidrogén-technológia telepítése **nem igényel rendkívül kiterjedt védőtávolságokat**. Az OTSZ szerint egy hidrogén tárolótartályhoz tartozó **általános védőtávolság: 10-15 m**.

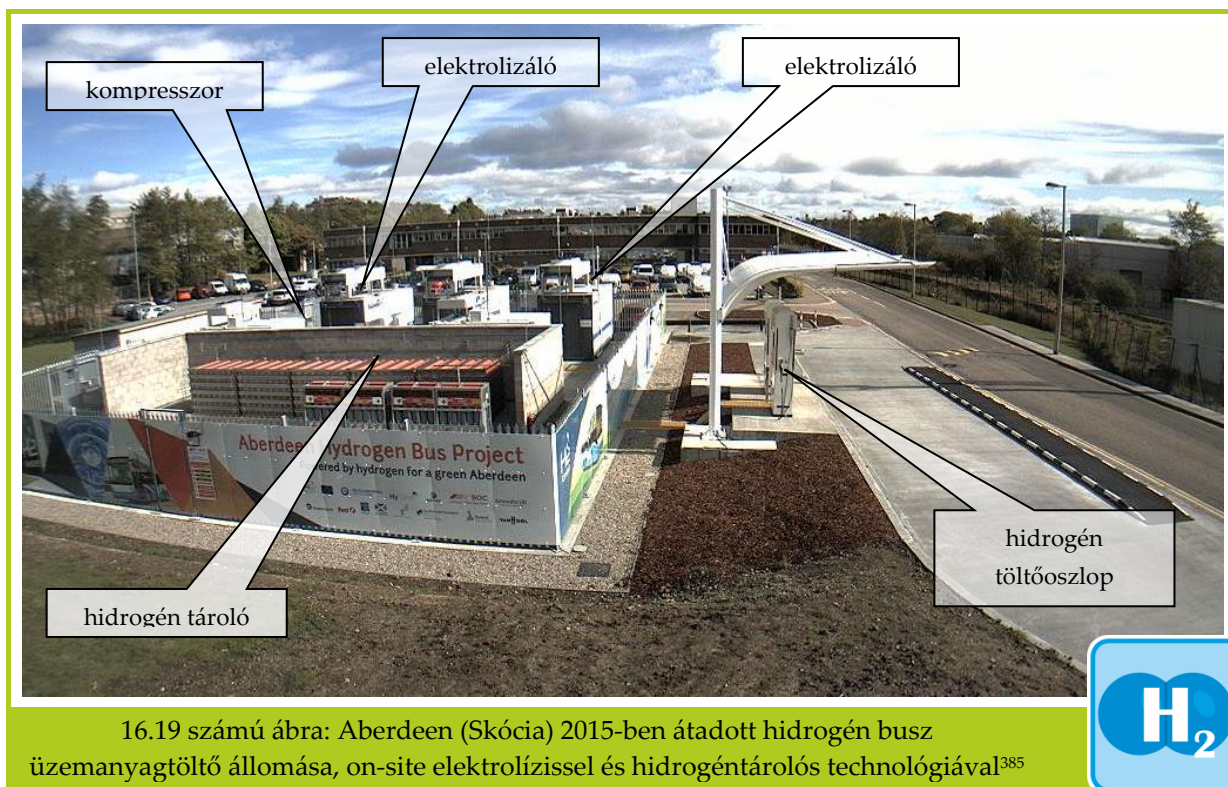
Ráadásul – az eddigi iparági engedélyezési tapasztalat szerint a hidrogén-technológia következő részelemei: i) elektrolizáló, ii) tárolótartály, iii) kompresszor, iv) diszpenzer, egyazon rendszer „saját építményeinek” tekinthetők, így nem kell egyenként, külön-külön számítani és megtartani a fenti védőtávolságot ezektől. (A következő fejezetben bemutatott, „all in one” termék, konténeres hidrogéntöltő állomások esetében ez eleve nem is valósítható meg, hiszen ott minden részegység egyetlen konténerbe van integrálva; és e rendszerek általában CE jelöléssel rendelkeznek.) Jelen tanulmányhoz mellékelt képi illusztrációkat - a nyugat-európai megvalósult hidrogén-energetikai projektekről - olyan szemmel is érdemes megnézni, hogy ezek egyes esetekben milyen közel létesültek lakóépületekhez, oktatási épületekhez, más objektumokhoz.

További kedvező lehetőség, hogy az OTSZ-ben – az általános tűzvédelmi előírások és a fenti védőtávolság betartása mellett – **nincs kizáró ok arra vonatkozóan**, hogy a fenti hidrogén technológiai rendszert ne lehetne elhelyezni más, energetikai célú létesítményben vagy annak közelében (így pl. biogáz üzem közelében). Mindezekből következik, hogy a fent említett hidrogéntechnológiai rendszer „területigénye” nagyságrendileg kb. 50 x 100 m-es (~5000 m<sup>2</sup>) területen megvalósítható, amelynek nagyobb részét a védőtávolság teszi ki, és csak kisebb részét a rendszer tényleges fizikai területfoglalása.

A következő ábra Európa jelenlegi legnagyobb kapacitású és teljesen integrált hidrogén busz töltőállomását mutatja, amely egyben (1 MW összteljesítményű) on-site elektrolízissel helyben állítja elő a hidrogént, 360 kg/nap mennyiségben. A hidrogén tárolása 500 bar-on történik. Egy busz megtankolása kevesebb, mint 10 percet vesz igénybe.

<sup>383</sup> 54/2014. (XII.5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról

<sup>384</sup> 26/2006. (V.5.) GKM rendelet az autógáz töltőállomás építésének és üzemeltetésének szabályairól



## 16.4 Gyártók, fejlesztők, forgalmazók és potenciális projektpartnerek

Ebben a fejezetben a legfontosabb gyártók, fejlesztők vagy más potenciális projektpartnerek kerülnek felsorolásra; külön kiemelve a hazai potenciális partnereket.

### 16.4.1 HFC buszgyártók

HFC (hidrogén tüzelőanyag-cellás) buszok fejlesztésével több gyártó foglalkozik jelenleg; Európában és a tengerentúlon is. A három legjelentősebb ezek közül:

1. EvoBus *(figyelem, ez nem azonos a lentebb említett evopro – magyar - céggel!)*
2. Van Hool
3. New Flyer

Egyéb, a HFC buszgyártásba legalább prototípus szintjén bekapcsolódott további gyártók: Mann, Iveco, Solaris.

A **nagyságrendek megítélhetőségéhez** látni kell azt, hogy a legjelentősebb gyártó, az EvoBus is az utóbbi 7 évben ~51 db HFC buszt gyártott csak (2012. októberi adat). Az EvoBus a Daimler Csoport része; legismertebb modellje a Mercedes-Benz Citaro Fuel Cell Bus, amely a

<sup>385</sup> Forrás: Aberdeen City Council



képi illusztrációk között is látható; és a normál (dízel) meghajtású Citaro modellek közül jelenleg is számos fut Budapest közösségi közlekedési rendszerében.

Jelenleg egy **hazai buszfejlesztő** cég foglalkozik HTC busz fejlesztéssel, az **evopro Busz Kft.**<sup>386</sup> Az evopro Kft. 2001-ben alakult az evopro csoport első tagjaként; nagyobb részben magyar tulajdonú cég. A cégcsoport tagvállalatainak telephelyei Németország, Ausztria, Szlovákia, Románia és Törökország területén találhatóak. A vállalatcsoport mérnökeinek létszáma meghaladja az 1000 főt. A budapesti székhelyű nemzetközi mérnökirodában mintegy 250 villamos-, gépész- és informatikus mérnök dolgozik. A cégcsoportnál végzett kutatási-fejlesztési és innovációs tevékenység 5 éve kezdődött, és egyre jelentősebb méretűvé vált, ezért 2008 óta külön ágazatként, ma pedig már külön céggént működik.<sup>387</sup> Az evopro Busz Kft már jelenleg is rendelkezik akkumulátoros meghajtású busszal, amelyet – a nemzetközi példák alapján – már viszonylag „kis” erőfeszítéssel hidrogén tüzelőanyag-cellás (hibrid) meghajtásúvá is fejleszteni kíván (bizonyos feltételek megléte esetén), ahogy ezt a 2014.02.19-én Budapesten megrendezett konferencián elmondták<sup>388</sup>. Ideális esetben tehát, néhány éven belül, versenyképes áron és **jelentős részben hazai fejlesztésű** hidrogén tüzelőanyag-cellás busz is beszerezhető lesz idehaza; és nem szükségszerű csak a fentiekben felsorolt globális gyártókban gondolkodni.

Az evopro kompozit busz bemutatása videó animáción itt megtekinthető:

[http://www.youtube.com/watch?v=V\\_XI1hFz5AA#t=57](http://www.youtube.com/watch?v=V_XI1hFz5AA#t=57)

A karosszéria-gyártósor működési vázlatát itt tekinthető meg:

<http://www.youtube.com/watch?v=1ZNPdZGXshY>

Jelen stratégia keretében is fontos kiemelni, hogy a közeljövőben beszerzésre kerülő elektromos (tisztán akkumulátoros, BEV) buszok vásárlásakor célszerű már arra is tekintettel lenni, hogy egyes BEV autóbuszokat olyan módon építenek fel, hogy az akkumulátortelep elhasználódása (~5-7 év) után, amikor a tüzelőanyag-cellás rendszerek árai is versenyképes szintre csökkennek, **ezek is beépíthetők legyenek az autóbuszba**. Ezzel számottevő költség lenne megtakarítható; és a gyártók – mind a busz, mind a tüzelőanyag-cellás rendszerek gyártói – sok esetben olyan moduláris felépítésű rendszerben gondolkodnak, amelyek az ilyen esetleges átalakításokat lehetővé teszik.

#### 16.4.2 Hidrogén előállítók és töltőállomás építők

A jelenlegi hazai hidrogén-előállítás piacán két meghatározó cég (ipari gázgyártó<sup>389</sup>) van jelen:

- 1.) Messer Hungarogáz Kft.
- 2.) Linde Gáz Magyarország Zrt.<sup>390</sup>

<sup>386</sup> Nem azonos, és nem leányvállalata a fent említett EvoBus-nak.

<sup>387</sup> Forrás: [privatbankar.hu](http://privatbankar.hu)

<sup>388</sup> Wahl István (2014.02.19): Innovative modular city bus concept for zero emission transport. Előadás.

<sup>389</sup> Megemlítjük, hogy a jelenlegi legnagyobb hazai hidrogéntermelő a MOL Dunai Finomítója, de az ott termelt hidrogént teljes egészében fel is használják finomítói eljárásokban; és nem értékesítik külső fél számára.

Utóbbi anyavállalata (a Linde A.G) hidrogén előállítási technológia mellett nagyfokú tapasztalattal rendelkezik világszerte a hidrogén töltőállomások kiépítése területén is.

További, Magyarországon jelen lévő és hidrogént is forgalmazó cégek: Air Liquide Hungary Kft., SIAD Hungary Kft. Az Air Liquide Kft. anyacége szintén járatos a hidrogén töltőállomások kiépítésében is. Ugyanakkor meg kell említeni, hogy e felsorolt ipari gázgyártók jelenleg még alapvetően a fosszilis alapon, azaz földgázból (SMR módszerrel) állítanak elő hidrogént, és nem vagy jellemzően nem elektrolízis segítségével, amely a Zalaegerszeg 100% megújuló stratégiát segítené. Emiatt az elektrolizáló gyártók körében is célszerű első sorban keresni jelen projekthez koncepcionálisan is illeszkedő hidrogén előállítókat.



16.20 számú ábra: Konténeres hidrogéntöltő állomás a hamburgi repülőtéren. A kép jobb oldalán látható, hogy a szükséges, kis volumenű hidrogéntárolás miatt bündeles tárolási megoldást alkalmaznak.<sup>391</sup>

### 16.4.3 Elektrolizáló gyártók és hidrogén töltőállomás gyártók

Évekkel ezelőtt még lett volna értelme esetleg külön elektrolizáló gyártók felkutatásának és bemutatásának, azonban mára a hidrogén-energetikában és ennek közlekedési alágzatában a jelentősebb cégek, akik elektrolizálókat gyártottak, mára ezeket komplett rendszerekbe integrálva, „plug-and-play” termékként bocsátják jellemzően a piacra. Azaz komplett hidrogén töltőállomásokat fejlesztenek, amelyek on-site módon, elektrolízis útján képesek hidrogén előállításra, tárolására, kitankolására, ezzel együtt pedig a rendszerintegrációs feladatok túlnyomó részét is megoldják.

**Nem tartható jó ötletnek, ha esetleg a „Zalaegerszeg 100% megújuló” projekt keretében részelemekből, esetleg számos külön gyártók által előállított résztechnológiákból próbálnának felépíteni egy működő hidrogén töltőállomást, mert ezek megfelelő integrációja igen nehézkes lenne.** Az említett főbb részelemek a hidrogén előállító és

<sup>390</sup> Közép-európai szinten is számottevő hidrogén előállító kapacitással rendelkezik Kazincbarcikán.

<sup>391</sup> Forrás: <http://www.netinform.net/h2/h2stations/imgview2.aspx?id=92>

töltőállomás esetében: vízkezelő berendezés<sup>392</sup>, elektrolizáló, gáztisztítás, hidrogéntárolás, hidrogén kompresszor, diszpenzer, elektronikai egység (BOP). Érdemes olyan piaci szereplőt választani, amely lehetőség szerint teljesen, egységes rendszerként (termékként) tudja beszállítani az említett résztechnológiákat; vagy ezek túlnyomó részét és legfeljebb pl. a hidrogéntároló egység beszállítását végezné második cég, ha a tárolási igény eltérne a szabványos megoldás lehetőségeitől.



16.21 számú ábra: A Bled-i (Szlovénia) hidrogén töltőállomás, konténeres tárolóegységgel, és kompresszorral.<sup>393</sup> Tárolt hidrogén: 40 kg, 200 bar-on; tankolási kapacitás: 20 kg/nap. Üzemel: 2013. szeptembertől.



A fenti ábrához tartozó adatok:

- tárolt hidrogén: 40 kg, 200 bar-on
- tankolási kapacitás: 20 kg/nap
- üzemel: 2013. szeptembertől.

A következőkben megadásra kerülnek az elektrolizáló gyártók és a hidrogén töltőállomás gyártók, is, a megjegyzésben megjelölve, hogy ezek komplett rendszer előállítására is képesek-e. (A zalaegerszegi projekt szempontjából nincs értelme további, számos elektrolizáló gyártót felsorolni, ugyanis sok ilyen cég csak laborszerszökmént gyárt és forgalmaz elektrolizálókat, sokszor néhány liter/nap előállítási kapacitással, amelyek nyilván nem illeszkednek a zalaegerszegi stratégiába. A következő felsorolásból az első 3-4 cégre érdemes kiemelt figyelmet fordítani.)

<sup>392</sup> Az elektrolízist megelőzően vízkezelésre, ioncserére van szükség; továbbá a végfelhasználó minőségi igényeitől függően gáztisztításra is.

<sup>393</sup> Forrás: [www.petrol.si](http://www.petrol.si)

Cég / elérhetőség	Megjegyzés
 Hydrogenics Székhely: Kanada Gyártóegységek: Németország, Belgium Irodák: USA, India, Oroszország	Az egyik meghatározó gyártó világszinten, 60 éves tapasztalattal. Komplet hidrogén-energetikai rendszerek szállítása: - elektrolizálók (PEM és alkálikus), akár MW tartományig - tüzelőanyag-cella rendszerek - hidrogén töltőállomások - energiatárolás - power-to-gas referenciák
 ITM Power Anglia	Komplet hidrogén-energetikai rendszerek szállítása: - elektrolizálók (akár MW tartományig) - hidrogéntárolás - hidrogén töltőállomás - power-to-gas fejlesztések
 H <sub>2</sub> Logic A/S Dánia	Komplet hidrogén töltőállomások szállítása. Széleskörű európai referenciák.
 Proton Onsite USA	Elektrolizálók (PEM): 1 m <sup>3</sup> /h-tól – 1-2 MW léptékig
 CETH S.A. Franciaország	PEM elektrolizálók (PEM): 5 – 240 Nm <sup>3</sup> /h
 NEL Hydrogen AS Norvégia	Elektrolizálók (alkálikus): 50 – 485 Nm <sup>3</sup> /h
 ThyssenKrupp Electrolysis GmbH Németország	A cég nagyon komoly tapasztalatokkal rendelkezik elektrolizálók gyártása terén, de vegyipari folyamatokhoz, pl. klór-alkáli elektrolízis, HCl elektrolízis, és nem hidrogén-energetikai projektekhez.



<sup>394</sup> Forrás: H2Logic A/S

#### 16.4.4 Potenciális hazai projekt partnerek

Magyarországon sajnos még viszonylag kevés cégről ismeretes, hogy hidrogén-technológiákkal foglalkoznának. Teljes lista nem adható meg, de az eddig ismert főbb szereplők a következők:

- Fuel Cell Hungary Kft. (STS Group, Győr)	tüzelőanyag-cella fejlesztéssel, rendszerintegrációval foglalkoznak.
- Kontakt-Elektro Kft. (Pécs)	részben vásárolt, részben saját fejlesztésű komponensekből tüzelőanyag-cella fejlesztéssel is foglalkoznak. Saját FC vizsgáló berendezésekkel és laborral is rendelkeznek.
- Linde Gáz Magyarország Zrt. (Budapest)	saját cégen belül, illetve szükség esetén az anyavállalat (Linde A.G) révén hidrogén-technológiák tervezésére, telepítésére képes.
- Teletom Kft. (Budapest)	PEM típusú tüzelőanyag-cellák karbantartását, szervizelését végzik jelenleg, mobil kommunikációs állomások TC szünetmentes áramforrásainál.
- TÜV Rheinland Intercert Kft. (Budapest)	tüzelőanyag-cellák biztonságtechnikai és egyéb megfelelőségi vizsgálatát, tanúsítását végzik.
- Magyar Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Egyesület	független, hazai szakmai szervezet; vállalati és magánszemély tagokkal rendelkezik. Az Európai Hidrogén Szövetség hazai tagszervezete.

#### 16.5 Költségadatok, fajlagos költségek

Jelen hidrogén-energetika tanulmány egyik „érzékeny” területe a költségadatok megadása. Ennek elsődleges oka, hogy a hidrogén-technológiák jelenleg annyira újszerűek, hogy listaárak nem lelhetőek fel (mint pl. napelemek, biogáz-motorok, stb. esetében), mivel nincs ehhez kellő méretű piac. Sokszor a meglévő projektek esetében üzleti titok tárgyát képezik a pontos pénzügyi (és egynémely esetben a műszaki) adatok is. A következőkben megadásra kerülnek a jelenlegi legfrissebb európai szakirodalmak alapján az elérhető iparági költségadatok és fajlagos költségek - sok esetben idősorokban -, azonban mindezeket csak tájékoztató jelleggel célszerű és érdemes figyelembe venni. Jövőbeni részletes projekttervezés és megvalósítás csak tényleges árajánlatokra építő megvalósíthatósági tanulmányon alapulhat.

Tekintve, hogy az EU-ban a Hydrogen & Fuel Cell Joint Undertaking<sup>395</sup> a legjelentősebb HFC technológiákkal foglalkozó szervezet, amelybe a meghatározó vállalatok is tömörülnek, ezért

<sup>395</sup> Elérhetőségét lásd az internetes hivatkozások fejezetben.



ezen szervezett legfrissebb rendelkezésre álló (2014) adatai alapján kerülnek megadásra a költségek, fajlagos költségek; amikor csak lehetséges idősorokban.

Alkalmazás	Paraméter	M.e.	Jelenleg	2017	2020	2023
Üzemanyag-cellás személyautók	FC rendszerköltség	€/kW	>500	150 20 000	100 50 000	76 100 000
	FC jármű teljes költség (C-szegmens)	€	200 000	70 000	50 000	30 000
	H2 tárolás rendszerköltsége	€/kg H <sub>2</sub>	n.a.	800	600	500
	FC élettartam	óra	2 500	5 000	5 000	7 000
Üzemanyag-cellás buszok	FC rendszerköltség	€/kW	<3 500	<1 800 750	1 000 500	800 400
	FC élettartam	óra	10 000	15 000	20 000	25 000
	FC busz teljes költség	€	1 300 000	850 000	650 000	500 000
Anyagmozgató HFC járművek	FC rendszerköltség	€/kW ~10 kW	4 000	<1 500	<1 200	<1 000
	hidrogén-tároló rendszer költség	€/kg H <sub>2</sub>	>3 000	<1 000	<750	<500
Hidrogén és hidrogén töltőállomás	Hidrogén költség a töltőállomáson	€/kg	6,0	5,5	5,0	5,0
	Hidrogén töltőállomás	millió €	0,7-2	0,6-1,8	0,6-1,6	0,5-1,5

16.6 számú táblázat: Hidrogén technológiák jelenlegi és jövőben várható költségei<sup>396</sup>

A következő táblázatban a technikailag és kereskedelmileg érett elektrolizáló típusok árai kerülnek megadásra, idősorban 2030-ig. Látható, hogy az előttünk álló 10 évben (2025-re) kb. 50%-os költségcsökkenés várható. Belátható időtávon belül, de feltétlenül jelen stratégia kb. „félidejére” az elektrolízis is elérhető áru technológia lesz, tehát szabad és kell számolni vele.

Rendszerköltség* (EUR/kW)		-	2015	2020	2025	2030
Alkálikus elektrolizálók <sup>397</sup>	középérték		930	630	610	580
	tartomány		760-1.100	370-900	370-850	370-800
PEM elektrolizálók	középérték		1.570	1.000	870	760
	tartomány		1.200-1.940	700-1.300	480-1.270	250-1.270

16.7 számú táblázat: Elektrolizálók jelenlegi és jövőben várható költségei<sup>398</sup>

\* a rendszerköltségbe beleértve tápellátást, rendszerirányítást, gáz szárítást (a hidrogén tisztasága 99,4% feletti). Az itt megadott rendszerköltség nem tartalmazza a külső kompresszió költségét, külső gáztisztítás és külső hidrogén tárolás költségét, a hálózati csatlakozás költségét.

<sup>396</sup> Forrás: Georg Frank (Daimler A.G, NEW IG): FCH 2 JU: Industrial Perspectives. Brüsszel, 2014.03.05

<sup>397</sup> A már korábban is említett konkrét ajánlatkérés fontosságát hangsúlyozza, hogy relevánsnak tekinthető, USA-beli szakirodalom (Genevieve Saur (PI), Chris Ainscough (Presenter), Kevin Harrison, Todd Ramsden (2013): Hour-by-Hour Cost Modeling of Optimized Central Wind-Based Water Electrolysis Production. US DoE NREL) a megadottakhoz képest sokkal alacsonyabb elektrolizáló fajlagos költségekkel számol: mindössze 400-490 USD/kW értékkel.)

<sup>398</sup> Forrás: FCH JU: Development of Water Electrolysis in the European Union. Final Report, 2014

Élettartam: a fenti táblázatban hivatkozott szakirodalom szerint az alkálikus és PEM elektrolizálók élettartama jelenleg 60-90.000 üzemóra közötti, amely 2030-ra a PEM elektrolizálók esetében várhatóan 90.000 óra lesz; és az alkálikus elektrolizálók esetében 100.000 óra.

Meg kell jegyezni, hogy a HTC technológiák területén rendkívül gyors a változások sebessége, ami a költségekre is jellemző. A 2000-es évek elején még 2-3 millió(!) USD-be került volna egy HFC busz, amennyiben egyáltalán normál piaci értékesítésre került volna (sok helyen csak bérelni lehet a demó projektek idejére ezen buszokat). Emiatt akár csak a 4-5 éves szakirodalmi adatokat igen óvatosan kell kezelni e területen. A fenti táblázatból az is látható, hogy az elektrolizáló fajlagos árak tekintetében a HFC JU rendkívül **számottevő csökkenéssel számol már 2020-ig is**.

Ugyanakkor az árak meglehetősen szórását hivatott bemutatni a következő táblázat, amely HFC buszok bekerülési költségét mutatja amerikai, és más európai szakirodalmi adatok alapján, továbbá egy hazai közlés alapján.

USA szakirodalom alapján <sup>399</sup>	2016-ban	Sorozatgyártás elérése esetén
	1.000.000 USD	600.000 USD
EU-s szakirodalom alapján <sup>400</sup>	2015-ban	2020-ban
	750.000 - 1.250.000 EUR	600.000 EUR
Hazai <sup>401</sup>	2016-2020 ~500.000 EUR	
16.8 számú táblázat: HFC autóbusz („átlagos” – 12 m hosszú, 3 ajtós - HFC (hibrid) busz) bekerülési költsége		

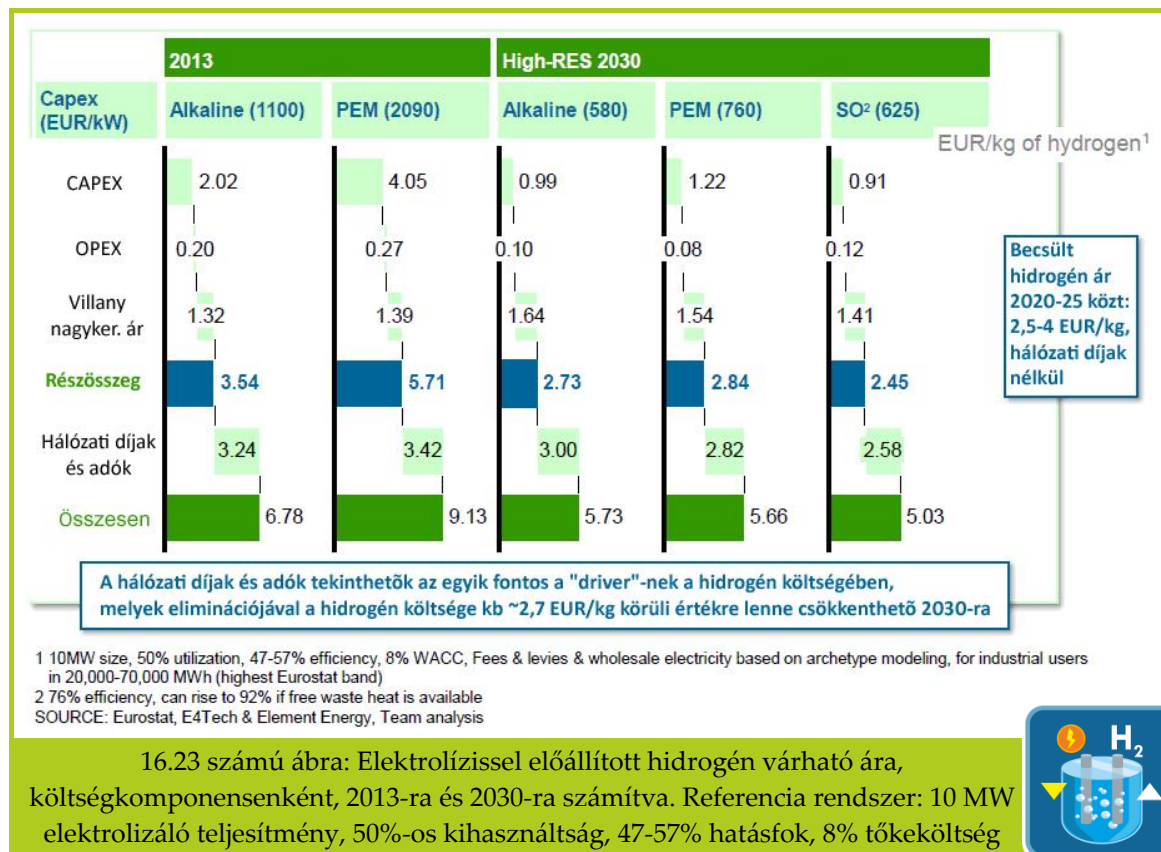
A fentiek kiegészítéseként érdemes áttekinteni a következő ábrát is, amely 2013-ra és 2030-ra igyekszik megbecsülni az elektrolízissal előállított hidrogén árát illetve egyes költségkomponenseit. Az ábra egyik fő konklúziója, hogy 2030-ra - a villamos energia nagykereskedelmi árral – számítva, a referenciaként megadott elektrolizáló rendszer esetében ~3 EUR/kg érték alá csökkenhet a költség, amelyre a hálózathasználati díjak és adók jönnek még rá, így eredményezve ~6 EUR/kg alatti végső költséget. (Jelenleg a kisszámú működő nyugat-európai hidrogén töltőállomáson jellemezően 9,5 - 10 EUR/kg áron lehet hidrogént tankolni.) A 2030-as hidrogén árát a mai EUR árfolyamon csak komoly fenntartásokkal lehet kezelni, de hogy nagyságrendi, tájékoztató adatot kapjunk, a 6 EUR/kg ár a HTC személyautóval való közlekedés esetén 18,6 Ft/km költséget eredményezne. (A HTC autó

<sup>399</sup> Forrás: US DoE, NREL, 2012. nov.

<sup>400</sup> Forrás: ElementEnergy, 2012. okt.

<sup>401</sup> Forrás: szóbeli adatközlés, 2014.02.19.

fogyasztásánál a mellékletben is megadott, Toyota Mirai fogyasztást vettük alapul.) A 10 EUR/kg – jelenlegi HUF/EUR árfolyam mellett – 31 Ft/km költséget eredményezne, ami kizárólag az üzemanyagból fakadó költség-komponensre vonatkozik. Az adatokból - ha közelítő jellegűek is - látható, hogy nem (lesz) „reménytelenül drága” az elektrolízissel előállított hidrogénnel történő közlekedés; nagyjából ~400 Ft/liter kiskereskedői benzinár mellett már rentábilis (az üzemanyag költségkomponenst tekintve).



## 16.6 Releváns jogszabályi, stratégiai háttér és engedélyeztetés

### 16.6.1 Katasztrófavédelmi szempontú engedélyeztetés és a tárolt mennyiség vizsgálata

A katasztrófavédelmi törvény (2011. évi CXXVIII. törvény), és a végrehajtását szolgáló kormányrendelet (219/2011. (X.20.) korm.rend.) az EU úgynevezett „Seveso-II Irányelvével” (96/82/EK) van összhangban. E jogszabályok határozzák meg, hogy egy létesítmény veszélyes üzemnek számít-e, és ha igen, azon belül milyen fokozatúnak. A katasztrófavédelmi törvény szerint háromféle (+ egy) kategóriába sorolhatók az érintett ipari létesítmények. Csökkenő veszélyességi sorrendben ezek a következők, egyidejűleg megadva azt is, hogy a hidrogén tekintetében milyen küszöbmennyiségek érvényesek a hivatkozott kormányrendelet alapján:

<sup>402</sup> Forrás: Nikolaos Lympieropoulos: Commercialisation of Energy Storage in Europe. FCH JU, 2015.

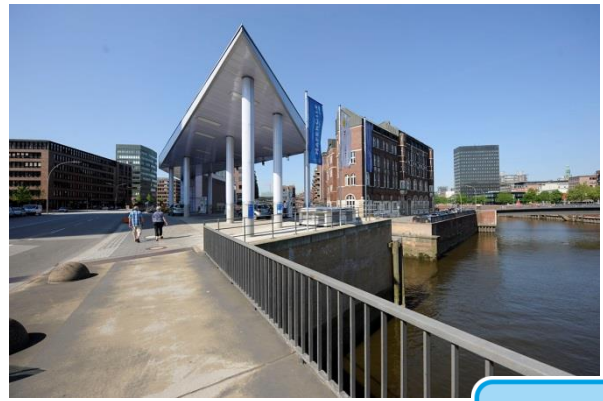
Kategória	Mikor tartozik ide az üzem?	Hidrogén tekintetében
3. Felső küszöbértékes veszélyes üzem	Ha adott anyagból a felső küszöbmennyiségnél nagyobb mennyiség van egyidejűleg jelen	> 50 tonna
2. Alsó küszöbértékes veszélyes üzem	Ha adott anyagból a felső küszöbmennyiségnél kevesebb, de az alsó küszöbmennyiségénél nagyobb mennyiség van egyidejűleg jelen	5 – 50 tonna
1. Küszöbérték alatti veszélyes üzem	Az alsó küszöbmennyiségnél kevesebb, de ennek 25%-ánál több anyag van egyidejűleg jelen	1,25 – 5 tonna
0. Katasztrófavédelmi szabályozás hatálya alá nem tartozó üzem	Ha az alsó küszöbmennyiség 25%-ánál kevesebb anyag van egyidejűleg jelen	0-1,25 tonna

A fenti, alsó és felső küszöbértékes üzemek minden esetben, az 1. kategóriás üzemek pedig hatósági döntéstől függően, azaz a hivatásos katasztrófavédelmi szerv katasztrófavédelmi engedélye alapján létesíthetőek, illetve működtethetőek.

Miért fontos ez?

- egyrészt, mert a fenti katasztrófavédelmi engedélyezés komplex és viszonylag költségigényes,
- másrészt, mert - idézet a kat.véd. törvényből (27 §): „A veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemek megvalósítását, jelentős változtatását, megszüntetését, illetve azok veszélyességi övezeti határait fel kell tüntetni a külön jogszabály szerinti **településrendezési teroben**. A **településrendezési terv módosításának költségeit az üzemeltető viseli**. A **veszélyességi övezeten belüli fejlesztésekkel kapcsolatos eljárási rendet, a polgármester feladatát és hatáskörét a biztonsági követelmények figyelembevételével külön jogszabály határozza meg.**” Tehát az engedélyezés (számítások) függvényében védelmi övezet jelölhető ki, amelyben pl. lakóépület nem lehet. A védelmi övezet, veszélyességi övezet kialakítása miatt a helyi településrendezési tervet is vélhetően módosítani kell.

Mindez nagyfokú elfogadottságot és elkötelezettséget igényel a helyi lakosságtól, a helyi önkormányzati képviselőtestülettől, és konstruktív hozzáállást a katasztrófavédelmi hatóságtól (mert eddig ilyen jellegű (hidrogén) projekttel még nem volt dolga a hazai hatóságoknak).



16.24 számú ábra: Európa jelenleg legnagyobb kapacitású hidrogéntöltő állomása Hamburg, Hafencity városrészében. Érdeemes figyelmet fordítani arra, hogy milyen közel vannak az egyéb épületek.<sup>403</sup>



**Ez hidrogén tekintetében igen nagy mennyiséget jelent.** Egyrészt, ahogy a fentiekben említésre került ez esetben külön katasztrófavédelmi engedélyeztetés szükséges, a településrendezési eszközök megfelelő módosítása lesz illetve lenne szükséges, és a veszélyességi övezetben (illetve annak egyes zónáiban) bizonyos egyéb építmény funkciók nyilván korlátozottak lesznek (mint pl. lakóház, munkahely, parkoló, út, stb.). A veszélyességi övezet<sup>404</sup> jelen stratégiában nem határozható meg; ez csak a vonatkozó törvény és kormányrendelet szerinti, egyedi biztonsági elemzés illetve biztonsági jelentés kidolgozása során kerülhet lehatárolásra.

A „nagyságrendek érzékeltetése” céljából megemlítjük, hogy 2013 évi adat (Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság) szerint, Somogy megyében a következő veszélyes üzemek vannak darabszám szerint:

- felső küszöbértékes veszélyes üzem: 4 db (országosan: 104 db)
- alsó küszöbértékes veszélyes üzem: 1 db (országosan: 130 db)
- küszöbérték alatti üzem: 15 db (országosan: 488 db)

A következő példa szintén a „nagyságrendi megértést” szolgálja, melynek keretében bemutatjuk az Enertag nevű cég, németországi Prenzlau-ban található hibrid erőművében<sup>405</sup> zajló hidrogéntárolást, ennek léptékét. (Ez a világ első hármass hibrid erőműve: biogáz, szélenergia, hidrogénteknológia alkotja.) Az erőműhöz tartozó hidrogéntárolóban három tartály található, melyek tárolási nyomása 30 bar (42 bar-os kompresszor tölti ezeket), és tartályonként 1,150 tonna hidrogént tárolnak, azaz a teljes telephelyen **mindössze ~3,5 tonnát.**

<sup>403</sup> Forrás: motornature.com és hafencity.com

<sup>404</sup> Veszélyességi övezet: a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos baleset lehetséges következményeinek csökkentése érdekében a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem környezetében a hatóság által kijelölt, az egyéni sérülés kockázatához igazodó terület. 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről.

<sup>405</sup> <https://www.enertrag.com/projektentwicklung/hybridkraftwerk.html>



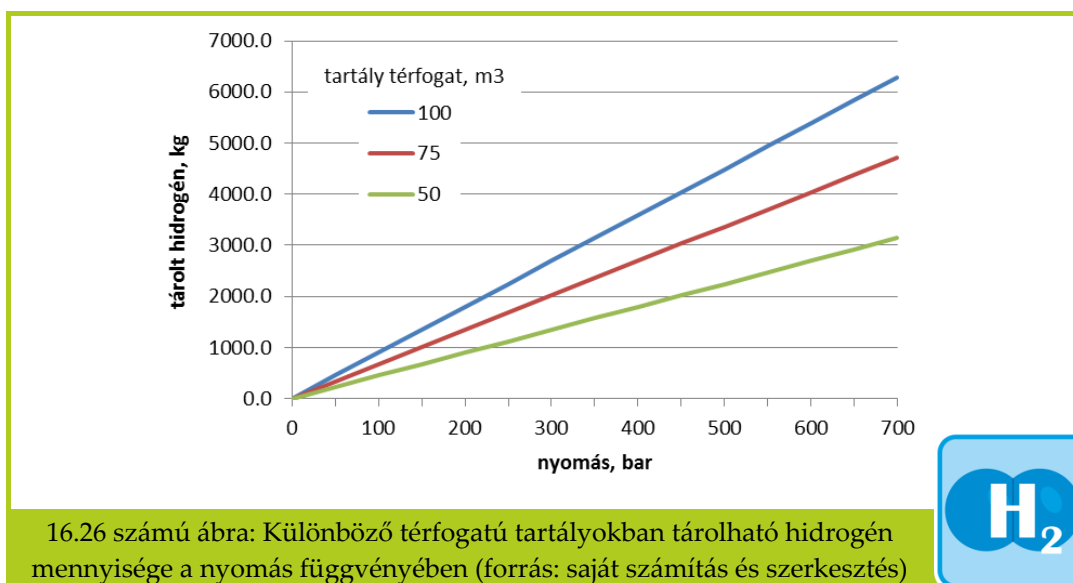


16.25 számú ábra: Hidrogén tartályok a Prenzlau-i hibrid erőműben; háttérben a szélerőmű és a biogáz létesítmény. Az épületben az elektrolizáló (500 kW) található.<sup>406</sup>

A jelenlegi (tartályos; tehát nem on-board, gépjárműben) alkalmazott hidrogéntárolási nyomás jellemzően 50 bar. Ipari gázgyártó cégek elviekben bármilyen tetszőleges (de nyilván limitált) méretű és nyomásszintű hidrogéntárolókat tudnak gyártani, de „polcra” jelenleg kb. 50-75-100 m<sup>3</sup>-es vásárolhatóak. Egy 75 m<sup>3</sup>-es, 50 bar nyomású tartályban kb. 330 kg hidrogén tárolható.

A következő ábra a hidrogéntároló tartályban uralkodó nyomás függvényében mutatja be a tárolt mennyiséget. A skálázás 700 bar-ig tart, de 700 bar-os tárolás egyelőre csak on-board, azaz autók üzemanyag-tankjában valósul, valósítható meg (kb. 4-7 kg tárolási mennyiség) a közeljövőben. (Palackos, bündeles kivitelben is megvalósítható a 700 bar, esetleg még magasabb nyomásszint, de ez is csak kisléptékű tárolás lehet.) A nagyobb mennyiség tárolásánál rövidtávon 50 bar körüli tárolási nyomás valószínűsíthető, és az ennek megfelelő viszonylag kis tárolási sűrűség. Magasabb tárolási nyomásszintek is megvalósíthatóak, azonban ez a tároló műszaki követelményeit, ennek megfelelően a tárolás költségét (és engedélyeztetési, ellenőrzési szükségleteit) nehezíti.

<sup>406</sup> Forrás: [www.enertag.com](http://www.enertag.com)



16.26 számú ábra: Különböző térfogatú tartályokban tárolható hidrogén mennyisége a nyomás függvényében (forrás: saját számítás és szerkesztés)



### 16.6.2 Környezetvédelmi engedélyeztetés

A környezetvédelmi engedélyezést a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) kormányrendelet határozza meg. Ennek 1, 2, és 3 mellékleteit áttanulmányozva megállapítható:

- az elektrolizáló üzem nem tartozik az 1. melléklet tevékenységei közé, azaz **nem automatikusan környezeti hatásvizsgálat-köteles** (KHV). (Viszont kapcsolódó tevékenységként, létesítményként önállóan KHV-köteles lehet a villamos légvezeték 220 kV feszültségtől és 15 km hosszúságtól – bár, ez esetünkben nem várható);
- az elektrolizáló üzem nem tartozik a 2. melléklet tevékenységei közé, azaz **nem egységes környezethasználati engedély-köteles** (EKH). A jogszabály a 2. melléklet 4.2 pontjában így fogalmaz: „Vegyipari létesítmények, alapvető szervesetlen anyagok, nevezetesen a) gázok, nevezetesen ammónia, klór, ..., hidrogén... gyártására”. Adott esetben különösen fontos, hogy az illetékes környezetvédelmi hatóság is megfelelően értelmezze az elektrolízis üzemet és ne tekintse a 4.2 a) pont hatálya alá tartozónak, mert az EKH engedélyeztetés is hosszadalmas, költséges;
- az elektrolizáló üzem szigorúan értelmezve nem tartozik a 3. melléklet tevékenységei közé, azaz **nem minősül a környezetvédelmi hatóság döntésétől függően környezeti hatásvizsgálat-köteles tevékenységnek, vagy más megfogalmazásban előzetes vizsgálati eljárásra (EVE) kötelezettnek**. Azonban kapcsolódó létesítmény tartozhat ezen melléklet hatálya alá, így például: villamos vezeték 20 kV-tól, közút létesítése, (hidrogén) gázz szállító vezeték; (hidrogén) gáztároló 10000 m<sup>3</sup> felett; maga a telephely létesítése telekméreténél fogva 3 ha terület felett hatálya alá tartozik.

A fentiek alapján tehát az elektrolizáló üzem és kapcsolódó tevékenységei, létesítményei valószínűleg a 3. mellékletbe tartozik (tartoznak) majd, így előzetes vizsgálati eljárás (EVE) szükséges lesz (mint első környezetvédelmi engedélyeztetési lépés; kb. 3-4 hónap időigényű). Ennek eredménye alapján esetlegesen – kisebb valószínűséggel - környezeti

hatásvizsgálat (KHV) is szükséges lehet, (mint második környezetvédelmi engedélyeztetési lépcső; ami kb. 4-5 hónap időigényű). A folyamatok gyorsítása érdekében lehetőség van 3. mellékletes tevékenységre azonnal környezeti hatástanulmányt benyújtani, tehát ez esetben „csak” a második engedélyeztetési lépcsőt kell lefolytatni. E megfontolásokat a tervezett energia park egyéb létesítményei (pl. biogáz üzem vagy szélérőmű) természetesen szintén befolyásolják.

### 16.6.3 Szabványok és műszaki irányelvek, minősítések

Már jelenleg is igen nagyszámú HFC szabvány létezik, és folyamatosan jelennek meg újak e területen. Ezek egy jelentős része (nemzetközi) ISO szabvány, nemzetközi autóiipari szabvány (SAE), illetve Európai Szabvány (EN), továbbá már több Magyar Szabvány (MSZ) is létezik – immáron 2007 óta – tüzelőanyag cellákhoz kapcsolódóan.

A teljes és részletes szabványi környezet feltárása önálló tanulmány részét képezné, de a jelenlegi stratégiához kapcsolódó legfontosabb szabványokat itt is megadjuk. Az első három helyen mutatjuk be a 2014 folyamán megjelent legfontosabb szabványokat, amelyek hidrogén üzemanyagtöltő infrastruktúrára vonatkoznak. Az első (ISO/TS) szabvány az EU alternatív üzemanyagtöltő infrastruktúra irányelvében (2014/94/EU) előírtak szerint alkalmazandó szabvány:

- ISO/TS 20100: a gáz-halmazállapotú hidrogéntöltésre vonatkozó szabályok.
- SAE J2601 Fuelling Protocols for Light Duty Gaseous Hydrogen Surface Vehicles.
- SAE J2799 Hydrogen Surface Vehicle to Station Communications Hardware and Software
- ISO 22734-1:2008 **Hydrogen Generators Using Water Electrolysis Process Part 1: Industrial and Commercial Applications**
- ISO 22734-2:2011 Hydrogen Generators using water Electrolysis Process - Part 2: Residential Applications
- ISO 14687:1999 Hidrogén üzemanyag – Termék specifikáció
- ISO 11439:2000 Gas cylinders -- High pressure cylinders for the on-board storage of natural gas as a fuel for automotive vehicles
- SAE TIR J2601 Fueling Protocols for Light Duty Gaseous Hydrogen Surface Vehicles
- SAE J 2719 Hydrogen Fuel Quality for Fuel Cell Vehicles
- ISO/TS 20100:2008: Gáz halmazállapotú hidrogén – Üzemanyagtöltő állomások
- ISO 13985:2006: Folyékony hidrogén – Járművek üzemanyag tankja
- ISO 17268:2006: Komprimált hidrogén járművekbe történő tankolásánál alkalmazott csatlakozási eszközök
- ISO 23828:2008 Tüzelőanyag-cellás közúti járművek – energiafogyasztás mérése – komprimált gáz állapotú hidrogénnel üzemelő járművek



16.27 számú ábra: Bal oldalon: hidrogén töltőállomás az USA-ban, egy hagyományos benzinkútnál<sup>407</sup>; Jobb oldalon: hidrogén töltőállomás Berlin belvárosában, szintén egy meglévő benzinkúthoz illesztve<sup>408</sup>

A potenciális projekt partnerek fejezetben megadott gyártók nyilván tisztában vannak a szabványi követelményekkel; a termékismertetőiken ezt jelölik is. Külön említést érdemel, hogy potenciális projekt partnerek fejezetben megadott egyik gyártó „CE” minősítéssel is rendelkezik konténeres hidrogén előállító és tankoló technológiájára, tehát az európai piacon is már jelenleg van, és ilyen értelemben is piacérett termék. Ezen hidrogén előállító- és töltőállomás műszaki adatlapját mellékletként csatoljuk.

#### 16.6.4 Releváns EU-s jogszabályok: RES irányelv (28/2009/EK) és egyéb szabályozások

A hidrogén-technológiák, hidrogén alapú mobilitás térnyerését több jelenleg is hatályos EU-s irányelv segíti, illetve segítheti; ezek közül világítunk most rá néhányra.

Kevésbé ismert részlete a megújuló energiaforrásból előállított energia támogatásáról szóló 2009/28/EK irányelvnek, hogy a közlekedési energiafelhasználáson belül - 2020-ra - kötelezően előírt **10%-os megújuló energia hányadba** beleérthető illetve elszámolható a megújuló energiaforrások segítségével előállított hidrogén is (ún. **RES hidrogén**). Az EU és sok szakértő úgy gondolta az irányelv megalkotásának időszakában, hogy a közlekedési célú megújuló energiahányad elsődlegesen agro-üzemanyagokkal (bioetanol, biodízel, stb.) lesz kielégítve, azonban egyre komolyabb kétségek merülnek fel, hogy ezekkel a jelenlegi (~5% körüli) arányon túl lehet-e, túl szabad-e lépni. Ha az agro-üzemanyag koncepció zsákutcának bizonyul a 2010-es években, akkor igen erősen fel fog értékelődni a közlekedési megújuló energiahányadon belül a megújuló alapon termelt villany, és „RES hidrogén” szerepe. A RES irányelv e lehetősége egy komoly ösztönzőt adhat a jövőben pl. a VER kiszabályozás miatt, megújuló alapon előállított, üzemanyag célú hidrogén számára, mivel ez így nem csak szabályozási, környezetvédelmi előnyököt rejtene, hanem EU-s kötelezettségeink teljesítéséhez is hozzájárulhat. Természetesen csak megfelelő léptékű (országos) terjedés esetén lesz ez érzékelhető mértékű.

<sup>407</sup> Forrás: [http://www.thelivingmoon.com/41pegasus/04images/New\\_Tech/Shell\\_Hydrogen\\_01a.jpg](http://www.thelivingmoon.com/41pegasus/04images/New_Tech/Shell_Hydrogen_01a.jpg)

<sup>408</sup> Forrás: Ludwig-Bölkow Systemtechnik

Teljes, EU-s jogszabályi áttekintés - a szabványügyi háttérhez hasonlóan – nem adható, de érdemes néhány olyan releváns EU-s joganyag áttekintése, amely jól jellemzi, hogy a hidrogén-energetika és közlekedési megoldásokra az EU felkészül, részben már felkészült, és egy fontos jövőbeni technológiának tekinti:

- a) 79/2009/EK rendelet: a hidrogénüzemű gépjárművek **típusjóváhagyásáról** (type approval). Ez a rendelet meghatározza a hidrogén meghajtású gépjárművek típusjóváhagyására, valamint a hidrogénrendszereik és alkotórészeik típusjóváhagyására vonatkozó egységes európai előírásokat. Egyidejűleg megállapítja az ilyen rendszerek és alkotórészeik üzembe helyezésének előírásait is. E jogszabály egyaránt lefedi a belső égésű motorral és/vagy tüzelőanyag-cellákkal meghajtott hidrogén üzemű járműveket, továbbá a folyékony és komprimált gáz halmazállapotú hidrogénes rendszereket is. A rendeletet 2011 februárjától kell alkalmazni, tehát a tagállamok közlekedési hatóságai – elviekben – felkészültek erre,
- b) COM(2010) 186: Európai stratégia a **tiszta és energiatakarékos járművekről**. Ez a közlemény stratégiát vázol fel a különböző tiszta és energiatakarékos járművek (pl. buszok, teherautók, személyautók, motorkerékpárok, stb.) fejlesztésének és alkalmazásának ösztönzésére. Egyrészt, mert létfontosságú, versenyképes, innovatív európai gazdasági ágazat a járműgyártás, amelyre számos kapcsolódó ágazat épül; másrészt mert a közlekedés jelentős környezetterhelő és energia-felhasználó ágazattá nőtte ki magát. A közlemény így fogalmaz: *„a zöld járművek, amelyek nagy arányban képesek elektromosságot, hidrogént, biogázt és folyékony bio-üzemanyagokat felhasználni, valószínűleg jelentős mértékben hozzájárulnak majd az Európai 2020 stratégia prioritásainak eléréséhez”*. Majd később explicit módon megemlíti e stratégia az ösztönzendő fejlesztési irányok között a hidrogén és üzemanyag-cellás járműveket is,
- c) 2014/94/EU irányelv: az **alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának** kiépítéséről 2014 októberében jelent meg. Az alternatív üzemanyagok fogalomkörében explicit módon tartalmazza a hidrogént is a villamos energia, a CNG, az LPG és egyes bio- és szintetikus üzemanyagok mellett. Az irányelv a hidrogén üzemanyag-infrastruktúrával kapcsolatban számszerű célokat nem határoz meg, de önálló cikkben tárgyalja a lehetőségeket; a preambulum pedig szintén számos helyen kitér a hidrogénre. Meghatározza viszont egyebek mellett a hidrogén töltőinfrastruktúra létesítése során alkalmazandó szabványokat, melyeket az előző fejezetben foglalkoztunk.

#### 16.6.5 Hazai releváns jogi háttér és stratégiák

Az alábbiakban megemlítésre kerülnek azok a főbb, meglévő hazai stratégiák vagy jogszabályok, amelyek segíthetik a hidrogén-technológiai fejlesztések:

- a) 1487/2015. (VII.21.) kormányhatározat a **Jedlik Ányos Tervhez** kapcsolódó jogalkotási feladatokról rögzíti, hogy az illetékekről, a gépjárműadóról és a regisztrációs adóról szóló törvényeket oly módon kell módosítani 2015 végig, hogy meghatározott



- pénzügyi kedvezmények kiterjedjenek - az elektromos járművek mellett - a hidrogén üzemanyag-cellás járművekre is,
- b) a 77/2011. (X.14.) OGY határozattal kihirdetett, „**Nemzeti Energiastratégia 2030**” számos ponton utalást tesz a hidrogénre és hidrogén-technológiákra. Az elektromos és hidrogén alapú közlekedés részarányára vonatkozóan együttesen 14%-os célértéket jelöl ki 2030-ra. A stratégia említi a hidrogén, mint energiátárolási lehetőséget, és kívánatosnak tartja a hidrogén-infrastruktúra fejlesztését is,
  - c) a hatályban lévő, 343/2010. (XII. 28.) kormányrendelet a fenntartható bioüzemanyag-termelés követelményeiről és igazolásáról már jelenleg is említi a **bioüzemanyagok** között a hidrogént is [g): *biohidrogén: biomasszából és más megújuló energiával előállított hidrogén*]; nyilván ez összefüggésben van a fent tárgyalt, EU RES irányelv által meghatározott közlekedési megújuló energia (10%) részarányával,
  - d) szintén hatályos, de kevésbé ismert hazai jogszabály a 48/2011. (III.30.) kormányrendelet a **környezetkímélő és energiahatékony közúti járművek beszerzésének előmozdításáról**. A rendelet értelmében közbeszerzéseknél, pl. közösségi közlekedésben résztvevő buszok beszerzésénél nem lehet egyedüli döntő szempont a bekerülési ár, hanem a teljes élettartam alatti költséget kell figyelembe venni, amelybe a légszennyező anyag kibocsátás – externális – költségeit is figyelembe kell venni a melléklet szerinti számítással. E rendelet egyéb hajtóanyagok mellett - gázolaj, benzin, földgáz/biogáz, LPG, etanol, biodízel, emulziós üzemanyag – a hidrogént is tartalmazza,
  - e) A Hazai Dekarbonizációs Útiterv 2050<sup>409</sup> szintén számol hosszabb távon a hidrogén üzemű járművek terjedésével.

## 16.7 Számítások és előtekintés

Ebben a fejezetben egyrészt a tárgyi projekthez kapcsolódó, közösségi közlekedésből származó hidrogén igényeket becsüljük, másrészt előtekintést adunk néhány olyan paraméter tekintetében, amelyek jövőbeni (~15-30 éves időtávlatú) alakulása fontos lehet a projekt szempontjából, és befolyásolhatják az egyes projekt-elemeket, energia szükségleteket.

### 16.7.1 Hidrogén igények a helyi közösségi közlekedésben

Első körben a hidrogén tüzelőanyag-cellás buszok várható számának alakulása függvényében határozzuk meg a szükséges hidrogén mennyiséget, az ismert menetparaméterek alapján, majd ezt az elektrolízissel történő előállítás miatt villamos energia igényre (MWh/év) számítjuk át. **A hidrogén egy másik közlekedési célú végfelhasználói lehetnek a CNG üzemű buszok, amelyek esetében hidrogén bekeverés jöhet szóba, ahogy ezt a HCNG**

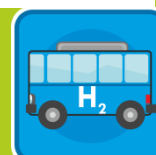
---

<sup>409</sup> Nemzeti Alkalmazkodási Központ: Hazai Dekarbonizációs Útiterv – a magyar gazdaság szénmentesítésének 2050-ig tartó ütemterve.

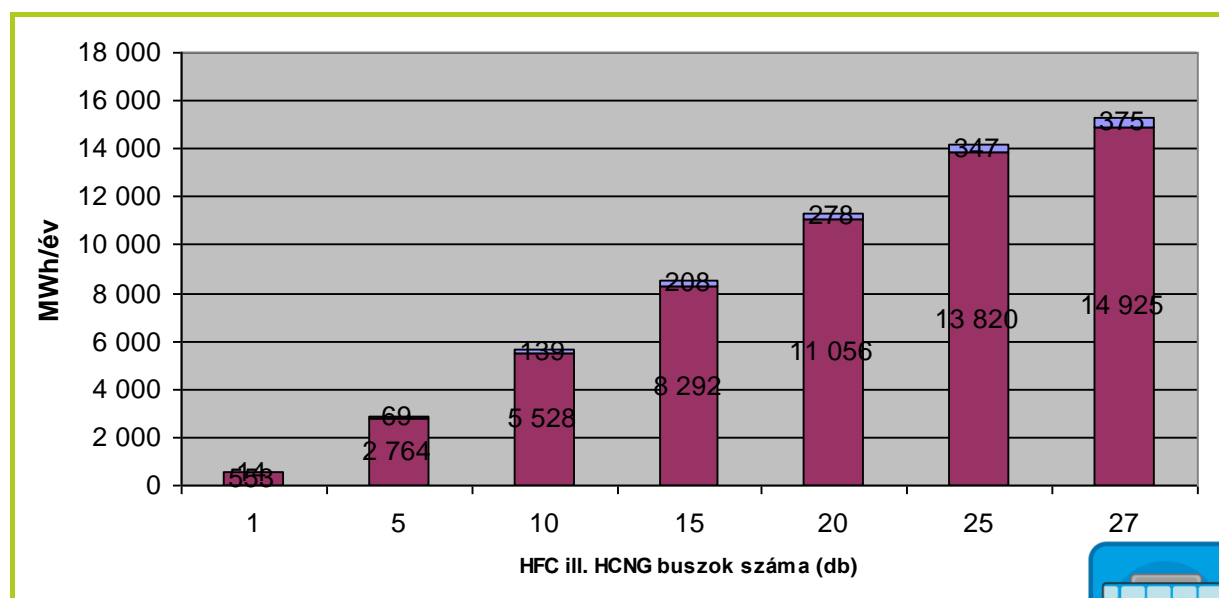
**üzemanyaggal foglalkozó fejezetben leírtuk.** A HCNG esetében igen konzervatív megközelítést alkalmaztunk, és csak 5% (V/V) hidrogén bekeverési aránnyal számoltunk. Ez további kutatást igénylő feladat lesz a jövőben, de elképzelhető, hogy ezt jóval meghaladó, akár 10% körüli vagy feletti hidrogén bekeverés is előfordulhat. (A buszok menetteljesítményeként 272 km/nap értéket vettünk alapul, az év 365 napján. A hidrogén TC buszok fogyasztását 10 kg/100 km, a CNG buszokét 42 kg/100 km értéknek tekintettük. Az adott buszflotta méreténél max 27 db-ig számoltunk.)

		<b>hidrogén igények:</b>						
		1	5	10	15	20	25	27
<b>HFC buszok</b>	HFC buszok száma, db							
	HFC busz (kg-H <sub>2</sub> /nap)	27,2	136	272	408	544	680	734,4
vilamos energia igény	<b>HFC busz, MWh/év</b>	553	2 764	5 528	8 292	11 056	13 820	14 925
	(H)CNG buszok, db	1	5	10	15	20	25	27
<b>CNG buszok</b>	CNG mennyiség (Nm <sup>3</sup> /nap)	152	762	1 523	2 285	3 046	3 808	4 113
	H <sub>2</sub> mennyiség (kg-H <sub>2</sub> /nap)	0,7	3,4	6,8	10,3	13,7	17,1	18,5
	H <sub>2</sub> mennyiség (kg-H <sub>2</sub> /év)	250	1 248	2 496	3 744	4 993	6 241	6 740
vilamos energia igény	<b>HCNG busz, MWh/év</b>	14	69	139	208	278	347	375

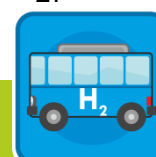
16.9 számú táblázat: Hidrogén tüzelőanyag-cellás (HFC) buszok, és földgázhoz kevert hidrogénnel (HCNG) üzemelő buszok várható hidrogén igénye tömegben (kg) és az elektrolízissel történő előállításához szükséges villamos energia mennyiségeként megadva (forrás: saját számítás)



A fenti számítások eredményeit – szükséges villamos energia (MWh/év) tekintetében - a következő grafikon szemlélteti. Megjegyezzük, hogy a megújuló energiák segítségével előállított hidrogén, mint közlekedési hajtóanyag, az országos szintre előírt **közlekedési célú megújuló energia részarányba beszámítható** már jelenleg is, és a jövőben is.



16.28 számú ábra: A szükséges villamos energia (MWh/év) és a HFC ill. HCNG buszok számának aránya

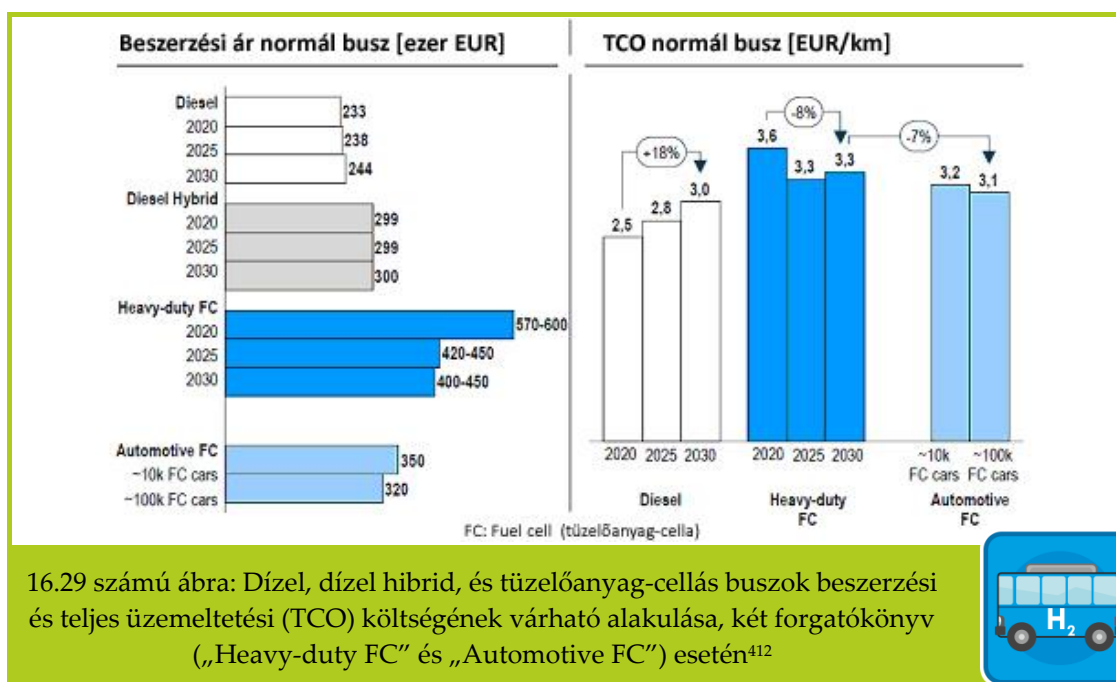


## 16.7.2 Kitekintés, előtekintés: hatások és költségek

1) HTC buszok árának, és üzemeltetési költségének jövőben várható alakulása

Az előremutató városi tömegközlekedési példák közül kiemelhető például Hamburg városa, melynek polgármestere 2014-ben bejelentette<sup>410</sup>, hogy közlekedési vállalata 2020-tól az új buszok vásárlásakor már csak nulla emissziós buszokat fog beszerezni. (Ezek alapvetően elektromos és tüzelőanyag-cellás buszok lesznek.)

A TC buszok árának jelenlegi és jövőben várható alakulását a korábbi fejezetekben bemutattuk. A következő ábra a teljes üzemeltetési költséget (TCO, Total Cost of Ownership) is bemutatja 2030-ig tartó kitekintéssel, két különböző scenárióra<sup>411</sup>. Habár a TC buszok berülési költsége mindig is magasabb marad (még a dízel hibridhez képest is), a TCO (EUR/km) alapján, de a TCO-t tekintve 2030-ra már elég jó kiegyenlítődés várható; ekkorra a TCO-t tekintve ~3-10%-kal haladja csak meg a dízel busz hasonló értékét. E konklúzióval egyébként viszonylag jó összhangot mutat egy korábbi, sokat idézett tanulmány (McKinsey: Portfolio of powertrains, 2011), amely szintén a 2020-as évek második felére prognosztizálta a hidrogén tüzelőanyag-cellás járművek gazdasági versenyképességét.



A tüzelőanyag-cellás buszokban a közeljövőben várhatóan 120-150 kW teljesítményű TC lesz (egy stack ekkora egységteljesítménnyel, vagy pl. 2 db 60 - 75 kW egységteljesítményű stack formájában), és a hajtásláncot 90-250 kW-os Li-ion vagy esetleg Ni-MH akkumulátor egészíti

<sup>410</sup> FCH JU: Joint Press Release, 2014. november 12.

<sup>411</sup> Az „automotive FC” nevű scenárió peremfeltétele, hogy évente 10 ezer illetve 100 ezer darabszámban sikerül közlekedési célú tüzelőanyag-cellákat gyártani, amely ennek megfelelő egységköltség csökkenéshez vezet; tehát a forgatókönyv esetén a személyautó ipar fejlesztései is nagymértékben támogatják a költségcsökkenést.

<sup>412</sup> Forrás: FCH JU: Fuel Cell Electric Buses – Potential for Sustainable Public Transport in Europe, 2015.

ki. E teljesítményeknek a jövőbeni, esetleges hálózati visszatáplálás szempontjából lehet jelentősége. (Megemlíthető, hogy a TC buszoknál hármas hibrid megoldás is előfordulhat, amikor is az előző két eszközt még szuperkapacitás is (180-240 kW) kiegészítheti, melyek kisütési és feltöltési ideje rendkívül gyors, azonban mennyiséget tekintve kevés energiát tudnak tárolni.)

## 2) Elektrolizáló költségek

A következő táblázatból látható, hogy 10-15 éves időtávban várhatóan igen nagyot fognak esni az elektrolizáló költségek. A következőkben a PEM elektrolizálók adatait érdemes átfutni első sorban, mert ezek nagyon jól viselik akár a gyorsan ingadozó terhelést is, emiatt ideálisak megújuló energia rendszerekhez (pl. szél erőművekhez). Megjegyezzük azt is, hogy az USA-ból származó szakirodalmak az európainál számottevően alacsonyabb elektrolizáló költségeket adnak meg, már a jelenlegi helyzetre is. Tehát mire jelen stratégia hidrogén komponensének megvalósításához, kezdeti kiépítéséhez érkezünk, addigra számottevően alacsonyabb árakkal lehet majd számolni.

Rendszerköltség* (EUR/kW)		-	2015	2020	2025	2030
Alkálikus elektrolizálók <sup>413</sup>	középérték		930	630	610	580
	tartomány		760-1,100	370-900	370-850	370-800
PEM elektrolizálók	középérték		1.570	1.000	870	760
	tartomány		1,200-1,940	700-1,300	480-1,270	250-1,270
16.10 számú táblázat: Elektrolizálók jelenlegi és jövőben várható költségei <sup>414</sup>						
* A rendszerköltségbe beleértve tápellátást, rendszerirányítást, gáz-szárítást (a hidrogén tisztasága 99,4% feletti). Az itt megadott rendszerköltség nem tartalmazza a külső kompresszió költségét, külső gáztisztítás és külső hidrogén tárolás költségét, a hálózati csatlakozás költségét.						

## 3) Tüzelőanyag-cella költségek a jövőben<sup>415</sup>:

### 3.1) Tüzelőanyag-cella költségek (kisebb, telepített FC-k: 1-2-5 kW mérettartományban)

PEM FC jelenleg (2015):	3200-5000	USD/kW
PEM FC 2030:	830	USD/kW
PEM FC 2050:	660	USD/kW

### 3.2) Tüzelőanyag-cella költségek (közepes méretű, autóiipari FC-k: ~80 - 100kW tartományban)

TC jelenleg (2015):	380	USD/kW
TC 2030:	54	USD/kW

<sup>413</sup> A már korábban is említett konkrét ajánlatkérés fontosságát hangsúlyozza, hogy relevánsnak tekinthető, USA-beli szakirodalom (Genevieve Saur (PI), Chris Ainscough (Presenter), Kevin Harrison, Todd Ramsden (2013): Hour-by-Hour Cost Modeling of Optimized Central Wind-Based Water Electrolysis Production. US DoE NREL) a megadottakhoz képest sokkal alacsonyabb elektrolizáló fajlagos költségekkel számol: mindössze 400-490 USD/kW értékkel.)

<sup>414</sup> Forrás: FCH JU: Development of Water Electrolysis in the European Union. Final Report, 2014

<sup>415</sup> Forrás: International Energy Agency: Technology Roadmap Hydrogen and Fuel Cells. 2015.

TC 2050: 40 USD/kW

A személyautóknál 2030-ra a jelenlegi 15%-ára eshet az egységár, 2050-re 10%-ára; ekkora akár 40 USD/kW lehet az autóiipari FC.

#### 4) Tüzelőanyag-cella (villamos) hatásfok<sup>416</sup>

4.1) A tüzelőanyag-cellák villamos hatásfokában is fejlődés várható, amely a hagyományos energiatermelő (pl. gázmotoros) technológiákkal történő összevetés miatt lehet fontos. A következők a telepített, PEM típus TC-kre vonatkoznak:

PEM TC jelenleg (2015):	43 %
PEM TC 2030:	54 %
PEM TC 2050:	57 %

4.2) Fontos kiemelni, hogy a PEM TC-hez képest az ún. szilárd-oxidos (SOFC<sup>417</sup>) tüzelőanyag-cellák kereskedelmileg sokkal kevésbé érett állapotban vannak, azonban részben a magasabb hőmérsékletű működésük miatt rendkívül magas elektromos hatásfokra képesek, amelyek szintén tovább fognak javulni<sup>418</sup>:

SOFC jelenleg (2015):	60 %
SOFC 2025-30 körül:	70 %

Megjegyezzük, hogy az imponálóan magas SOFC hatásfokú **tüzelőanyag-cellákat** viszont inkább zsinór-termelésre alkalmazzák, mert kevésbé rugalmasan szabályozhatóak, mint a PEM FC-k. Azonban további nagy előnyük, hogy „üzemanyag rugalmasak” (fuel flexible), azaz többféle üzemanyaggal is működtethetőek: hidrogén, földgáz, biogáz, szintézis gáz. Tehát amikor technikai és kereskedelmi szempontból kellően érettek lesznek, akkor akár a **„Zalaegerszeg 100% megújuló” projekt keretében alkalmazandó gázmotorok egy részét is fokozatosan kiválthatják, miközben közvetlenül képesek működni földgázzal is; és így a SOFC technológia magasabb hatásfoka miatt kevesebb input tüzelőanyagra lehet szükség.** A fentiekből az látható, hogy a PEM technológiával a jobb (jövőbeni) gázmotor hatásfokot el lehet érni, de jelentős mértékben meghaladni nem valószínű. Ugyanakkor a tüzelőanyag-cellás technológia mellett szól, hogy – ugyanazon tüzelőanyag – mellett a légszennyező anyag kibocsátásuk számottevően alacsonyabb. A következő alfejezetben számítást végzünk arra vonatkozóan, hogy ha a jövőben magasabb hatásfokú tüzelőanyag-cellával (SOFC) sikerül kiváltani a gázmotorokat, akkor ez hogyan hat vissza a szükséges SNG mennyiségre (2.242.000 m<sup>3</sup>), illetve az ehhez szükséges villamos energia mennyiségre (35 204 MWh).

**Összefoglalva:** a különböző forrásból származó előrejelzések azt valószínűsítik, hogy **~15 éves időtávon versenyképes alternatívaként tekinthetünk a hidrogén-technológiákra, ár és hatásfok tekintetében is.** Azonban nem szabad addig várnunk, hanem lassan, fokozatosan

<sup>416</sup> Forrás: International Energy Agency: Technology Roadmap Hydrogen and Fuel Cells. 2015.

<sup>417</sup> SOFC: Solid Oxide Fuel Cell.

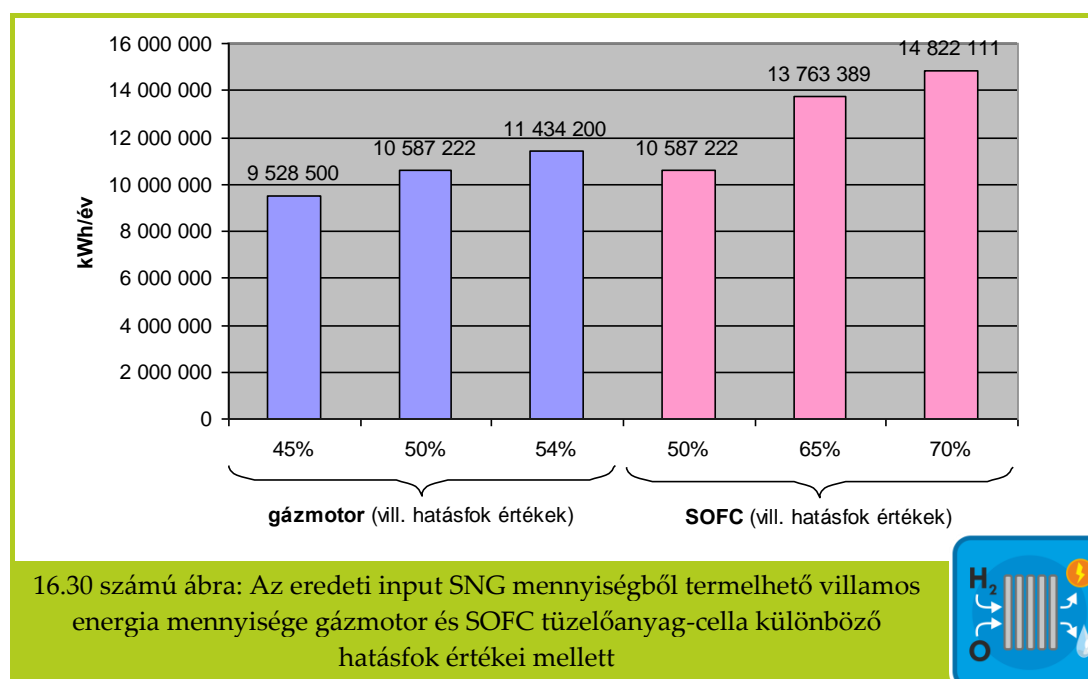
<sup>418</sup> Forrás: US Fuel Cell & Hydrogen Energy Association.



tapasztalatokat célszerű gyűjteni e technológiákkal kapcsolatosan, akár **pilot projektek formájában**, amelyek később modulárisan akár bővíthetőek. Ezért is **javasoljuk a jövőbeni energiapark területén belül egy min. ~5-8-10 ezer m<sup>2</sup> területet fenntartani a hidrogén technológiák számára; pl. elektrolizáló, power-to-gas (PtG) létesítmény, hidrogén töltőállomás.**

### 16.7.3 Magas hatásfokú tüzelőanyag-cellás technológia jövőbeni alkalmazása

Ez előző fejezetben leírtak szerint várható a tüzelőanyag-cellák (azon belül az SOFC) technológia olyan fejlődése, amely érdemileg magasabb (villamos) hatásfok elérésére lesz képes a gázmotorokhoz viszonyítva. A modell bemenő paramétereiként számított 2.242.000 m<sup>3</sup> SNG-ből a vizsgált technológia, a várható hatásfok értékeik mellett a következő ábrán bemutatott villamos energia termelésére képes jelenleg, illetve a jövőben.



Középtávon és némileg konzervatív módon feltételezzük, hogy a hatásfokok így alakulnak:

- SOFC: 65%
- gázmotor: 50%

Ez azt jelenti, hogy ugyanazon input SNG mennyiségéből az SOFC-vel termelt többlet villamos energia mennyisége  $E_{SOFC, 65\%} - E_{gázmotor, 50\%} = 3176 \text{ MWh/év}$ .

Két megoldás lehetséges ennek következményeként:

- a) a magasabb hatásfokú technológiával megtermelt nagyobb mennyiségű villamos energiát tárolni kell (és/vagy esetleg a városon kívüli felhasználókhöz eljuttatni, értékesíteni, mint zöld energiát; ez esetben tehát még „exportálhat” is a város zöld energiát a régióba)

b) a magasabb hatásfokú (SOFC) technológia miatt kevesebb input SNG is elegendő, ebből következően pedig ezen SNG előállításához szükséges 35204 MWh villamos energia szükséglet is csökkenthető. Ebben az esetben, mivel ~3176 MWh/év villamos energiával kevesebb szükséges, ehhez a SOFC technológia 517.885 m<sup>3</sup> mennyiséggel kevesebb input SNG-t igény merül fel, azaz:

- az eredetileg szükséges: 2.242.000 m<sup>3</sup> SNG input helyett,
- SOFC technológiával 517.885 m<sup>3</sup>-rel kevesebb, azaz 1.724.615 m<sup>3</sup> SNG szükséges,
- melyhez az SNG előállításához eredetileg szükséges 35 204 MWh villamos energia helyett is arányosan kevesebb: 27 080 MWh villamos energia lenne szükséges.
- ezáltal az SNG előállítás vonalán is „nyereség” jelentkezik: (35 204 - 27 080 =) 8 124 MWh mennyiséggel kevesebb villamos energia lenne szükséges.

### 16.8 Esetleges határon átnyúló kooperációs lehetőségek (Szlovénia, Ausztria)

Zalaegerszeg viszonylag közel fekszik két szomszédos országhoz is; emiatt érdemes egy pillantást vetni arra, hogyan tud kapcsolódni esetlegesen már meglévő, működő nyugat-európai hidrogén-infrastruktúra elemekhez. Nyugat-Európában ugyanis elkezdtek formálódni a hidrogén üzemanyagtöltő állomások, korridorok, egyes országokban pedig lassan hálózattá állnak össze ezek. A kérdés, hogy – elsődlegesen – a szlovén és osztrák szomszédainknál hol vannak vagy lesznek hidrogén üzemanyagtöltő kutak, és ezek milyen távolságban vannak egy HTC jármű hatótávolságához képest, azaz át tudják-e hidalni a két tankolási lehetőség közti távolságot.



16.31 számú ábra: Bal oldalon: hidrogén üzemanyagtöltő állomás Bécsben (750 bar-os), egy hagyományos benzinkútnál telepítve és egy HFC személyautó<sup>419</sup>; Jobb oldalon: hidrogén tároló és töltőállomás Grazban<sup>420</sup>



Ennek jelentősége két oldalról is van:

<sup>419</sup> Forrás: OMV

<sup>420</sup> Forrás: HyCentA

- egyrészt a stratégia megvalósítása során a **pályázati lehetőségek** kiaknázásában lehet jelentősége, például valamilyen **határon átnyúló együttműködés** keretében (lásd bővebben a pályázatos fejezetben).
- másrészt a hidrogén töltőállomás **növekvő kihasználtsága**, ezáltal gazdaságos működtetése szempontjából is fontos lenne, hogy esetleg más (szlovén, osztrák) HFC járművek is tankoljanak hidrogént a zalaegerszegi állomáson a jövőben, de lehetőleg minél előbb, mert ez javítaná a töltőállomás illetve a hidrogén infrastruktúra kihasználtságát (különösen a kezdeti, kritikus időszakban), ez pedig a finanszírozhatóságot könnyítené.

Jelenleg annyi ismert, hogy Bled-ben (Szlovénia), Grácban (Ausztria) van jelenleg demó hidrogén töltőállomás, valamint Bécsben és Innsbruckban is működik egy-egy, állandó jelleggel. A következő ábrán látható, hogy közúton számítva Bled – útvonaltól függően – 340 km-re, Grác 148 km-re, Bécs 200 km-re van Zalaegerszegtől. HFC személyautók esetében a jelenlegi hatótávolság 400-500 km, azaz Bled, Grác és Bécs bizonyosan elérhető lesz egy tele tank hidrogénnel Zalaegerszegtől, sőt Grác és Bécs, akár oda-vissza viszonylatban megjárható HTC autóval tankolás nélkül. HTC busz hatótávval (300-400 km) számolva a két közelebbi osztrák város biztosan elérhető célpont lenne; de Bled is talán elérhető busszal, bár a hegyes-völgyes terepviszonyok miatt ez gondosabb tervezést igényel majd. Nem tudható jelenleg, hogy nyugati szomszédaink hová – és mikor - terveznek további hidrogén kutat telepíteni, és ezek nyilvános töltőállomások lesznek-e, de későbbi fázisban, a nyugat-európai H<sub>2</sub>-infrastruktúrával való összekapcsolódás lehetőségére kifejezetten érdemes figyelmet fordítani, vizsgálni és elősegíteni.

2015 tavaszán Innsbruckban, az egyik fontos európai tranzit útvonal mentén létesített hidrogén üzemanyag kút, azonban 560 km-es távolságával ez egyetlen feltöltéssel középtávon nem lesz még elérhető HTC járművel.



## 16.9 Szakirodalmi és aktív internetes hivatkozások

Kapcsolódó fontosabb weboldalak és adatbázisok:

<b>Magyar nyelvű oldalak</b>	
Magyar Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Egyesület	<a href="http://www.hfc-hungary.org">www.hfc-hungary.org</a>
Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Nemzeti Technológiai Platform	<a href="http://www.hidrogenplatform.hu">www.hidrogenplatform.hu</a>
ELTE Tüzelőanyag-cella Kutatócsoport	<a href="http://www.fuelcell.hu">www.fuelcell.hu</a>
<b>Külföldi oldalak</b>	
Európai Hidrogén Szövetség (EHA)	<a href="http://www.h2euro.org">www.h2euro.org</a>
Fuel Cells & Hydrogen Joint Undertaking	<a href="http://www.fch-ju.eu/">http://www.fch-ju.eu/</a>
NOW National Organization Hydrogen & Fuel Cell Technology	<a href="http://www.now-gmbh.de/en/">http://www.now-gmbh.de/en/</a>
Strategieplatform Power to Gas (Németo.)	<a href="http://www.powertogas.info">http://www.powertogas.info</a>
European Power to Gas Platform	<a href="http://www.europeanpowertogas.com/">http://www.europeanpowertogas.com/</a>
US DoE Hydrogen Program	<a href="http://www.hydrogen.energy.gov">www.hydrogen.energy.gov</a>
Fuel Cell & Hydrogen Energy Association	<a href="http://www.fchea.org/">http://www.fchea.org/</a>
New Energy World Industry Grouping (NEW-IG)	<a href="http://www.new-ig.eu/">http://www.new-ig.eu/</a>
International Association for Hydrogen Energy	<a href="http://www.iahe.org">www.iahe.org</a>
International Association for Hydrogen Safety	<a href="http://www.hysafe.org/">http://www.hysafe.org/</a>
National Organization of Hydrogen & Fuel Cell Technology	<a href="http://www.now-gmbh.de/en/">http://www.now-gmbh.de/en/</a>
<b>Adatbázisok</b>	
Interactive Fuel Cell and Hydrogen Energy Map	<a href="http://www.fchea.org/index.php?id=102">http://www.fchea.org/index.php?id=102</a>
Hydrogen Filling Stations Worldwide	<a href="http://www.h2stations.org">www.h2stations.org</a>



## 16.10 Kulcsszavak és rövidítések

BOP	Balance of Plant – üzemegyensúlyi komponensek
Brennstoffzelle	Tüzelőanyag-cella
CGH2	Compressed gas hydrogen - Komprimált gáz állapotú hidrogén
Early adopters	Korai alkalmazók: egy adott technológia korai alkalmazói; általában olyan ágazatok, ahol – speciális okokból- az adott technológia előbb mutat gazdaságos üzemelést. A HFC technológiák esetében ilyen korai alkalmazók pl. a szünetmentes áramforrások, anyagmozgató gépek piaca.
FC	Fuel Cell – tüzelőanyag-cella (mint „elemi cella” is értendő)
FC stack	Tüzelőanyag-cella (stack) köteg. Egyes szakirodalmak a stack kifejezésre „modul” megfogalmazást használják.
HFC / HTC	Hydrogen & fuel cell – hidrogén tüzelőanyag-cellás technológiák gyűjtőneve
Hidrogén infrastruktúra	A Nemzetközi Energiaügynökség definíciója szerint azok a fizikai, pénzügyi, és tudásban megtestesülő eszközök, amelyek ahhoz szükségesek, hogy a hidrogén-energetikai szolgáltatások eljussanak a termelőktől a felhasználókig. A hidrogéngazdaság legfontosabb infrastrukturális beruházásai a hidrogén-termeléséhez, szállításához, tárolásához és biztonságos felhasználásához, valamint a felhasznált berendezések és segédanyagok környezetkímélő visszagyűjtéséhez kapcsolódnak.
HRS	Hydrogen Refuelling Station – hidrogén üzemanyag-töltő állomás
Hydrogen economy	Hidrogéngazdaság: az energetika és a közlekedés hidrogén alapú rendszerek irányába történő orientációját jelenti, amelyben a gazdaság fogyasztási és szállítási szükségleteinek kielégítéséhez és a társadalom számára hasznos új alkalmazásokban a felhasznált energiát jelentős részben a hidrogén szolgáltatja. Az EU, az Amerikai Egyesült Államok, Japán és számos más fejlett ország is a 2000-es évek elejétől már számottevő, a hidrogéngazdaságot, hidrogénmobilitást célzó programokat indított.
Hytane / HCNG	Hydrogen + methane (hydrogen + CNG): demo projekt szintjén létező eljárás, melynek keretében hidrogént kevernek bizonyos arányban CNG üzemanyagba, és gázüzemű, belső égésű motorokban használják.
HyWay	Hidrogén autópálya: olyan autópályát, autópálya szakaszokat, esetleg egyéb utakat jelent, amelyek mentén kiépült a hidrogén tankolásához szükséges infrastruktúra, azaz hidrogéntöltő állomások (az előállító és disztribúciós technológiáikkal együtt), így hidrogén üzemű járművek használhatják az adott útvonalat. Az első ilyen hidrogén autópályák már kiépültek, illetve folyamatosan kiépülőben vannak, lásd pl. norvég hidrogén autópálya (HyNor). Alapvetően nem jelenti új útszakaszok fizikai létesítését, hanem a meglévő autópályák, utak felszerelését a megfelelő hidrogén infrastruktúrával.
LH2	Folyékony hidrogén
MEA	Membrane electrode assembly – membrán-elektród együttes
PEM FC	Proton exchange membrane fuel cell - protoncserélő membrános tüzelőanyag-cella



PtG	Power-to-Gas: „villamos energiából gázt” előállító technológiák gyűjtőneve, amely részben energiatárolási, részben villamos rendszerszabályozási célokat is szolgál. Alapesetben a villamos energia segítségével hidrogént állítanak elő, és ezt keverik be – meghatározott arányban - a földgáz hálózatba. Egyéb esetekben metán előállítása és bekeverése (is) történhet.
Reformálás / reforming	Összefoglaló név, mely szénhidrogének termikus vagy katalitikus eljárással történő, illékonyabb és/vagy magasabb fűtőértékű termékek előállítását szolgálja. A reformálás jelenleg a leggyakoribb hidrogén-előállítási mód.
RES H2	„megújuló alapon előállított hidrogén” vagy „zöld hidrogén”: egyelőre nincs egységesen elfogadott definíció, de a környezetkímélő módon, alapvetően a megújuló energiaforrások felhasználásával előállított hidrogént értjük alatta. Fontos feltétel, hogy a teljes energetikai értéklánc mentén (esetünkben főként az előállítás során) a különböző környezetterhelések kedvezőbben alakuljanak, mint a meglévő - leggyakrabban fosszilis energiaforrásokra alapozott - megoldások esetében.
SMR	Steam methane reforming – metán gőzreformálási eljárása, amely jelenleg a hidrogén leggyakoribb előállítási módja.

## 17. Biomassza



### 17.1 Biomassza potenciál

A Zalaerdő Zrt. a megye több településén jelen van, a kitermelt éves fafajok aránya és azok mennyisége egyenlőtlenül oszlik meg közöttük. Az érintett települések: Nagykanizsa, Bánokszentgyörgy, Letenye, Lenti, Zalaegerszeg.

Település	Évente kitermelhető mennyiség (m <sup>3</sup> )
Bátónyszentgyörgy	99 439
Letenye	81 000
Lenti	80 000
<b>Zalaegerszeg</b>	<b>72 000</b>
Nagykanizsa	68 000
<b>Összesen</b>	<b>400 439</b>

17.1 számú táblázat: A Zalaerdő Zrt. által kitermelhető éves famennyiség 2014-ben<sup>421</sup>

Zalaegerszegen az éves bruttó famennyiség 72 000 m<sup>3</sup> volt 2014-ben. Ez azt jelenti, hogy a zalaegerszegi erdőterületeken ennyi m<sup>3</sup> volt a maximálisan kitermelhető, felhasználható faanyag. A városi erdőállomány esetében a bruttó véghasználati térfogat 48 500 m<sup>3</sup> volt 2014-ben, vagyis a maximálisan kitermelhető faállományból ennyit termeltek ki az adott évben.<sup>422</sup>

Zalaegerszegen a kitermelt fafajok a következőképpen oszlanak meg:

- kocsányos tölgy 11%,
- kocsánytalan tölgy 18%,
- cser 13%,
- bükk 18%,
- gyertyán 8%,
- akác 17%,
- egyéb kemény lomb 3%,
- egyéb lágy lomb 3%,
- fenyőfélék összesen 9%.

A 200 hektáros területen potenciálisan 48500 m<sup>3</sup> a kitermelhető famennyiség egy évben, ebből a faipar igényeit figyelembe véve ~19245 m<sup>3</sup> az évente elégethető famennyiség. Ez a

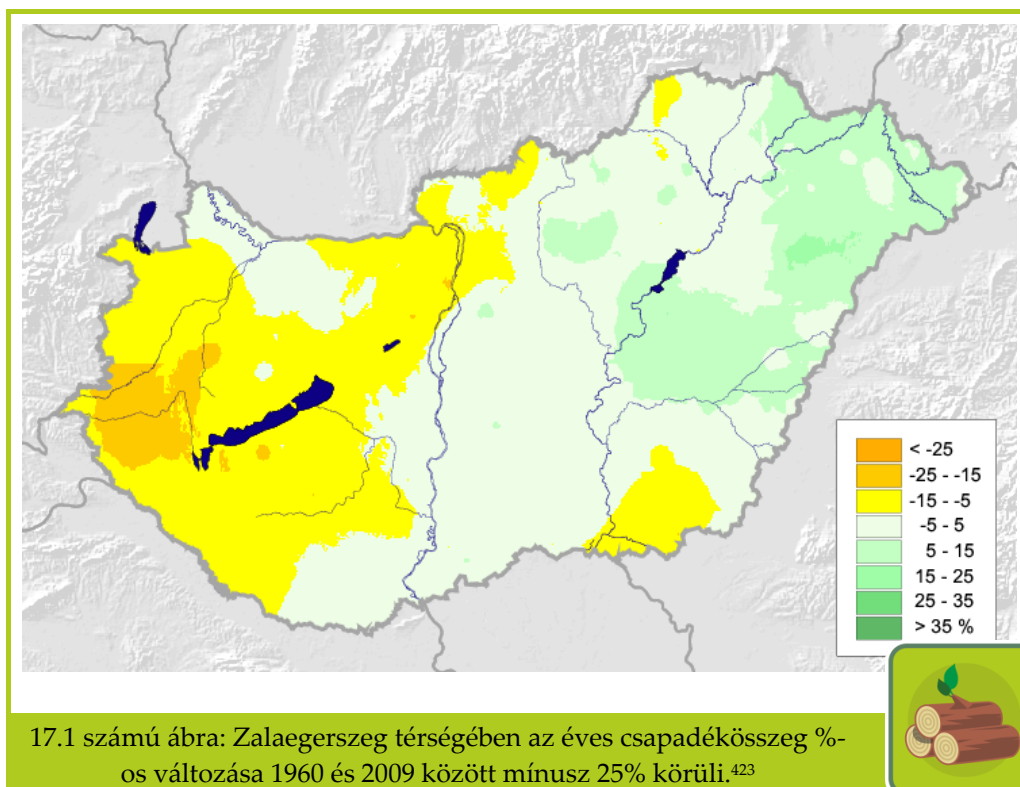
<sup>421</sup> Forrás: <http://www.zalaerdo.hu>

<sup>422</sup> Forrás: <http://www.mecsekerdo.hu/index.php?pg=glossary>  
[http://www.zalaerdo.hu/hu\\_zalaegerszeg.php](http://www.zalaerdo.hu/hu_zalaegerszeg.php)

potenciálisan kitermelhető mennyiségnek ~39%-a, vagyis a különböző fafelhasználás és fafeldolgozás után ilyen arányban marad elégethető famennyiség és tűzifa.

Várhatóan ez az arány a jövőben tovább fog csökkenni az olyan újrahasznosítási technológiáknak köszönhetően, mint a fa – műanyag kompozit (WPC), vagy a fahulladék préselés. Egyre elterjedtebb, hogy a fafeldolgozó üzemek az általuk előállított hulladékot saját maguk hasznosítják újra. Ennek legjellemzőbb formája a hulladék fa elégetése fűtés céljából, illetve különböző egyszerűbb termékek, eszközök gyártása, mint a raklap és a bútorelemek.

### Éghajlat változása a biomassza vonatkozásában



Az éves biomassza potenciálra is nyilvánvalóan hatással lesz középtávon az éves csapadékösszeg csökkenése. Ezért sem javasoljuk a biomassza potenciál túlértékelését.

A potenciálisan folyamatosan csökkenő famennyiségben a már említett alternatív újrahasznosítási lehetőségeken felül a külföldi piacok közelsége és árfelhajtó ereje is szerepet játszhat. A közelben lévő országokban, mint Szlovénia, Olaszország és Ausztria a közeljövőben megnőhet az igény a magyar nyersfa és a tűzifa iránt. A lenti fűrészüzemhez, az aprótermék előállítás (tölgy bútoreléc, parketta) végző egységhez, valamint a pellet gyártó egységhez a Zalaerdő Zrt. kezelésében lévő összes területről, így Zalaegerszegről is szállítják a kitermelt famennyiség egy jelentékeny részét. Mivel a magyar fához olcsóbban lehet

<sup>423</sup> Forrás: OMSZ. <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/Klimavaltozas/ch03s02.html>

hozzájutni, mint az említett külföldi országokban, ezért megnőhet iránta a kereslet. A kereslet növekedése magyarországi áremelkedéssel járhat együtt. Ezen a tendencián az erdősültség növekedése sem fordít meglátásunk szerint.

Mindazonáltal **erre a famennyiségre** (legfeljebb 30% nedvességtartalmat feltételezve) **biztonsággal alapozható** a tüzelőanyag ellátás szempontjából a **2 MWe villamos teljesítményű kapcsolt energiatermelésű biomassza erőmű középtávon is**. A biomassza ORC erőművek leírása az ORC fejezetben van részletezve.

**A lakossági hőenergia termelés optimális eszköze a HŐSZIVATTYÚK fejezetben tárgyaltak alapján a hőszivattyú,** (szabályozó szerep és mert a napenergia ésszerű kiegészítője), mely villamos energia alapú fűtési rendszerként, a környezeti energiát is felhasználva optimális hőtermelő lehet a 100% megújuló alapú energiaellátási rendszerben.

## 17.2 Biomassza szerepe, ha a hőszivattyús fűtés nem megvalósítható

A biomassza fűtés fontos előnye, hogy képes betölteni a szezonális energiatároló szerepét, ha olyan rendszert alakítunk ki, amely csak fűtési időben használ biomasszát. Egyszerűen fogalmazva fában tároljuk az energiát télire. A biomassza alapú szezonális energiatárolás a legköltségesebb szezonális villamos energiatárolást is részben kiválthatja, ha a biomassza kapcsoltan villamos energiatermelésre is felhasználásra kerül. Illetve optimális esetben még hagyományos hőenergiaként történő felhasználással is, akkor, ha fűtési időben használják fel.

Egyes épületekben ahol más lehetőség nem adódik, a következő biomassza alapú hőtermelési alkalmazások jöhetnek szóba:

GUNTAMATIC THERM fali biomassza kazán

Ez a típus könnyebb szerelhetősége, **kisebb helyigénye miatt** tágabb alkalmazási lehetőségekkel rendelkezik a biomassza kazánok között, így sok esetben **megoldás lehet a fosszilis alapú hőtermelés kiváltására**, bár a **beruházási költsége igen magas**.

GUNTAMATIC 10 kW 5,2 m<sup>3</sup> pellet tárolóval ~9000 €<sup>424</sup>

### Hőtároló, puffertartály

A biomassza fűtés és alacsony energiaigényű épület esetén szinte minden esetben indokolt a fűtési energiatároló beépítése.

#### Előnyei:

- A biomassza kazán kevesebb üzemórát működik, és amikor működik, működhet a névleges legjobb üzemviszonya szerint - a puffer képes felvenni a megtermelt energiát.
- Napkollektor bevezetését is megkönnyíti.
- Kedvező költség mellett megoldható a megújuló alapú HMV ellátás.
- Nem behordó műves (brikett vagy tűzifa) biomassza fűtés esetén védelmi szerepet tölt be azzal, hogy fogadja a kazán hőjét nem alakul ki a túlmelegedés.

<sup>424</sup> Forrás: [http://guntamatic.si/uploads/esogunt/public/document/4-preisliste\\_2012\\_web\\_neu\\_sl.PDF](http://guntamatic.si/uploads/esogunt/public/document/4-preisliste_2012_web_neu_sl.PDF)

### Hátrányai:

- Alapterületet igényel.
- Nagy pontszerű földemterhelés jelent.

### **Automatizált működésű (behordóműves) biomassza kazánok tüzelőanyagai és jellemzői**

A jelenleg legelterjedtebb gázkazános fűtésnek az automatizált működésű biomassza kazánok jelentik a komfortban is összemérhető alternatíváit egy meglévő radiátoros fűtési rendszer esetén. Gazdaságossági szempontból sajnos csak abban az esetben mondható ki a biomassza tüzelőanyagú rendszerek előnye, ha azonosnak **nevezzük a komfortszintet**, valamint olcsón beszerezhető a biomassza tüzelőanyag.

Sajnos, ha az automatizált működési biomassza kazánok bekerülési és üzemeltetési költségét is bele vesszük, az élettartamra vetített összehasonlításban eltörpül vagy elveszik a biomassza fűtés gazdasági előnye a jelenlegi gázárak mellett.

### **Tüzelőanyagok**

A kis teljesítményű biomassza kazánoknál a fa apríték, pellet, vagy ritkán agripellet, még ritkábban cseresznyemag, dióhéj, nád lehet olyan tüzelőanyag, melyeknek tűztérbe való behordása automatizálható.

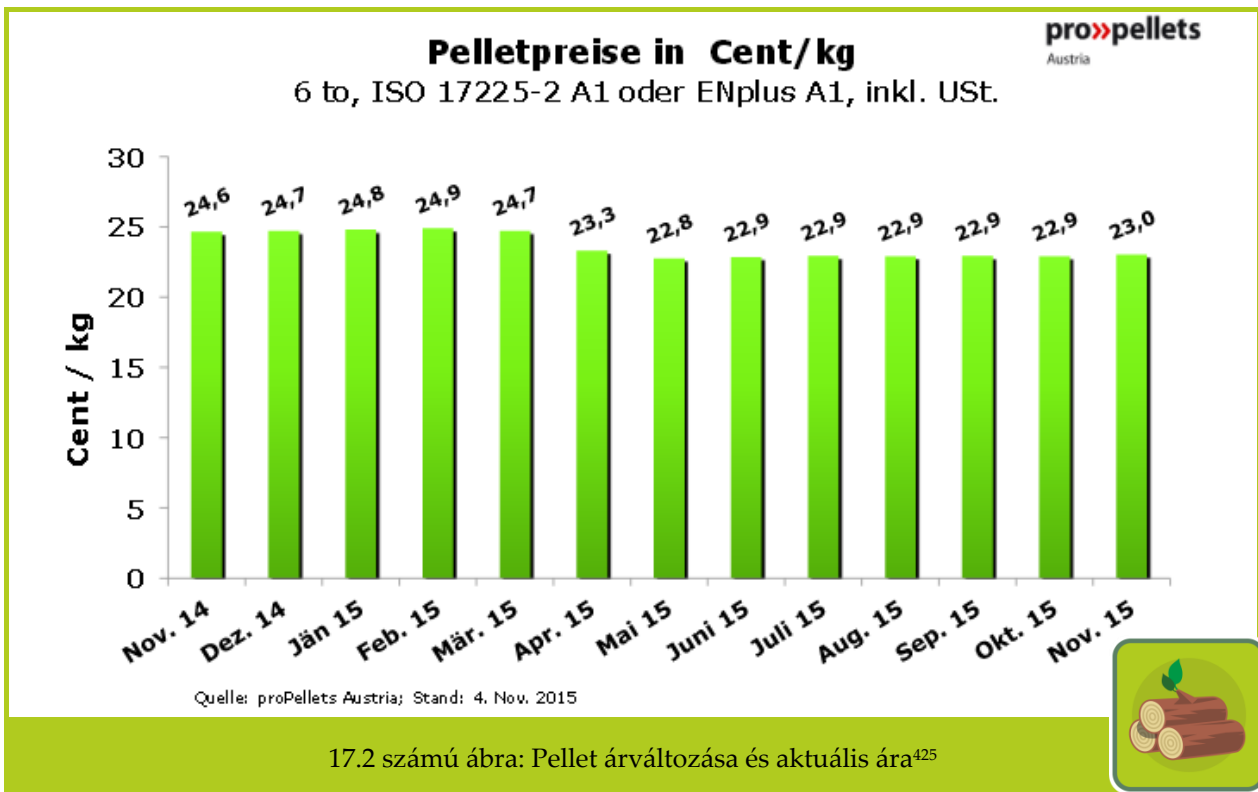
Az automata tüzelőanyag behordó rendszerű kazánok esetében az agrár pellet tüzelőanyag külön figyelmet igényel annak köszönhetően, hogy ezek a tüzelőanyagok hajlamosak a salakosodásra (nagyobb szilikát tartalom) és normál égőfej esetén megszakad az önműködő üzem. Ha valahová hosszú távra pellet vagy apríték tüzelést választanak, érdemes agrár pellet képes öntisztító égőfejet választani, így széles tüzelőanyag választék is megfelelhet az üzemeltetéshez.

Mindenképp meg kell jegyezni, hogy a közeli országok folyamatos felvevő piacának árfelhajtó hatása jelenleg viszonylag magasan tartja a pellet árát, ami vélhetően a közeljövőben tovább fokozódik. Mivel a közvélekedés a családi ház piacon a pelletet a földgáz helyettesítő termékének tartja, ára többé-kevésbé (inkább kevésbé) követi a földgáz áremelkedését és csökkenését.

Jelenleg a fa pellet ára ~0,23 €/kg (ÖNorm M7135 szabvány szerinti minőség)

Jellemző fűtőértéke 18 MJ/kg vagy 4,9 kWh/kg





17.2 számú ábra: Pellet árváltozása és aktuális ára<sup>425</sup>

### Biomassza behordó művek

A pellet és fa apríték rendszerű kazánok legfontosabb előnye az automatizált működés. Az automatikus működést elsősorban a behordó művek tüzelőanyag behordása teszi lehetővé.

A behordóművek fajtái:

- Csigás

Előnyei: egyszerű szerkezet, visszaégés gátlást is megoldhatja.

Hátránya: közel egyenes legfeljebb 10m távolság lehet a tüzelőanyagig, előbb utóbb óhatatlanul megakad

- Vákuumos (elsősorban pellet tüzelőanyagnál)

Előnyei: bonyolult tüzelőanyag utaknál is alkalmazható, hosszabb tüzelőanyag utakat is áthidalhat

Hátránya: viszonylag drága.

Jellemző automata behordó műves kazángyártók:

Herz, Guntamatic, stb

### Biztonsági rendszerek

A biomassza tüzelés a szilárd tüzelési módok közé tartozik a kéményseprő hatóságok besorolása szerint. A szilárd tüzelőanyagoknál és különösen a behordó műves rendszereknél, ma már három egymástól elkülönülten működő, segédenergia nélkül is üzemképes biztonsági

<sup>425</sup> Forrás: [http://www.propellets.at/wp-content/uploads/201405e\\_pp\\_kg.pdf](http://www.propellets.at/wp-content/uploads/201405e_pp_kg.pdf)

rendszer megléte megkövetelt, annak érdekében, hogy a nagytömegű tüzelőanyag raktárakba ne juthasson vissza a tűz.

Ezek a biztonsági rendszerek is növelik valamelyest a biomassza fűtési rendszerek árát, azonban élet és vagyonvédelmi szempontból is kétségtelenül szükségesek.

### **Cserépkályhák**

A cserépkályhák, mint fatüzeléses hőforrások mára már sem a komfort, sem pedig tüzelőanyag gazdaságosság (hatásfok) szempontjából sem tekinthetők korszerűnek. Az energia stratégia szempontjából jelentőségük segédenergia igény nélküli tartalék, és a legnagyobb hidegekre szánt alkalmi segédhőforrásként lehet. Természetesen a kézműves minőségű cserépkályhák díszei is lehetnek egy-egy épületnek. Tömeges fűtési megoldásként ma már levegő minőségi aggályokat is felvet a Zalaegerszeg városszerkezetében, ezért újabb kiépítéseket csak körültekintő szabályozási környezet megléte esetén tartjuk indokolhatónak.

### **Kémények, biomassza tüzeléshez**

Zalaegerszeg 100% energiaellátása szempontjából a hosszútávú szempontokat és lehetőségeket figyelembe véve a szigetelt szerelt kémények kedvezőbbek a kisebb épületek szintjén. Mivel a szerelt kémények könnyebben elbonthatóak nem igényelnek saját alapot, illetve esetleg áttelepíthetőek más épületrészre vagy épületre. A nagy beruházási költségű épített kémények hosszú időre elodázhathatják a korszerűbb teljes energiaellátásra való áttérést, vagyis lassíthatják az energia önellátás folyamatát. Amennyiben hosszú távon biztosan szükség lesz kéményre egy-egy épületen, úgy a dupla kürtös légbevezetős szigetelt épített típusok jelentenek jobb választást. Hiszen így csak egy helyen okoznak árnyékhatást a tetőn, valamint a középső légbevezető csatorna később alkalmas lehet napkollektor csövezésének átvezetésére a tetősíkon és a födémeken. Bár előfordulhat, hogy a szerelt típusok itt is kisebb költséggel beépíthetők. Az épített kémények minőségében fontos különbség, hogy legjobb minőségű típusok belső kerámia fala vékonyabb falú, ezért hamarabb átmelegszik, ami a gyakorlatban főleg a szakaszos működésű pellet, vagy faapríték kazánoknál ad üzemviteli előnyt. Utólag épített kéményeket a lehetőség szerint mindenképpen a tetőgerinctől északra javasoljuk kivezetni a tetőkön az árnyékhatások és várható napelem porterhelések minimalizálása miatt.

Fontos megjegyezni, hogy a passzívházak légtömörégi szintjének megfelelő kémények és kazánok (behordó művek) jelentős többlet költség mellett elérhetők. Azaz passzívházban és minden egyéb nagy légtömörőségű házban a pellet, vagy faapríték gazdaságossági versenyképessége még inkább megkérdőjelezhető a hőszivattyús hő ellátáshoz képest.

Épített szigetelt dupla kürtös kéménygyártók:

Leier, Schiedel

(A lényeges belső kerámiát mindkét gyártó számára a Hart kerámia szállítja, bár más-más minőségben.)

### **Faelgázosító kazánok**

A faelgázosító kazánok mindinkább elterjedtté válnak a hagyományos vegyes tüzelésű kazánok helyett. Ezek jellemzően rönkfa üzeműek, azaz legtöbbször nem automatizálhatóak. Léteznek vegyes pellet égőfejjel és tűzifa égőtérrel szerelt típusok is.

Jellemző hatásfokuk 82-90%, - természetesen a magas hatásfokot csak 15 m/m% alatti nedvességtartalmú fa esetén tudják biztosítani. Faelgázosító kazánból csak elvétve találni külső légellátású típust. Tehát légtechnikával szerelt épületekben nem jelent ideális megoldást.

Gyártók: Atmos, Unical, Hajdú

### 17.3 Porképződés szabályozása

Bár a biomassa megújuló energiaforrás és tüzelése sem okoz többlet széndioxid kibocsátást, de porkibocsátása van. Svájcban, a biomassa tüzelésre vonatkozó füstgáz portartalmára mind családi ház méretben, mind nagyobb teljesítményeknél létezik szabályozás elsősorban a polgárok egészségvédelme szempontjából.

A legtöbb európai országban (Ausztria, Franciaország, Hollandia, Németország stb.) a porszennyezésre 0,1 g/Nm<sup>3</sup> alatti célértéket irányoznak elő.

Sok előrelátó cég már most olyan kazánokat gyárt, amelyek megfelelnek a szigorú brit károsanyag-kibocsátási előírásoknak, és amely megfelel a még keményebb közelgő uniós szabályozásnak (várhatóan 20 mg / MJ a por értékének) is.

A kibocsátott por mennyiségét az összes szálló por értékkel (Total Suspended Particles – TSP) szokás megadni mg/MJ (milligramm/MegaJoule) fajlagossal. A téli ködös, szmogos időszakokban a PM1, PM5, PM10 por szennyezettségről hallani a híradásokban, amelyek a TSP érték részhalmazai, egy-egy összetevői. A 17.2 táblázatban példa értékeket láthatunk régi és korszerű kazántípusok PM1 kibocsátására. Sajnos a majd nyolcszoros különbség a kazán bekerülési árban is jelentkezhet.

Típus	PM1[mg/MJ]
régi tönkfa tüzelésű kazán	~92
korszerű apríték kazán	~12

17.2 számú táblázat: Kazánok PM1 kibocsátásai<sup>426</sup>

Az Európai Unió EU UltraLowDust kutatásban azt is vizsgálták milyen értékek érhetőek el, ha a kéményekbe aktív, elektrosztatikus elven működő szűrőt (elektrosztatikus porleválasztót – electrostatic precipitator – ESP) építenek be. A szűrővel elért legjobb értékek: 10 mg/MJ (TSP) Németországban valós körülmények között mérhető határértéket szabtak meg 2015-től és **Zalaegerszegre is ilyen érték bevezetését javasoljuk. Ez a határérték 0,02 g/Nm<sup>3</sup> a porra.**<sup>427</sup>

<sup>426</sup> Forrás: [http://www.ultralowdust.eu/fileadmin/user\\_upload/public/Final-Project-Seminar/WSED2014\\_High-efficiency-low-emissions\\_Presentations.ZIP](http://www.ultralowdust.eu/fileadmin/user_upload/public/Final-Project-Seminar/WSED2014_High-efficiency-low-emissions_Presentations.ZIP)

<sup>427</sup> Forrás: [https://veranstaltungen.fnr.de/fileadmin/veranstaltungen/2015/Biomasseheizkessel/Vortr%C3%A4ge/Emissionsrechtliche\\_Anforderungen\\_an\\_Biomasseanlagen\\_Stanev.pdf](https://veranstaltungen.fnr.de/fileadmin/veranstaltungen/2015/Biomasseheizkessel/Vortr%C3%A4ge/Emissionsrechtliche_Anforderungen_an_Biomasseanlagen_Stanev.pdf)

Annak ellenére, hogy ez pénzügyileg megterhelő lehet egyes családoknak, mégis inkább a jobb készülékek támogatását javasoljuk, mintsem a magas porkibocsátású típusok elterjedését. **Még a gázfűtés vagy a távfűtés is jobb választás a város szempontjából, mint a magas porkibocsátású biomassza tüzelés.** A szigorú német, svájci szabályozások hatására a háztartási ESP szűrők piaci megjelenése is várható. Ilyen szűrők utólagos beépítése a füstcsőbe (~kéménybe) is megoldást jelenthet a régebbi kazánok kibocsátás csökkenésének eléréséhez.

**Zalaegerszegen a 100% megújuló energiaellátási rendszer szempontjából, mindenképpen fontos lenne a vegyes tüzelésű alacsony hatásfokú kazánok visszaszorítása.** A vegyes tüzelésű kazánokban nem egyszer nagy koromtartalmú anyagokat is elégetnek a gondatlan felhasználók, a korom és egyéb szálló por pedig rákkeltő hatása miatt komoly egészségkárosító kockázatot is rejt magában. Ezen túlmenően pedig a házak napelemeit is elszennyezi, ami jelentős teljesítmény csökkenéshez vezet. Az EU-ULD kutatás arra is rávilágít, hogy a lágyszárú tüzelőanyagok égetéséből adódó összes porkibocsátás akár 10×-es is lehet ugyanazon kazánban égetve, mint a rönkfa tüzeléséből adódó porkibocsátás.

**A porkibocsátás mérséklésére azért is szükség van, mert a 100% megújuló energiaellátásban a naperőművek téli teljesítménycsökkenése okozza a legnagyobb gazdasági veszteséget,** hiszen téli energiaszegény időszakokban lesz a villany ára a legmagasabb.

### **Minősítések**

A biomassza kazánok megválasztására különösen igaz, hogy a **meglévő hosszú távú üzemeltetési tapasztalat** (legalább 2 év) jelenti a **legmegbízhatóbb** döntés előkészítési forrást. Kiemelten igaz ez az automata tüzelőanyag behordású készülékekre. Azonban ilyen tapasztalat nem mindig áll rendelkezésre, a gépek hatásfokáról pedig a felhasználóknak is csak sejtéseik vannak. Ezért érdemes megbízható mérési eredményekre támaszkodó minősítéseket figyelembe venni.

Hazai mérési eredmények: Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, Gödöllő, akkreditált laborral, több hazai kazángyártmányt is igazolt. Adott ki szakvéleményt kazánok hatásfokáról valamint a füstgázkibocsátásáról is információkat adott:

<http://www.fvmmi.hu/elerh.php?Nyelv=1>

Ausztriában a Földművelésügyi, Erdészeti, Környezetvédelmi és Vízügyi BLT végez kutatást és tesztelést a biomassza és a mezőgazdasági gépgyártásban. Részletes 20 oldalas jegyzőkönyvben ismertetik az egyes kazánok műszaki és füstgáz kibocsátási tulajdonságait:

<http://www.josephinum.at/en/blt/pruefung/pruefberichte/feuerungen.html>

Illetve a németországi biomassza készülékekről szóló támogatási lista is kiinduló pont lehet:

[http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare\\_energien/biomasse/publikationen/energie\\_e\\_e\\_bm\\_auto\\_liste.pdf](http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare_energien/biomasse/publikationen/energie_e_e_bm_auto_liste.pdf)

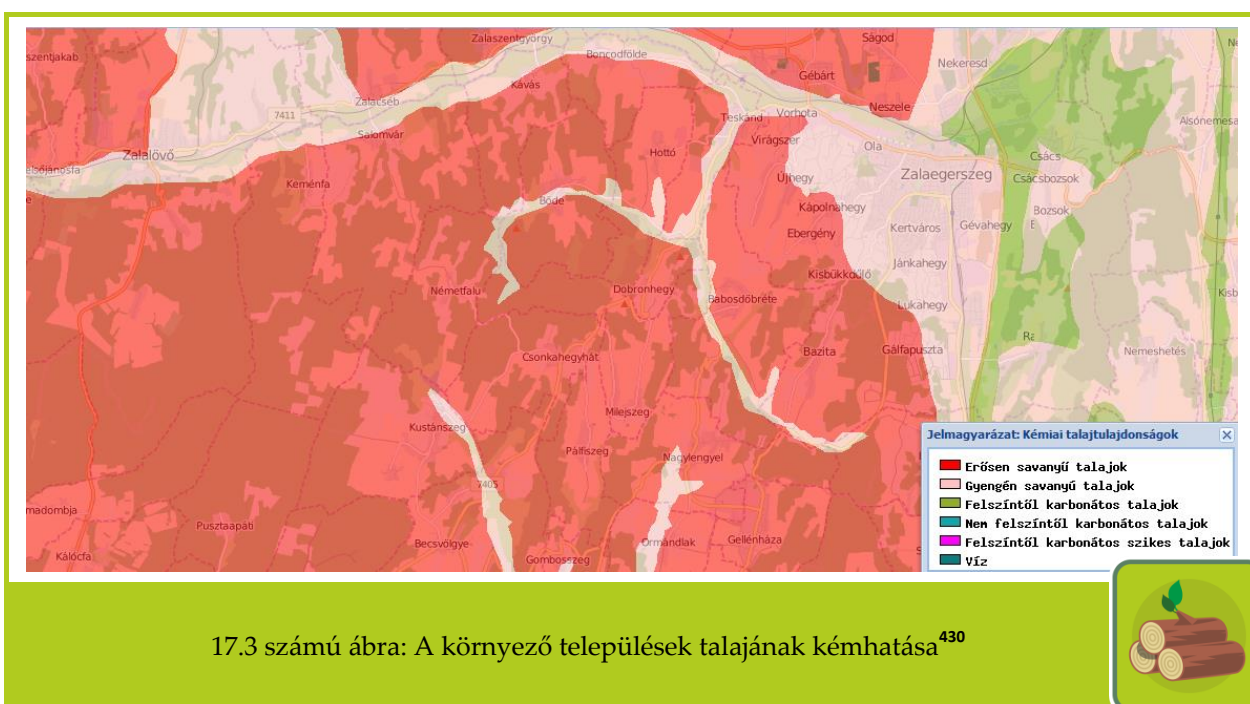
Az egyes típusokhoz tartozó részecske kibocsátási értékek is fel vannak tüntetve.

## 17.4 Hamu hasznosítása

A biomassza égetése során keletkező hamut hasznosítani lehet a lerakás elkerülésével. A hamu lúgosító hatását felhasználva savas mezőgazdasági területekre megfelelő mennyiségben kiszórva javítani lehet a talaj minőségét. Ez a művelet gazdasági szempontból is előnyös, mivel részben kiváltható vele a meszezés és a költséges talajjavító anyagok használata.<sup>428</sup>

Zalaegerszeg és környéke területén a talaj kémhatásának területi megoszlása: savanyú 4,5 %, gyengén savanyú 73,5 %, semleges 22,0 %, lúgos pedig nem számottevő. A savanyú, illetve gyengén savanyú területeken javasoljuk a hamu szükség szerinti használatát.<sup>429</sup>

A környező kisebb településekhez tartozó földművelési területek megfelelőek lehetnek, mint alkalmazási terület. Például Hottó, Babosdöbréte vagy Nagylengyel mezőgazdasági területei.



Ez az eljárás a német és osztrák biomassza erőművek esetében is használatos.<sup>431</sup> Linzben például a keletkezett hamu 60%-át mezőgazdaságban hasznosítják.<sup>432</sup>

<sup>428</sup> [http://doktori.nyme.hu/486/1/DOKTORI\\_F\\_I.pdf](http://doktori.nyme.hu/486/1/DOKTORI_F_I.pdf)

<sup>429</sup> Forrás: Zalaegerszegi Települési Környezetvédelmi Programja

<sup>430</sup> Forrás: <http://www.enfo.hu/gis/korinfo/>

<sup>431</sup> Forrás: <https://de.wikipedia.org/wiki/Biomasseheizkraftwerk>

<sup>432</sup> Forrás: <https://www.linzag.at/cms/media/linzagwebsite/dokumente/lag/kraftwerke/Umwelterklaerung2013.pdf>



## 17.5 Biomassza alapú távfűtés bevált gyakorlatok

Zalaegerszegen a biomassza és geotermikus adottságok és lehetőségek feltérképezése után arra jutottunk, hogy rövidtávon – a közintézmények hőigényeire alapozva –  $2 \text{ MW}_{\text{th}}$  hő teljesítményű biomassza alapú távfűtés rendszert javasolunk. Ezért a következőkben erre a nagyságrendre vonatkozó javaslatok szerepelnek. Közép és hosszútávon a gazdasági lehetőségek és a polgári távfűtés igény bővülésével pedig szintén  $\sim 2 \text{ MW}_e$  körüli, de villamos energiatermelő berendezést látunk – biztosan elérhető tüzelőanyag alapján megvalósíthatónak biomassza alapon.

A biomassza alapú távfűtésben rendszermérettől szinte függetlenül jelentkezik a kazánok részterheléséből adódó rendszer hatásfokvesztés, hiszen a csúcsidei fogyasztásokhoz képest (legnagyobb januári hidegek) a rendszer csak  $\sim 20\%$  körüli terhelésen üzemel. Ezt a jelenséget leginkább nagy térfogatú tárolók beépítésével lehet elkerülni, mivel így egy kisebb teljesítményű, de folyamatosabban üzemelő kazán jobb hatásfokkal képes működni. Ráadásul a tapasztalatok szerint a biomassza fűtés füstjére vonatkozó lakossági panaszok is csökkennek így.<sup>433</sup>

Svájcban például egy  $1800 \text{ kW}$  névleges teljesítményű rendszerhez  $95 \text{ m}^3$  nagyságú puffert telepítettek.<sup>434</sup> Az ilyen, úgynevezett alapterhelésre méretezett (base load) kazánok elvárható éves átlagos hatásfoka  $\sim 86\%$  körüli.<sup>435</sup>

### 17.5.1 Minőségbiztosítás a biomassza alapú távfűtésben

Ausztriában a  $400 \text{ kW}$  névleges hőteljesítménynél nagyobb biomassza alapú távfűtésnél svájci mintára ún. „QM Heizholzwerke” minőségirányítási rendszert vezettek be a „Klima:aktiv program” részeként. A minőségirányítási rendszer kulcseleme az automatikus adatgyűjtő rendszer. A minőségirányítási rendszerhez hat kötetből álló részletes műszaki információkat, és tervezési segédletet tartalmazó kiadvány is tartozik. **Zalaegerszeg számára is javasoljuk legalább az ajánlásokat, de még inkább a teljes minőségbiztosítási rendszer bevezetését, mivel az Osztrák és Svájci tapasztalatok segíthetik a sikeresebb társadalmi elfogadtatást, valamint a távfűtési rendszerhez járuló viszonylag magas beruházási költségek megtérüléséhez és finanszírozhatóságához is segítséget nyújthat.** (A fűtési távvezetékek árakat lásd a geotermikus távfűtésnél megadva.)

### 17.5.2 Kazán és rendszer megválasztásának szempontjai

Távfütesési üzembiztonsági követelményeknek eleget tévő kazánok legtöbbször mozgó rostélyos kazánok, automata hamukihordó és tömörítő rendszerrel, automata hőcserélő tisztítással, ciklonos és lehetőleg elektrosztatikus füstgáztisztítással. Az apríték behordó műveik jellemzően ún. „mozgó padlós”, akárcsak a pannonhalmi apátság fűtőművében.

<sup>433</sup> Forrás: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/376805/Review\\_of\\_biomass\\_performance\\_standards.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/376805/Review_of_biomass_performance_standards.pdf)

<sup>434</sup> Forrás: [http://www.holzenergie.ch/uploads/media/57\\_Bulletin\\_D\\_01.pdf](http://www.holzenergie.ch/uploads/media/57_Bulletin_D_01.pdf)

<sup>435</sup> Forrás: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/376805/Review\\_of\\_biomass\\_performance\\_standards.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/376805/Review_of_biomass_performance_standards.pdf)

A szakirodalom szerint a tűztérben mozgórostélyos kazánok ~45% nedvességtartalomig képesek elviselni a biomassza tüzelőanyag minőség hibáit.<sup>436</sup> Nedves faapríték esetén a kazán hatásfoka 80% alá is süllyedhet. Míg száraz legfeljebb 15% nedvességtartalmú fa apríték esetén minden mai jó minőségű kazán 90% feletti hatásfokkal képes üzemelni.

Fontos kiemelni, hogy ekkora rendszereknél a kazánházban jelentkező veszteségek (a hőcserélőkön, csöveken stb.) is elérhetik összesen az 5%-ot. Vagyis nemcsak a kazán, hanem a kivitelezés minőségén, a szigetelések kiépítésén is múlik az éves várható energiafelhasználás, végső soron pedig a szolgáltatott energia ára.

### 17.5.3 Biomassza fűtőmű javasolt helyszíne

**A Landorhegy területén, környékén lévő intézményeket javasoljuk biomassza távfűtéssel ellátni. Ezért a domborzati viszonyokat és uralkodó északias szélirányt kihasználva a fűtőművet az Alkotmány utcai „dombtető”, Szarkaláb utca, Hegyközség utca területén javasoljuk kialakítani.** Így a szintkülönbségből és füstgáz felhígulásából adódóan szélcsendes időben kevésbé ül meg a tisztított füst a landorhegyi völgyben, ami több településen gondot okozott (Pl: Putnok, Ózd). Illetve így az Alkotmány utcán ki lehetne alakítani a távfűtés gerincvezetékének nyomvonalát. Vagy a Szívhegyi út és Belsőszeg utca elágazásának környékére is megoldás lehet, ennek a helyszínek a jobb teherautós megközelíthetőség az előnye.

Akkora helyszínt érdemes választani ahol megoldható a biomassza apríték beszállítása legalább két hétre való tárolása valamint a későbbiekben kialakítható a kapcsolt energiatermeléshez szükséges erőmű is. Szükség esetén ~3000 m<sup>2</sup> terület elegendő lehet (kb. fél focipálya) a hosszan elnyúló keskeny telek esetén nagyobb terület szükséges.

Biomassza kazán fajlagos beruházási költség (CAPEX) 1600 kW névleges teljesítményű rendszerénél: 570 €/kW<sup>437</sup>

Biomassza kazán fajlagos beruházási költség, más források szerint: ~520 €/kW

#### Gyártók

- Heizomat GmbH.
- Schmid energy solutions
- Gilles

---

<sup>436</sup> Forrás:

[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/376805/Review\\_of\\_biomass\\_performance\\_standards.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/376805/Review_of_biomass_performance_standards.pdf)

## 17.6 ORC vagy Szerves Rankine Ciklus

Az Organikus Rankine Ciklus olyan termodinamikai körfolyamat, amellyel a hagyományos vízgőz munkaközegű hőerőművekhez képest alacsonyabb hőmérsékletű hőforrásból és zárt rendszerben állítható elő villamos energia. Leggyakrabban kapcsolt energiatermelés részeként telepítik a hőenergiát a távfűtéshez, vagy más hőfogyasztóhoz csatlakoztatva. Az ORC erőműben a munkaközeg nem vízgőz, hanem más alacsony párolgási hőmérsékletű közeg (szerves vegyület pl ammónia), amely a hagyományos Rankine ciklusú erőművekhez hasonlóan elpárologatás után gőzturbinát hajt. A szerves munkaközeg gőze nem jut ki a gépből, hanem újra meg újra felhasználásra kerül.

**Zalaegerszegen két területen kerülhet látótérbe ez a technológia: A biomassza hasznosítás és a geotermikus energia hasznosítás terén.** Ezekon kívül még a gázmotorok füstgáz hulladék hőjének hasznosítására is szokták alkalmazni - erre később kitérünk. **A termikus napenergia ORC erőműben való hasznosítását Zalaegerszegre - a napelemek jobb gazdasági és helyigény mutatói miatt - nem javasoljuk.**

### 17.6.1 Munkaközeg megválasztása

Minden ún. bináris ciklusú erőműről (ORC, Kalina stb.) elmondható, hogy csak azok kerülhetnek látótérbe, amelyek munkaközege mind üvegházhatású gáz, mind ózonzó szempontjából megfelelő, és hosszú távon elérhetőek maradnak pl. az EU szabályai szempontjából is. Az ún. organikus munkaközegek - pl: ammónia és széndioxid -, vélhetően hosszú távon elfogadottak maradnak, azonban teljesítmény és hatásfok szempontjából ma már jobb tulajdonságú anyagokat használnak.

A munkaközegek közül a következő nyolcat tartják a legfontosabbnak ORC erőművekhez fontossági sorrendben: HFE7000, HFE7100, PF5050, R123, n- pentán, R245fa, R134a és izobutén.<sup>438</sup>

### 17.6.2 ORC alapú biomassza hasznosítás

A biomassza hasznosítást Zalaegerszegen elsősorban a faipar melléktermékeként keletkező hulladék fára, és a gazdaságosan építőipari vagy bútortipari felhasználásra **nem alkalmas** fára javasoljuk alapozni.

Ennek éves mennyisége – az elérhető adatok alapján - nagyságrendileg ~19000 m<sup>3</sup>/év, ami ~13000 t/év fűtőérték légszáras fát feltételezve ~224500 GJ/év.

Ehhez a mennyiséghez, ha téli féléves üzemmel számolunk (4400 h/év) **2-3 MWel teljesítményű** erőmű tartozik.

Az ORC technológia gyakran alkalmazott Európa szerte ott, ahol a biomassza erőmű teljesítménye kisebb, mint ~4 MWel. A Turboden gyártó 268 db ilyen erőművet szállított eddig, és más gyártók is szállítanak biomassza hasznosításra ORC gépet.

<sup>438</sup> Forrás: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148112003564>

Kazán típusnak leggyakrabban Kolbach típusú termo olaj kazánt választanak, szintén van más szállító is a termo olaj kazánhoz.

**Előnyei:**

- Nagyon jó részterhelés tűrés, szükség esetén 40%-ig visszaterhelhető
- Nincs gőzkazán, nincs szükség folyamatos tápvíz előállításra
- Viszonylag alacsony karbantartási költségek (zárt rendszer)
- Teljesen automatikus működés
- Nagyon magas rendelkezésre állás ~98%

**Hátrányai:**

- 300 C-s hőforrás (termo olaj) mellett kapcsolt energiatermeléssel, legfeljebb 22%-os elektromos hatásfok
- Viszonylag magas fajlagos beruházási költség.
- Hűtési igény kiépítése

**Fajlagos beruházási költség:**

4800 €/kW-5000€/kW (Lett és romániai erőművek alapján)

Biogáz motor hulladékhő hasznosításra telepítve Hollandiában 150 kWe teljesítménnyel<sup>439</sup>:  
5135 €/kWe

**Gyártók:**

- TRIOGEN NL
- Turboden
- Ormat

**Biomassza kondenzációs erőmű költségek:** 1 940 – 2 628 \$/kW<sup>440</sup>

---

<sup>439</sup> Forrás: <http://adbioresources.org/wp-content/uploads/2013/07/Harco-Lammers.pdf>

<sup>440</sup> Forrás: [http://www3.epa.gov/chp/documents/biomass\\_chp\\_catalog\\_part7.pdf](http://www3.epa.gov/chp/documents/biomass_chp_catalog_part7.pdf)



17.4 számú ábra: Egy 2 MW-os erőmű turbinarésze látható, világszerte kb. 270 ORC alapú biomassza erőmű működik



#### Termoolaj kazányártók:

- Kolbach (pl.:Linz-i erőmű) <http://goo.gl/XtVnKM> és
- TTS Energo <http://goo.gl/YPXPy5>.



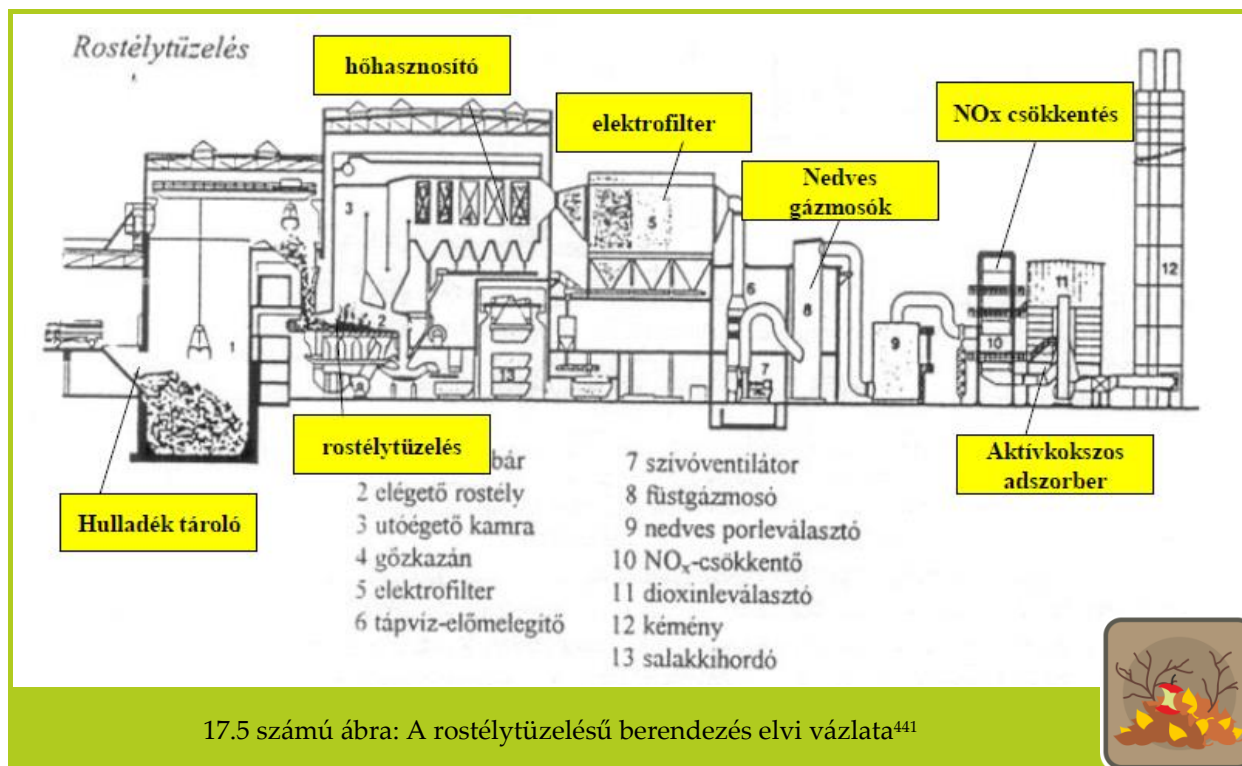
## 17.7 A kommunális hulladék égethető frakciójának energetikai hasznosítása

### 17.7.1 A hulladékégetés

A hulladék égetésére alkalmas berendezéseket az alábbiak szerint lehet osztályozni:

- rostélytüzelésű,
- rostély nélküli,
- fluid-ágyas berendezés.

Kommunális szilárd hulladék égetésére leginkább a rostélytüzelésű alkalmas. A berendezés biztosítja a tüzelőanyag megfelelő lazítását, átfogatását és homogenizálását, így a gyorsabban égő alkotórészek a rács lyukain könnyen eltávolíthatóak. A rostély-rendszer szabályozható a különböző reakció folyamatoknak (szárítás, gyújtás, égetés, kiegészítés) megfelelően, továbbá a tartózkodási idő és égési levegőigény is változtatható.



Fő részei: a szemét behordó és tároló, az elégető rostély, a hőhasznosító kazán, valamint a füstgáztisztító egység. A kazánban termelt gőz energetikai célokra hasznosítható.

A hulladék a tároló rendszerből, a tölcseren és aknán keresztül jut az égető térbe. A rostélyra változtatható sebességű előtoló berendezés szállítja a szemetet. A rostélyok kialakítása igen

<sup>441</sup> Forrás: dr. Örvös Mária: Levegőtisztaság-védelem, Hulladékégetők füstgáztisztítása

különböző lehet: vízszintes elrendezésű, fölétoló rostély, vagy ferde, egyirányban mozgó előtoló rostély.<sup>442</sup>

A hulladékégetőhöz szükséges szűrők felsorolása a budapesti égető példáján:

- kettős ciklon a pernye előleválasztására (hatásfok kb. 75%),
- mésztej-befecskendezésű abszorber a savas gázok közömbösítésére,
- aktív lignitkocsz-adagoló rendszer a dioxinok, furánok és gőzfázisú higany adszorpciós megkötésére,
- zsákos szűrő a maradék pernye, reakció-sók, többlet abszorbens és adszorbens leválasztására,
- füstgázventilátor a füstgázok kéménybe történő továbbítására és egyben a tűztér-huzat biztosítására.<sup>443</sup>

**„A hulladékégetők megépítése hosszú távon megbénítja a hulladékmegelőzés, az újrahasználat és az újrahasznosítás politikáját. Az égetők ugyanis azt a látszatot keltik, hogy a hulladékok egyszerűen eltüntethetők, s így a hulladékprobléma megoldódik. Az égetés során valóban energia nyerhető, de a hulladék nem 'semmivé', hanem veszélyes hulladéknak számító salakanyagokká és légszennyező anyagokká válik”, vagyis csővégi megoldás, nem a probléma keletkezésénél keresi a válaszokat.**<sup>444</sup>

---

<sup>442</sup> Forrás: Patkó István: Hulladékgazdálkodás

<sup>443</sup> Forrás: <http://www.vgfszaklap.hu/lapszamok/2005/aprilis/a-hullad%C3%A9khasznos%C3%ADt%C3%B3-m%C5%B1-technol%C3%B3giai-rendszere>

<sup>444</sup> Forrás: <http://humusz.hu/onkormanyzat/d-nia>

## 17.8 Energia potenciál és kiinduló adatok Zalaegerszeg térségében

### 17.8.1 Hulladékok energetikai hasznosításának jellemzői:

Jellemző	Érték
Hulladék átlagos fűtőértéke	8500 KJ/kg
Szilárd maradékanyag	
salak	230 kg/t
pernye + egyéb	45 kg/t
Füstgáztisztításhoz szükséges anyagok	
égetett mész	9,79 kg/t
karbamid	1,73 kg/t
lignit koks	0,17 kg/t
Hulladékégető erőmű jellemzői	
villamos energia termelés hatásfoka	18,3%
villamos energia termelés	431 kWh/t
villamos energia kitáplálás	353 kWh/t
villamos energia önfogyasztás	78 kWh/t
villamos energia önfogyasztás a termelésből	18,1%

17.3 számú táblázat A hulladékégető energetikai jellemzői

A lerakásra kerülő hulladék mennyisége a területen 51 576 tonna volt 2009-ben. Ezen felül a 2009-ben begyűjtött építési- és egyéb inert hulladék mennyisége 19293 tonna volt. A hulladékégetők gazdaságossága még válogatott anyag esetén is 100 ezer t/év fölötti hulladék mennyiségnél jelentkezik. Zalaegerszeg hulladékgazdálkodási tervében szerepel, hogy a feltüntetett hulladékmennyiség nem csak Zalaegerszeg közigazgatási területéről, hanem az azt környező településekről is ide kerül begyűjtésre. **A termékdíjon keresztül szabályozott nem hasznosítható csomagolóhulladékok mennyiségének aránya csökken, az újrahasznosítás aránya pedig növekedni fog, ezért véleményünk szerint a begyűjtéskor keletkező hulladék mennyisége középtávon csökken.**

### 17.8.2 Gazdaságossági feltételek

Bánhid János, a Fővárosi Hulladékhasznosító Mű egykori igazgatója szerint az alábbi feltételek teljesülésekor célszerű égetőt létesíteni:

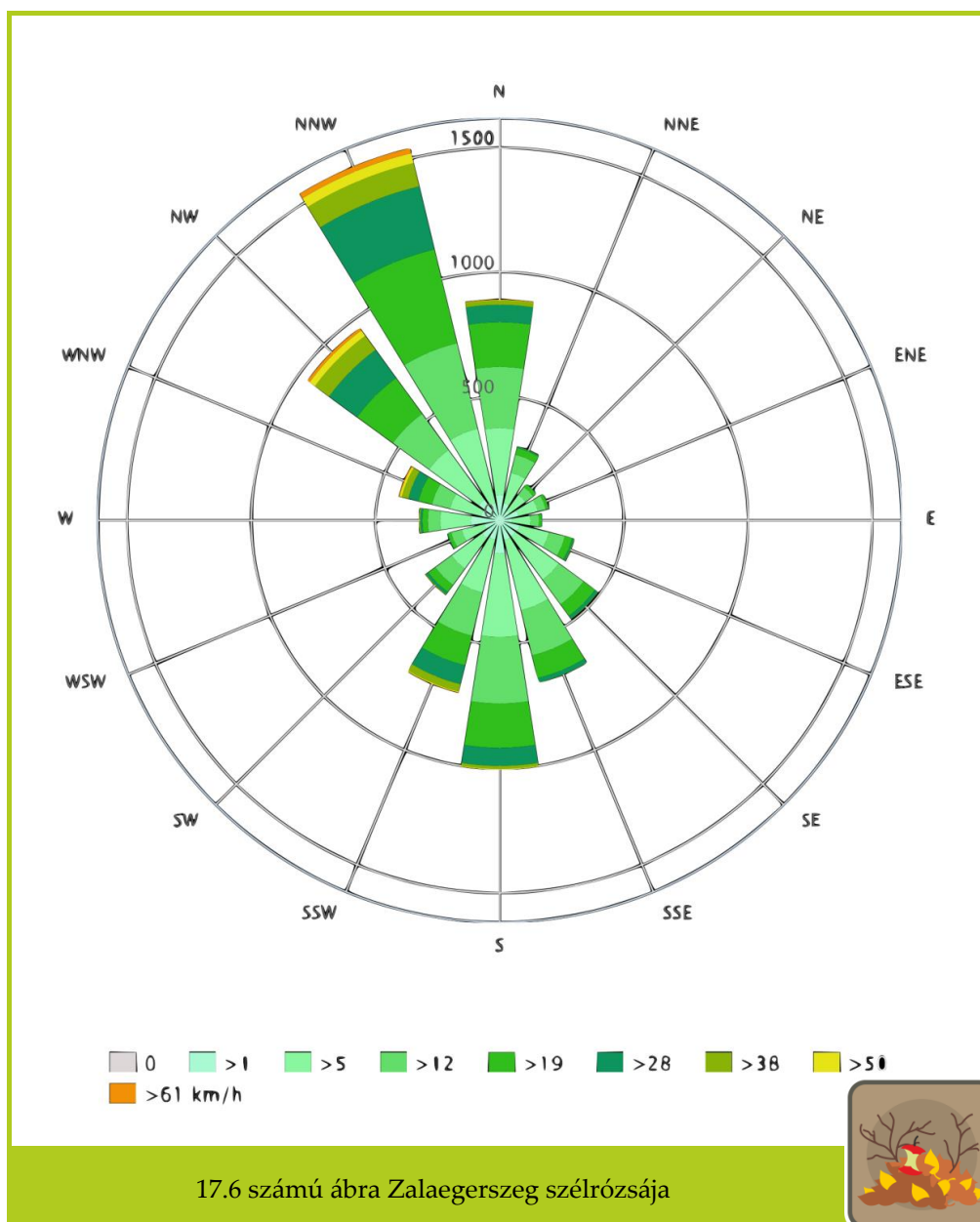
- hulladék-oldali feltétel:
  - vegyes tüzelésnél min. 150-200 ezer t/év
  - válogatott tüzelésnél min 100 ezer t/év
- energiahasznosítási feltétel: min. 30-40 MW<sub>th</sub> távhőszolgáltatási hőigény!<sup>445</sup>

<sup>445</sup> Forrás: Bánhid János Települési hulladékok energetikai hasznosításának jelenlegi helyzete és távlati című előadása

### 17.8.3 Jellemző szélirány

A *Zalaegerszeg szélenergetikája* című fejezetben a jellemző szélirányt és a szélességeket az energetikai hasznosítás szempontjából tárgyaltuk. Hulladékégetők létesítésének szempontjából egy másik lényeges nézőpont is megjelenik. Döntő fontosságú, hogy a keletkező káros anyagok hogyan oszlanak el a légkörben. Az északnyugati szelek mellett a délies szelek is jellemzőek Zalaegerszegen. Igaz ebből az irányból a nagyobb szélességek nem gyakoriak, azonban a káros anyagokat és a port ezek a szelek is a város irányába hordhatják.

A 100% megújuló forgatókönyvben kiemelt szerepet betöltő naperóművek teljesítménye a szállópor lerakódásától jelentősen visszaeshet. Ez a visszaesés a 15%-ot is megközelítheti, ami akár összemérhető nagyságú lehet a hulladékégetőben termelt villamos energiával.



„A hulladékmérleg összeállításánál a Zala-Depo Kft által begyűjtött összes hulladék mennyiségét vettük figyelembe, mivel pontos adatok csak a teljes gyűjtőkörzetből begyűjtött hulladékmennyiség kezelésére vonatkozóan állnak rendelkezésre. A településen a Zala-Depo Kft által begyűjtött hulladékmennyiségen felül keletkező hulladékok kezeléséről pontos információk nem állnak rendelkezésre, így ezen mennyiségeket a hulladékmérlegben szintén nem szerepeltettük.” – részlet Zalaegerszeg 2011-2016-ra vonatkozó hulladékgazdálkodási tervéből.

#### 17.8.4 Hulladékégetés során keletkező legfontosabb füstgáz szennyezők

A keletkező füstgázban található szennyezőanyagok és határértékeik az alábbi táblázatban láthatóak.

Szennyezőanyag	Határérték mg/Nm <sup>3</sup>
Por	10
HCl	10
SO <sub>2</sub>	50
NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> -ben)	200
CO	50
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	10
Hg	0,05
C,Ti	0,05
Cu,Mn,Ni,V	0,5
Dioxinok,furánok	0,1 x10 <sup>-6</sup>
17.4 számú táblázat Füstgáz légszennyezői <sup>446</sup>	

#### 17.9 Kapcsolódás egyéb technológiákhoz, hatása egyéb technológiákra

A hulladékégetőket gyakran a cementgyártással kapcsolják össze, ez a lehetőség viszont nem áll rendelkezésre Zalaegerszegen.

A hulladékégető a hulladék folyamatos jelentkezése miatt egész évben hosszú üzemidőben (7000-7700 h/év) működik, azonban a nyáron jelentkező városi hőigények nem érik el a rendelkezésre álló hőmennyiséget. Emiatt a városi energiaellátási rendszerbe nem jól illeszthető. A biomassza (fatüzelésű) erőműveknél a megvalósítható „szezonális üzem” (téli félévre tolt üzem) a hulladékégetőknél nem választható, így a szezonális energia tároló szerepet nem tudnak betölteni.

<sup>446</sup> Forrás: dr. Örvös Mária: Levegőtisztaság-védelem, Hulladékégetők füstgáztisztítása



## 17.10 Működő példák itthon és külföldön

### 17.10.1 Hatásfok

Budapesti hulladékégető erőmű (HUHA) villamos hatásfoka 18,3%, Rüdersdorfi erőműnél ez az érték nettó 29%, hasonlóra számíthatunk a tervezett égetőnél is. Amennyiben a hulladék dúsítása, előkezelése megtörténik – ami szintén költséges folyamat – az ún. RDF technológiák villamos hatásfoka elérheti az 50%-ot is.<sup>447</sup>

### 17.10.2 Társadalmi elfogadottság

A hulladékégetők társadalmi elfogadottsága igen alacsony. Jó példa erre a Szentgotthárd-Heiligenkreuzi égető tervezésekor megjelenő reakció.

A szentgotthárdi lakosok és a civil szervezetek tiltakozásba kezdtek a tervek hallatán. Érveiket egy 50 tételből álló listán sorakoztatták fel az égetőmű építése ellen. Ezek között szerepel a légszennyező anyagok folyamatos kibocsátása, például porszennyezések, nehézfémek (higany, ólom, kadmium, króm), valamint a dioxin, amely karcinogén (rákkeltő) és terratogén (magzatkárosító) hatásáról ismert. A dioxin ráadásul akkumulatív, tehát a táplálékláncon keresztül a szervezetbe jutva felhalmozódik. Fokozottan veszélyes gyermekekre és légúti megbetegedésekben szenvedők számára, továbbá növeli a kockázatát a rákos megbetegedéseknek.

A Szentgotthárdon rendezett helyi népszavazáson 98%-os többség utasította el a hulladékégető építését 2008-ban.<sup>448</sup>

Az eset nem esik távol a tervezett helyszíntől, Szentgotthárd- Zalaegerszeg távolsága légvonalban: 44 km.

Hasonló történt Olaszországban a Pollenza város melletti hulladékégető esetében, ahol **üzembe helyezés után** pár évre zárták be a létesítményt a tüntetések és tárgyalások nyomán. A befogadó kapacitása nagyságrendileg hasonló a tervezett zalaegerszegi égető méretéhez.<sup>449</sup>

---

<sup>447</sup> Forrás: <http://css.escwa.org.lb/SDPD/3781/D1-P5.pdf>

<sup>448</sup> Forrás: [http://humanokologia.tatk.elte.hu/wp-content/uploads/2014/05/Revai\\_Matyas\\_Szentgotthard\\_hulladek.pdf](http://humanokologia.tatk.elte.hu/wp-content/uploads/2014/05/Revai_Matyas_Szentgotthard_hulladek.pdf)

<sup>449</sup> <http://www.cronachemaceratesi.it/2013/09/04/addio-inceneritore-si-spegne-il-camino-del-cosmari/372279/>

### 17.10.3 Munkahelyteremtés

A hulladékégető létesítésének munkahelyteremtő képessége nagyságrendileg kisebb, mint a hulladék egyéb hasznosítási alternatíváinak ezen képessége.

Kategória	Munkahely/10000 tonna/év
<b>Hulladékégetés</b>	<b>1</b>
Komposztálás	4
Feldolgozó üzemek	12
Újrahasznosítás alapú gyártás	40
Termékek újra használata	118
17.5 számú táblázat A hulladékhasznosítás fajtáinak munkahelyteremtése <sup>450</sup>	

### 17.11 Potenciális beszállítók, gyártók

Ramboll, Vattenfall, Remondis

### 17.12 Fajlagos bekerülési költségek

Az alábbi táblázat az Energy from Waste vállalat hulladékégető erőműveinek adatait tartalmazza.

Helyszín	Üzembe helyezve (év)	Költség (M €)	Kapacitás (t/a)	Fűtőérték (MJ/kg)	Villamos energia (MWh/a)	Távhő (MWh/a)	Technológiai hő (MWh/h)	Fajlagos költség (€/t/a)
Andernach	2009	85	140 000	11-15	65 000	-	272 000	607,14
Breisgau	2005	83	175 000	7-16	117 000	14 000	-	474,29
Delfzij	2010	160	384 000	8-16	129 000	677 000	-	416,67
Heringen	2009	130	297 600	8-18	-	-	928 000	436,83
Leudelage	2010	100	174 000	8-14	89 000	-	-	574,71
							<b>Átlag:</b>	<b>501,93</b>

17.6 számú táblázat: Erőművek adatai<sup>451</sup>

A Németországban található hulladékégetők átlagos beruházási költsége 600-1000 €/t/év közötti. Ezeknek az erőműveknek a feldolgozási kapacitása viszont 100 000 t/év feletti.<sup>452</sup>

<sup>450</sup> Forrás: ILSR 114 létesítmény adatai alapján, <http://www.incineratorfree.com/wp-content/uploads/2010/01/recycling-jobs-report-for-delaware-resource-management-2.pdf>

<sup>451</sup> Forrás: <http://www.eew-energyfromwaste.com/de>

<sup>452</sup> Forrás: Prof. Dr. Kerstin Kuchta Waste to Energy című előadása, University of Applied Sciences, HAW Hamburg

A legfrissebb adatok egy hulladékégető erőmű költségeiről a Poolbeg-i égető adatai. A fajlagos költsége 833 €/t/év, ám a zalaegerszegi égető tervezett mérete kisebb, így a fajlagos költsége vélhetően ennél még nagyobb lesz.

Zalaegerszegre megvalósítható hulladékégető fajlagos árát ~900 €/t/év –re értékre becsüljük.

### 17.13 Szabályozási környezet bemutatása

A hulladékégető engedélyeztetése általában évekig eltart az engedélyek egymásra épültsége miatt.

3/2002. (II. 22.) KöM rendelet a hulladékok égetésének műszaki követelményeiről, működési feltételeiről és a hulladékégetés technológiai kibocsátási határértékeiről

2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról

H-1567-23/2007.számú egységes környezethasználati engedély: A hulladékégetőben átvehető és kezelhető hulladékok megnevezése

### 17.14 Infrastruktúra igény ismertetése

A hulladékégető hőtéljesítményének hasznosításához tartozó távfűtés távvezeték árakat a Távfűtés fejezet tartalmazza. A hulladékégetőnél fontosnak tartjuk, hogy a hőhasznosítás is megvalósuljon. Várhatóan 100-150 mm átmérőjű távvezetékre lesz szükség a teljesítmény elvezetéséhez, aminek 80-110 ezer Ft nyomvonal folyóméter költsége várható. A szükséges távvezeték pontos méretezése, illetve a nyomvonal megválasztása jelen tanulmány kereteit meghaladja. A hulladékégetőnek javasolt lehetséges helyszíne Búslakpuszta, a fent ismertetett uralkodó szélirány miatt, valamint az alacsonyabb költségek érdekében. Ugyanakkor a fentiek ismeretében Zalaegerszegre NEM javasoljuk kommunális hulladékégető megvalósítását.

Hozzávetőlegesen a város széléig vezető távhővezetékpár nyomvonal ~5km, amit 90 000 Ft/m-es távvezeték költséggel lehet megvalósítani.

A hulladékégető támasztótüzeléséhez szükséges a ipari kapacitású gázvezeték kiépítése is, ami szintén jelentős költségeket vonhat maga után.

### 17.15 Kulcsszavak

WEP: Waste to Energy Plant

MOC: Municipal Overnight Cost

EfW: Energy from Waste

EBS kraftwerk: Ersatzbrennstoffkraftwerk

## 17.16 Hulladékkezelés továbbfejlesztése

Biohulladék gyűjtés – barna hulladékgyűjtő edény – „barna kuka”

A barna hulladékgyűjtő edények bevezetése jól illeszkedik a Biogáz fejezetben bemutatott tervezett második biogáz üzemhez.

A hulladékgazdálkodásra vonatkozó Európai Uniósi irányelvek és a jogszabályok előírásai alapján a kommunális hulladék szerves anyag tartalmát jelentősen csökkenteni kell. Ezért válik elkerülhetlenné a szerves hulladék külön gyűjtése. Debrecenben 2007 óta külön gyűjtik a lakosok a biohulladékot.<sup>453</sup>

A barna fedeles edénybe a komposztálható hulladékot kell elhelyezni. Komposztálható hulladéknak tekintendő a háztartásban keletkező kertészeti eredetű hulladék. (Pl. levágott fű, zöldség héj stb.) Az edény lebomló hulladékot tartalmaz, aminek egy hétnél tovább való tárolása szaghatással jár, ezért az ürítését, a közegészségügyi rendeletben előírtaknak megfelelően, a szolgáltatónak heti egy alkalommal kell biztosítani.



Győrben a 2010-ben tartott próbaüzem után 2013-óta működik az ún. kétkannás rendszer, ahol a barna fedeles kukába kerül a komposztálható frakció, a szürke fedelesbe pedig az ún. maradék hulladék, ami azt a háztartásban visszamaradt egyéb települési szilárdhulladékot

<sup>453</sup><http://www.aksd.hu/biohulladek-gyujtes-barna-kuka/>

<sup>454</sup> <http://www.donegalnow.com/news/ten-more-towns-to-receive-brown-bins/33952>

jelenti, ami nem helyezhető el a szelektív hulladékgyűjtő szigeteken és nem tartozik a kertészeti eredetű hulladékok közé sem.<sup>455</sup>

A próbaüzem alatt (2010. 03. 01-től 09. 30-ig) a kétkannás gyűjtési rendszer keretén belül a begyűjtött lakossági biohulladék 11 884 940 kg volt.<sup>456</sup>

	2010.03.01.- 2010.09.30.	2013.01.01.- 2013.10.31.	2014.01.01.- 2014.10.31.
Begyűjtött mennyiség az adott időintervallum alatt (kg)	11 884 940	7 167 785	8 390 949
Fajlagos mennyiség (kg/fő/év)	78,48	33,27	38,95
17.7 számú táblázat: A biohulladék begyűjtésének adatai <sup>457</sup>			

Ennek a rendszernek köszönhetően jelentős mennyiséggel csökkenne az égetésre vagy lerakásra szánt hulladék mennyisége.

A hulladékok mennyiségének további csökkentésének lehetősége a hulladékgyűjtési rendszer mérhetővé tétele, ahol a házhoz menő hulladékgyűjtés minden egyes hulladékgyűjtő megméréseivel történik azonos módon. A szállítási díjakat a keletkezett hulladék tömegének arányában kell fizetni. Magyarországon Szegeden működik ilyen rendszer.

<sup>455</sup>[http://www.hulladek.gyor.hu/kiadvanyok/Korszeru\\_hulladekgyujtesi\\_rendszer\\_2010\\_marciusatol\\_-\\_Csaladi\\_hazas\\_kornyezet.pdf](http://www.hulladek.gyor.hu/kiadvanyok/Korszeru_hulladekgyujtesi_rendszer_2010_marciusatol_-_Csaladi_hazas_kornyezet.pdf)

<sup>456</sup>Forrás: Borkai Zsolt Polgármester Előterjesztése, Tájékoztató az önkormányzati beruházások jelenlegi helyzetéről

<sup>457</sup> Forrás: Tájékoztató a Győr és térsége hulladékgazdálkodási rendszer megvalósításáról,  
[http://onkormanyzat.gyor.hu/data/files/kozgyulesek/2.\\_tjk.\\_a\\_hulladeggazd.rendsz.\\_megval..pdf](http://onkormanyzat.gyor.hu/data/files/kozgyulesek/2._tjk._a_hulladeggazd.rendsz._megval..pdf)



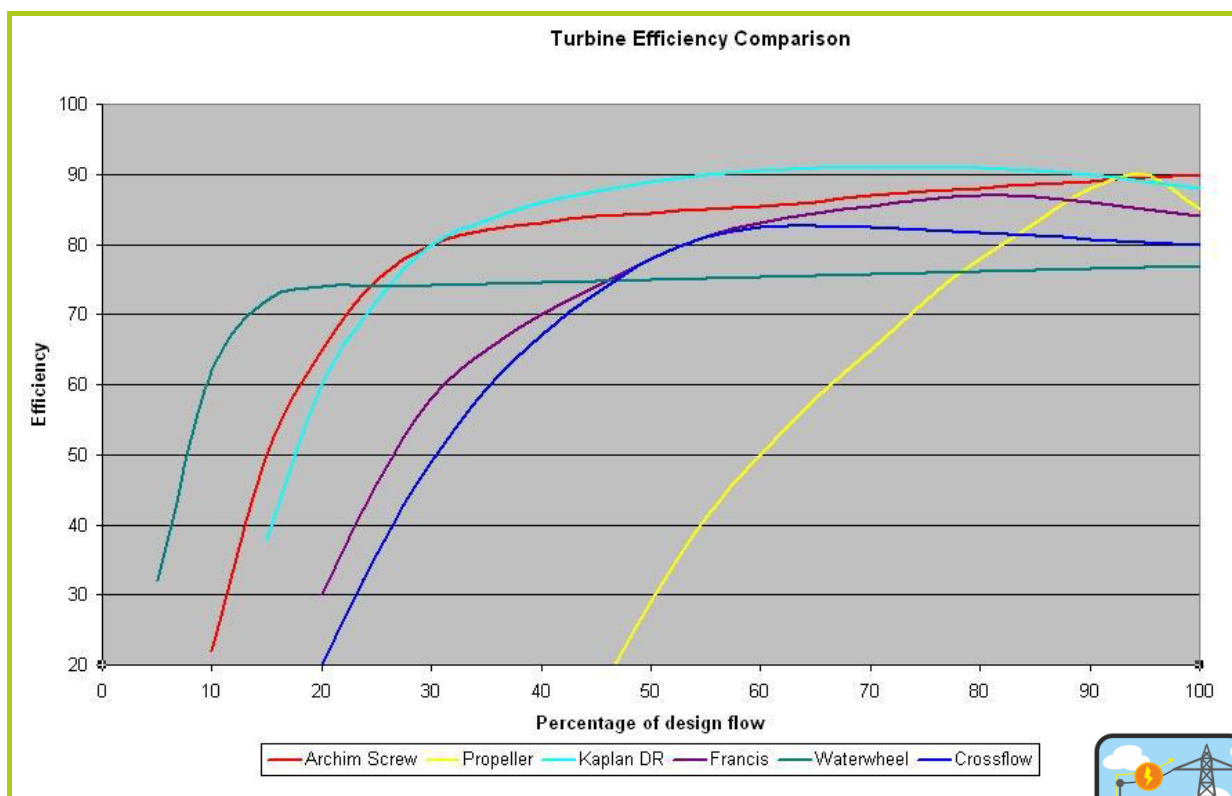
## 18. Vízenergia hasznosítás



Zalaegerszegen két helyszínt találtunk alkalmasnak a vízenergia hasznosítására: a Zala folyó egy rövid szakaszát, valamint a szennyvíztelep kilépő vizének hasznosítását.

Mindkét helyszínen csak mikro teljesítményű vízerőművek jöhetnek szóba, néhány kW-os nagyságrendben. Azonban lényegesen hosszabb ideig képesek energiát szolgáltatni egy éven belül, mint a naperőművek. Ezért 1 kW névleges teljesítményhez akár 6-7-szer akkora éves termelt energiamentiség is adódhat, mint egy naperőmű 1 kW-os teljesítményéhez. Az pozitívum, hogy olyankor is termelnek energiát, amikor más megújuló energiák nem elérhetőek (pl: éjszaka, ködös időben stb.).

A vízenergia kihasználására a fent említett két helyszínre többféle vízerőmű típus lehet alkalmas. A viszonylag kevés víz (alacsony tömegáram  $0,5-2 \text{ m}^3/\text{s}$ ), kis szintkülönbség (legfeljebb 2-3 m), illetve az Zala esetében az élővilág védelmének érdekében csak a szóba jöhető típusokat tárgyaljuk.



18.1 számú ábra: Különböző turbinák hatásfok változása a névleges vízmennyiséghez képest, részterheléseken



A fenti ábrán bordóval jelölt csavarturbina és a zölddel jelölt vízkerék tudja leginkább követni az élő folyók valódi változásait.

## 18.1 Szennyvíztisztító elfolyó vizére telepíthető vízerőmű

A szennyvíztisztítók elfolyó vizére többféle vízenergia hasznosítási megoldást is találni a nyugat európai és az Egyesült Államokban. Az USA-ban szokás ezt szivattyúzási munka visszanyerésnek is hívni. Itt csak azokat a megoldásokat és technológia megvalósításokat mutatjuk be, amelyek Zalaegerszegen alkalmazhatók az ottani adottságokat figyelembe véve; valamint azokat, amelyekre több beszállító is elérhető Európában és a pilot projekt fázist meghaladták.

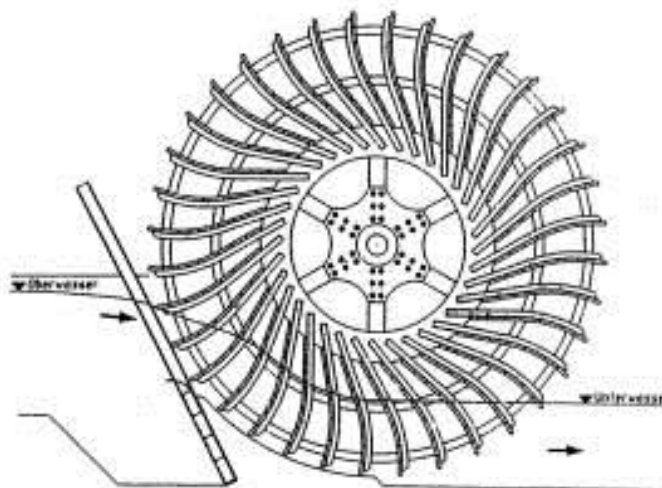
A Zalaegerszegi szennyvíztisztító telepről a kifolyó 10 000-13 000 m<sup>3</sup>/nap vízmennyiség behatárolja a számba vehető vízerőmű típusokat, ezen túlmenően pedig a ~2m szintkülönbség a Zala átlagos vízszintje és a szennyvíztisztító telep között szintén leszűkíti a választható technológiákat.

A németországi gyakorlatban javarészt korrózióálló nemesacél lapátokkal szerelt vízkerék típusú mikro vízerőművek fordulnak elő.

### 18.1.1 Zuppinger típusú lapátkerék



Mannheim-i, szennyvíztisztító  
Zuppinger típusú lapátkerék



Ün. Zuppinger típusú lapátkerék metszete, látható,  
hogy viszonylag kis vízszintkülönbség mellett is  
használható

18.2 számú ábra: Zuppinger típusú lapátkerék



A Zuppinger vízkerekek jellemzői:

- Hatásfok: 70-75%
- Szokásos igényelt vízszint különbség: 0,7 - 1,5 m,
- Térfogatáram tartomány: 0,7 – 6 m<sup>3</sup>/h,

Mannheimban napelemeket is telepítettek árnyékolásként (270 kWp) és energiatermelésre a nyitott szűrő tartályokra, mert a nyári hónapokban a 2300 m<sup>2</sup> felületű tartályok algásodtak.<sup>458</sup>

### 18.1.2 Szegmens vízkerék



A fenti ábrán szereplő vízkerék 3 kW-os, része az ökoturisztikai látnivalóknak.

A szegmens vízkerék előnye, hogy többféle átmérőre összeállítható, alkatrészei is cserélhetőek, könnyen szállítható nemesacél lapátokból áll. Jelenleg egy áttétel nélküli generátort fejlesztenek hozzá, ami tovább növeli a hatásfokát.<sup>459</sup>

Hatásfoka 80%. (felülcsapott vízkeréknél, jelenleg)

Szokásos igényelt vízszint különbség: 2- 10 m

Térfogatáram tartomány: 0,1 – 2 m<sup>3</sup>/h

**A megkapott napi szintű szennyvíztelepről kifolyó (nem órás) adatok alapján végzett modellszámítás alapján lehetséges 4 kW névleges teljesítményű erőmű éves szinten ~21000 kWh villamos energiát lenne képes szolgáltatni. Ami összehasonlításként egy 19 kWp teljesítményű naperőmű éves hozamának felel meg egy ekkora naperőmű 120-130 m<sup>2</sup> tetőterületen férne el. Természetesen ekkora erőműnek elsősorban az ökoturizmus látnivalói közt lenne jelentősége, mint működő, bemutatható vízenergia hasznosítás.**

Nemesacél vízkerék egyben, nem szegmenses elemenként gyártva is elérhető több európai gyártónál szintén szennyvíztelepi elfolyó vízhez és a Zalára is alkalmas akár ún. alulcsapott változatban.

<sup>458</sup> Forrás: 2015. október 22.

[https://www.mannheim.de/sites/default/files/institution/1035/ebs\\_imagebroschuere\\_2012.pdf](https://www.mannheim.de/sites/default/files/institution/1035/ebs_imagebroschuere_2012.pdf)

<sup>459</sup> Forrás: 2015. október 22. <http://flusstrom.exfa.de/>

### 18.1.3 Egyéb vízkerék típusok

Az alulcsapott egyenes lapátos vízkerékek (úszó vizimalom) hatásfoka: ~22%. A legjobbnak a hajlított lapátos ún. Poncelet típusúakat tartják, ennek hatásfoka ~55-65%. Ha a döntési kritériumban a hatásfok nagyobb szerepet játszik, akkor a lamella turbinát javasoljuk.

Németországban több száz vízkerék üzemel részben turisztikai látványosság, részben kisléptékű energiatermelés céljából, nemcsak a hegyvidékes területeken. A felülcsapott vízkerékek a leggyakoribbak.



Nagold, (~21200 lakos)  
Németország szennyvíztelep  
elfolyó vizére telepített alulcsapott  
vízkerék, 2 kW-os.  
Az (öko) turista látnivalók  
részeként épült.



Dean-i örökség centrum, Egyesült  
Királyság 5kW-os felülcsapott  
vízkerék részben, mint látnivaló  
épült 2013-ban.  
(Nemesacél járókerék 1.4301 (V2A))

18.4 számú ábra: Példák alul (bal oldal) és felülcsapott  
vízkerékekre<sup>460</sup>

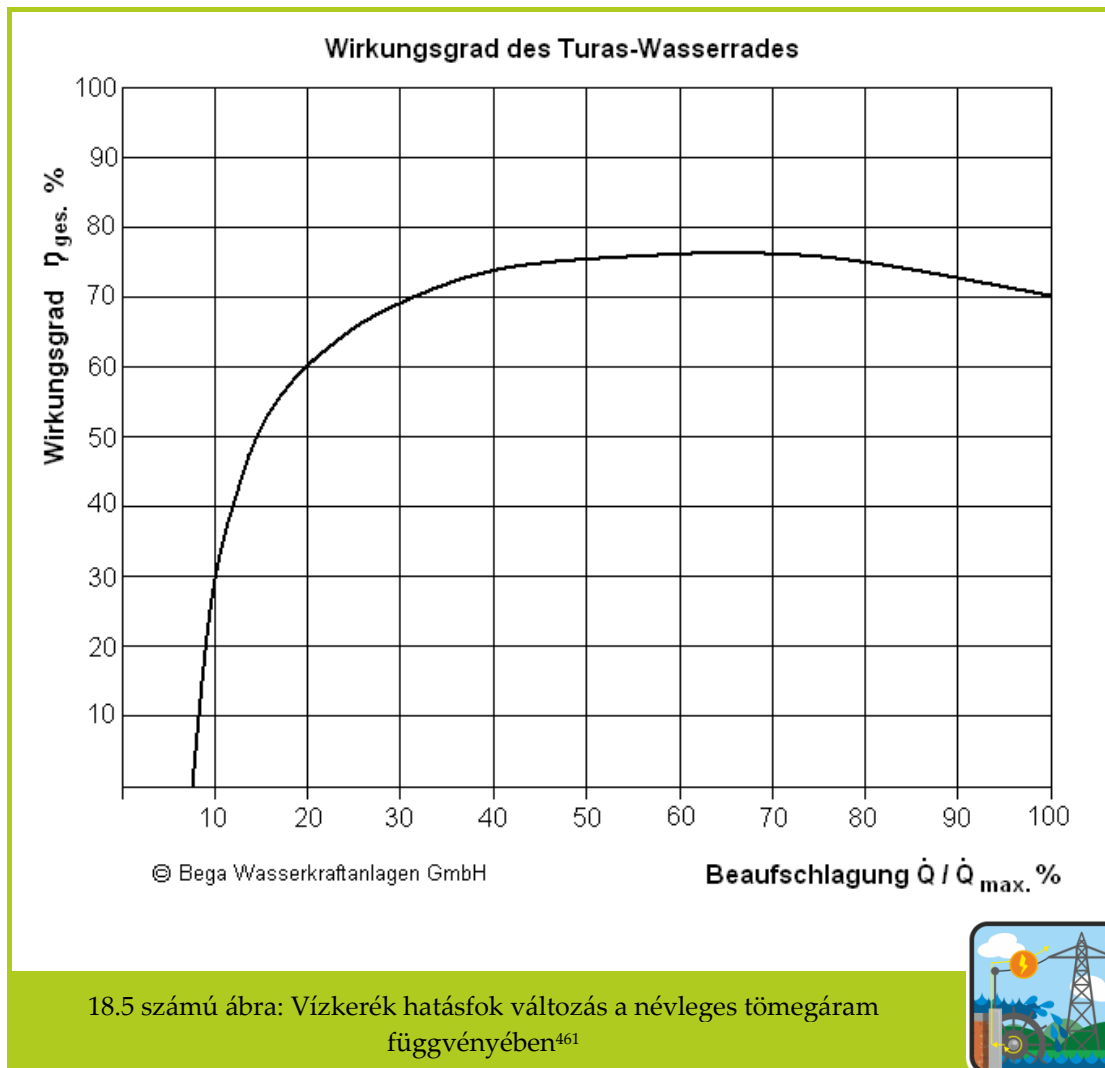


Gyártók: Bega Wasserkraftanlagen GmbH

Fajlagos ár: 9400 €/kW (18 kW teljesítmény felülcsapott vízkerék - 2012 július)

<sup>460</sup> Forrás: 2015. október 23. <http://www.bega-wasserkraft.de/referenz/referenzkarte.html>





18.5 számú ábra: Vízkerek hatásfok változás a névleges tömegáram függvényében<sup>461</sup>



Látható, hogy még 10%-os részterhelés - 10% átfolyó vízmennyiség - mellett is 30% hatásfokkal képes működni. A szennyvíztisztító telep napon belüli és szezonális tömegáram változása kisebb, mint a vízkerek által elviselhető változás, azaz folyamatosan képes üzemben menni.

Warendorf-i (~29000lakos) városi szennyvíztisztítójára telepített vízkerek üzemeltetési tapasztalata: 1996-97 téli szezonban  $-20^{\circ}\text{C}$  hőmérsékleten is kifogástalanul működött a vízerőmű.<sup>462</sup>

Szintén telepítettek vízkereket a Frohnbach-i szennyvíztelep elfolyó vizére is.<sup>463</sup>

<sup>461</sup> Forrás: 2015. október 22. <https://de.wikipedia.org/wiki/Wasserrad>

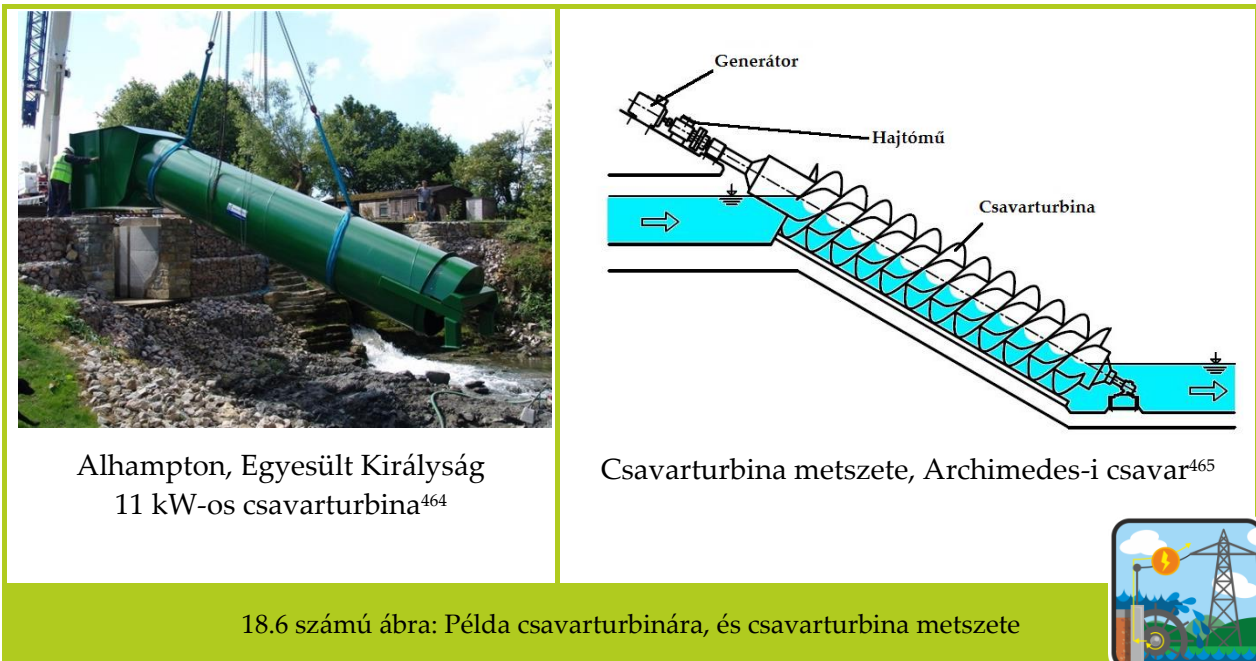
<sup>462</sup> Forrás: 2015. október 22. [http://www.kommen.nrw.de/database/data/datainfopool/vortrag\\_wasserrad.pdf](http://www.kommen.nrw.de/database/data/datainfopool/vortrag_wasserrad.pdf)

<sup>463</sup> Forrás: 2015. október 23. [http://www.wipro-dresden.de/data/Spiewack\\_2.pdf](http://www.wipro-dresden.de/data/Spiewack_2.pdf)



## 18.2 A Zalára vagy a szennyvíztisztítóra egyaránt telepíthető turbina fajták

### 18.2.1 Csavarturbina, vagy hidrodinamikus csavar



Legnagyobb előnye, hogy igen nagy számban működik már Európa szerte ez a vízerőmű típus, halbarát, rendkívül kiforrott technológiával rendelkezik. Hazánkban Szentgotthárdon is üzemel egy; alacsony működési költségek mellett.

Egyéb tulajdonságai:

- nagy működési tartomány, még a névleges tömegarány 10%-ánál is üzemképes ( $Q/Q_{\max}$ ), ekkor hatásfoka 20-25% körüli
- nagyon széles teljesítménytartományban gyártják: 0,5 kW – 200 kW-ig
- létezik változtatható fordulatszámú változata is a vízszint fenntartása érdekében.<sup>466</sup>

Az Untermünkheim-i 31 kW-os erőmű illik leginkább a Zalaegerszegi körülményekhez.<sup>467</sup>

Tulajdonságai:

- szigorú halvédelem, változtatható fordulatszám
- vízszintkülönbség 1,8 méter
- turbina átmérő 2,4 méter
- hatásfoka: 75-83%
- szokásos igényelt vízszint különbség: 1,2 – 10 m,
- térfogatáram tartomány: 0,1 – 2 m<sup>3</sup>/h

Hátránya:

<sup>464</sup> Forrás: 2015. október 23. [http://www.spaansbabcock.com/case\\_history/hydro\\_power/alhampton.aspx](http://www.spaansbabcock.com/case_history/hydro_power/alhampton.aspx)

<sup>465</sup> Forrás: 2015. október 25. [http://www.xn--iws-una.de/wp-content/uploads/Praxishandbuch\\_IWS%C3%96\\_30.10.2014.pdf](http://www.xn--iws-una.de/wp-content/uploads/Praxishandbuch_IWS%C3%96_30.10.2014.pdf)

<sup>466</sup> Forrás: 2015. október 25. <http://www.rehart-power.com/en/reference-projects/hydropower-screw-type-sh/herrenhof-sh.html>

<sup>467</sup> Forrás: 2015. október 25. <http://www.rehart-power.com/en/reference-projects/hydropower-screw-type-sh/untermuenkheim-sh.html>

- Hatásfoka névleges tömegáramnál ( $Q/Q_{\max}=1$ ) : 80-83%

Fajlagos ár:

10700 €/kW (2015-ben ÚJ 130 kW erőmű)<sup>468</sup>

12700 €/kW (2014-ben ÚJ 30 kW erőmű)<sup>469</sup>

4000 €/kW (2015-ben átadott 310 kW szentgotthárdi erőmű) meglévő duzzasztó!

Gyártók:

Spaans Babcock,  
RehartGroup,  
Ritz-Antro,  
GESS-CZ

### 18.2.2 Dupla hidrodinamikusan csavar

Az előző hidrodinamikusan csavar olyan, amiben a csavarturbina középső tengelye helyébe egy ún. halliftet építettek, azaz egy szintén Archimédeszi csavart csak ellenkező menetemelkedéssel, így az menet közben felfelé szállítja a halakat.



Dupla csavarturbina<sup>470</sup>

Hallift a középső tengelyben<sup>471</sup>



18.7 számú ábra: Dupla csavarturbina

Hatásfoka: 67-68%<sup>472</sup>

<sup>468</sup> Forrás: 2015. október 26. <http://www.wiesentbote.de/2015/04/15/rhein-main-donau-ag-nimmt-fischfreundliche-wasserkraftschnecke-neuses-an-der-regnitz-offiziell-in-betrieb/>

<sup>469</sup> Forrás: 2015. október 26. <http://www.zek.at/hydro/news/kw-bruckmuehlwehr-liefert-energie-fuer-klaranlage/?stage=Stage>

<sup>470</sup> Forrás: 2015. október 25. <https://de.wikipedia.org/wiki/Fischtreppe>

<sup>471</sup> Forrás: 2015. október 25. <https://www.youtube.com/watch?v=UxIFdtKri4I>

<sup>472</sup> Forrás: 2015. október 26. [http://www.xn--iws-una.de/wp-content/uploads/Praxishandbuch\\_IWS%C3%96\\_30.10.2014.pdf](http://www.xn--iws-una.de/wp-content/uploads/Praxishandbuch_IWS%C3%96_30.10.2014.pdf)



Ez a típusú turbina illene leginkább az andráshidai duzzasztóhoz, mivel a kiépítési költségek nagy részét jelentő duzzasztó már adott és ilyen erőmű esetén a hallépcső költségei nem jelentkeznének. Így a kisebb testű halak is elérhetik a folyó felső szakaszát, mint a domolykó, fürge csele, halványfoltú küllő melyeket Megyer Csaba természet-megőrzési osztályvezető, Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatóság szakembere említ, mint védendő fajokat.<sup>473</sup>



18.8 számú ábra: Andráshidai duzzasztó kis víznél ősszel

Az andráshidai vízerőmű kiváló alkalmat adna egy többszörös hasznú intézkedés megvalósításának is, ha az erőmű úgy lenne megépítve, hogy egy egyszerű kerékpár és gyalogos hidat is ki lehessen alakítani a Zalán, a meglévő mellett. Így a műtárgy alapja egyben a kerékrák híd alapja is lenne és az erőmű megismertetése is biztosítva lenne, azaz a polgárok vélemény formálása. A kerékpár híd világítását, téli jégmentesítését pedig az erőmű által megtermelt villany biztosítaná.

A megkapott napi szintű adatok (nem órás) alapján végzett modellszámítás alapján a Zalára telepített 50 kW névleges teljesítményű erőmű éves szinten ~130000 kWh villamos energiát lenne képes szolgáltatni. Természetesen ekkora erőműnek nem a városi

<sup>473</sup> Forrás: <http://zaol.hu/belfold/terv-van-mar-csak-penz-kellene-hozza-1441496>

energiaellátásban lenne jelentősége, hanem elsősorban az ökoturizmus látivalói közt lenne jelentősége, mint működő, bemutatható vízenergia hasznosítás.

Fontos kiemelni, hogy a 2012 év adataival számolva mindössze 40000 kWh éves hozam adódott volna, míg a 2014 év adataival végzett modellszámítással ~170000 kWh/év adódik ki eredményül!

Arra is van példa, hogy egymás mellé telepítenek egy vízeróművet és Archimedeszi „szivattyút” hallépcsőnek.<sup>474</sup> A 18.9 számú ábra jobb oldalán látható kisebbik átmérőjű cső.



Jellemzők:

- Átmérő: 1,2 m
- Fordulatszám: 6 fordulat/perc<sup>475</sup>

Előnye:

Nagyon kis helyigény mivel a turbina és a hallépcső (hallift) egy helyen egymásba foglalva kialakítható. Vízben nincs csapágó. Viszonylag magas hatásfok, lassú járás.

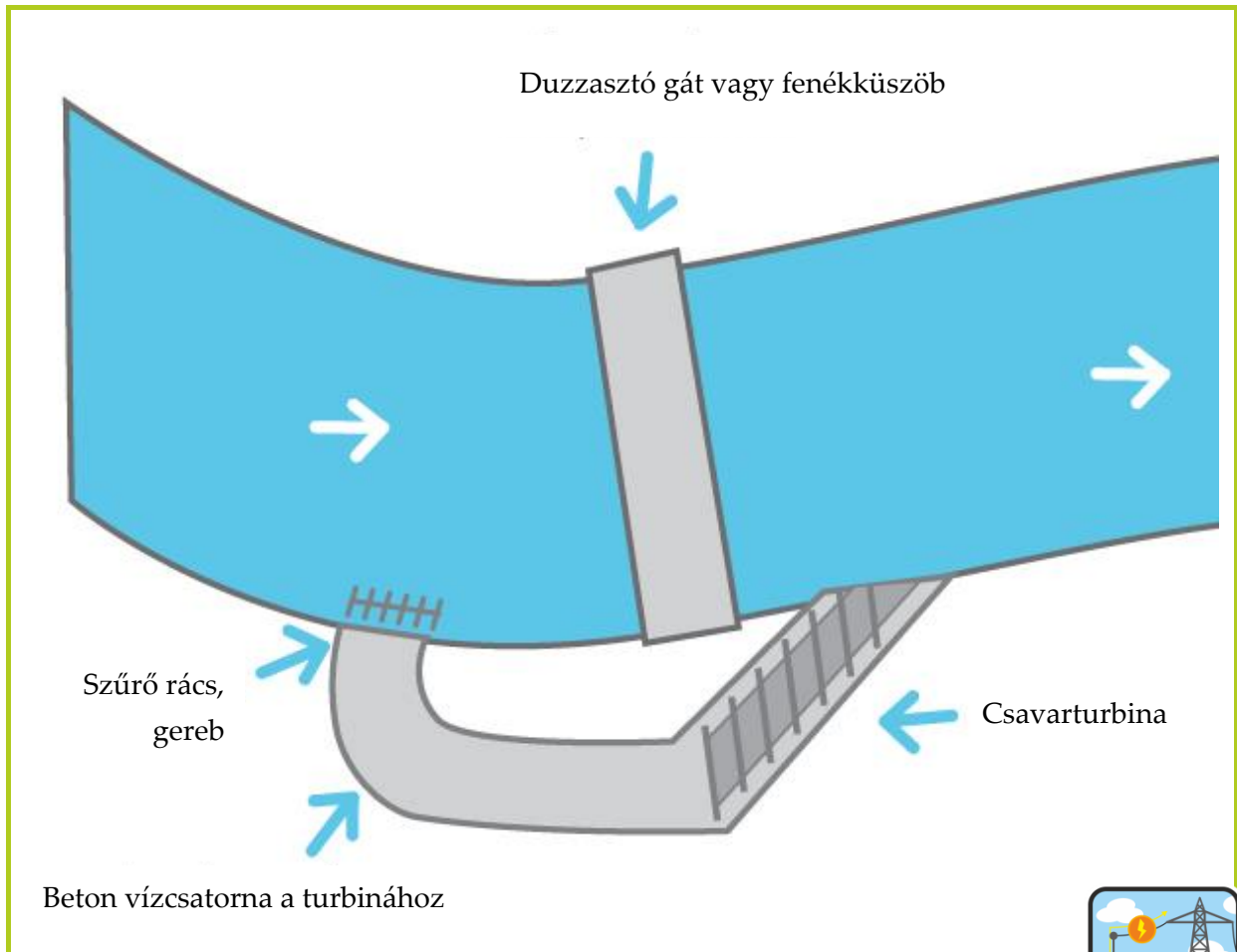
Hátránya: Egyetlen ismert gyártó, kevés referencia.

Online kalkulátor a turbina teljesítményének becsléséhez:

<http://goo.gl/KCwmwh> 2015. október 25.

<sup>474</sup> Forrás: 2015. október 25. <http://www.sgw.at/fischaufstiegsschnecke/index.htm>

<sup>475</sup> Forrás: 2015. október 25. <http://www.rehart-power.com/en/reference-projects>



18.10 számú ábra: A folyóra telepíthető vízerőmű elvi sémája<sup>476</sup>

<sup>476</sup> Forrás: 2015. október 23. <http://greenbugenergy.com/how-we-do-it/archimedes-screw-generators>



### 18.2.3 Nagyon kis vízszint különbségű vízturbinák

Amennyiben a Zalán (esetleg a szennyvíztelep elfolyó vizén) 1 m, vagy még ennél is kisebb vízszintkülönbséget lehet csak kialakítani, úgy a beszerezhető technológiák közül a következők jöhetnek számításba. Csak akkor javasoljuk, ha minimum ha a 1,5 m<sup>3</sup>/s vízmennyiség biztosítható:

- **Örvényes turbinák**

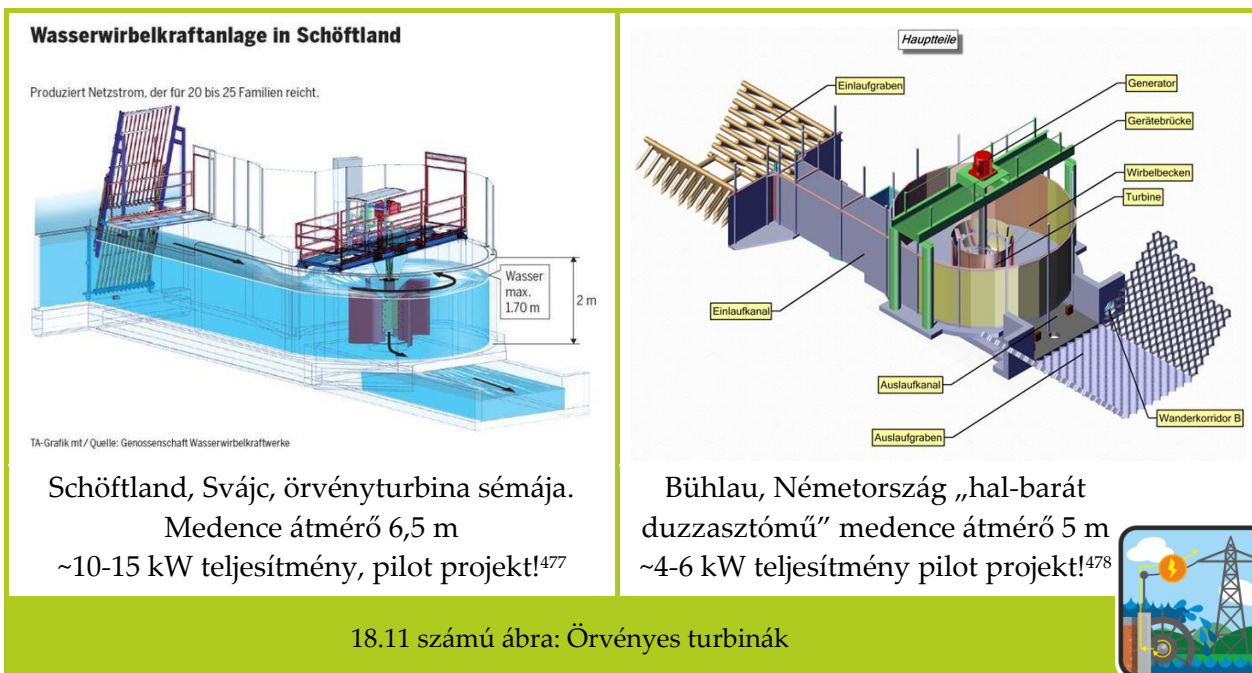
Hatásfok: ~40%

Szokásos igényelt vízszint különbség: 0,6- 2,5 m,

Térfogatáram tartomány: 1,5 – 5 m<sup>3</sup>/h,

Előnyük, hogy az egyik leghalbarátabb turbina. Látványosságként telepítve nagyon jól kommunikálható technológia, mindenki érti az örvény erejét.

Hátrányuk, hogy teljesítményükhöz mérten viszonylag nagy műtárgyat igényelnek. Jelenleg még költséges technológia.



18.11 számú ábra: Örvényes turbinák

Gyártók:

- GWWK-Genossenschaft Wasserwirbel Konzepte Gmbh,
- Käßler & Pausch GmbH

Fajlagos ár (pilot projekt!): ~20000 €/kW (2011-es ár)

<sup>477</sup> Forrás: 2015. október 24. <http://www.tagesanzeiger.ch/zuernich/Strom-aus-Wasserwirbeln-in-der-Glatt-/story/23885091>

<sup>478</sup> Forrás: 2015. október 24. <http://www.fischfreundlicheswehr.de/en/pilot-system-in-buehlau.html>

- **Lamella turbina**

**Dupla vagy több kanalas, hatásfok növelt alulcsapott vízkerék.**

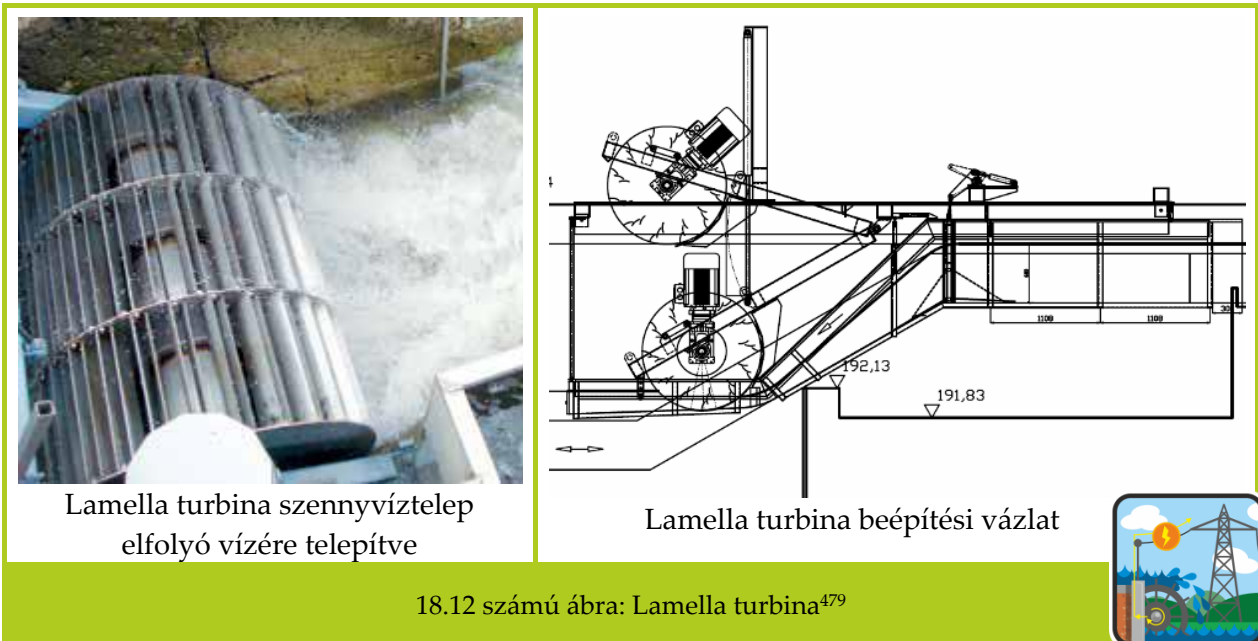
Hatásfok: ~60%

Szokásos igényelt vízszint különbség: 0,6- 2,5 m,

Térfogatáram tartomány: 1 – 5 m<sup>3</sup>/h,

Előnyük: Magasabb hatásfok nagy rendelkezésre állás.

Hátrányuk: kevés gyártó.



Gyártók:

- BEW Betrieb und Entwicklung von Wasserkraftanlagen GmbH
- PWL GmbH & Co. Anlagentechnik KG

Vízenergia szabályozási környezet:

EU Víz Keretirányelv 2000/60/EK

<sup>479</sup> Forrás: 2015. október 24. [http://pwl-anlagentechnik.de/wp-content/uploads/2014/04/13pwl\\_Lamellenturbine\\_WEB.pdf](http://pwl-anlagentechnik.de/wp-content/uploads/2014/04/13pwl_Lamellenturbine_WEB.pdf)

## 19. Smart Grid rendszerek



A Smart Grid az informatika, az erőátvitel, és az energetika határterületén helyezkedik el. A Smart Grid elengedhetetlen alap infrastruktúrája a 100% megújuló alapú energiaellátó rendszereknek.

### 19.1 Mikro-grid rendszer bemutatása

A mikro grid a kisebb léptékű, de teljes funkcionalitású, az országos energiaellátó rendszerek szolgáltatásaira képes hálózatot alkot. Ilyenek például a városi energia rendszer egyes végpontjai. A mikro grid lehet villamos és egyéb hálózat is (pl földgáz), de jelentősége és gyakorisága miatt elsősorban villamos hálózatot értünk alatta. **A mikro grid elnevezés helyett ma már inkább a Smart Grid (Intelligentes Stromnetz), azaz okos hálózat elnevezést használják valószínűleg azért, mert az okos hálózat elnevezés jobban utal a hálózat való működésére és képességeire.** A mikro grid rendszerek alapvetően más elven működnek, mint a mai hagyományos energiaellátó rendszerek. Míg a mai villamos energia és vezetékes energiaellátó rendszereket egy irányú anyag és energiaáramok számára alakították ki, addig a Smart Grid elrendezésben az oda-vissza anyag és energia áram képesség a jellemző. Vagyis **Smart Gridhez csatlakozott végpontok egyaránt lehetnek energiatermelők és energiafogyasztók is.** A Smart Grid elvén már földgázhálózat is létezik, külföldön már elterjedt a biometán visszatáplálása (biogas upgrade).

A Smart Grid, mint technológia kialakulásának lehetőségét az információ technológiák (GSM hálózat, Internet stb) alacsony költség mellett elérhető hálózata tette lehetővé. Az okos hálózat technológia továbbá lehetővé teszi, hogy az energiahálózatok - hasonlóan az internet kialakításához – „öngyógyítók” (self-healing power grids) legyenek. Azaz egy-egy ellátási pont üzemi hibája vagy hiánya esetén újakat állítson a rendszerbe, vagy az üzemben maradók teljesítményét változtassa a pillanatnyilag megkívánt irányba. A mindennapi gyakorlatban a már meglévő energiaellátó rendszereket bővítik ki ITC eszközökkel vagy alakítják át a csatlakozási pontokat úgy, hogy képesek legyenek a kétirányú energiaáramlási és esetleg az információ-szállítási feladatok (PLC) ellátására is.

A Smart Grid gyakorlati előnye, hogy a nem központosított (decentralizált) energiatermelés esetében összekapcsolhatók az egymástól kis távolságra lévő energia kereslet-kínálati pontok. A Smart Grid fejlett állapotában az energia költségek csökkenését is eredményezi vagy eredményezheti.

## 19.2 Városi Smart Grid rendszer részei

Amennyiben Zalaegerszegen létrejön a kistérségi vagy városi energiarendszer (mérlegkör), úgy a továbbiakban bemutatása kerülő energiamedzszerek használatára nagyjából **40% megújuló részarány felett fog jelentkezni az igény**, ugyanis ekkor már DMS (demand side management – fogyasztásbefolyásolás) rendszerekre is szükség lesz.

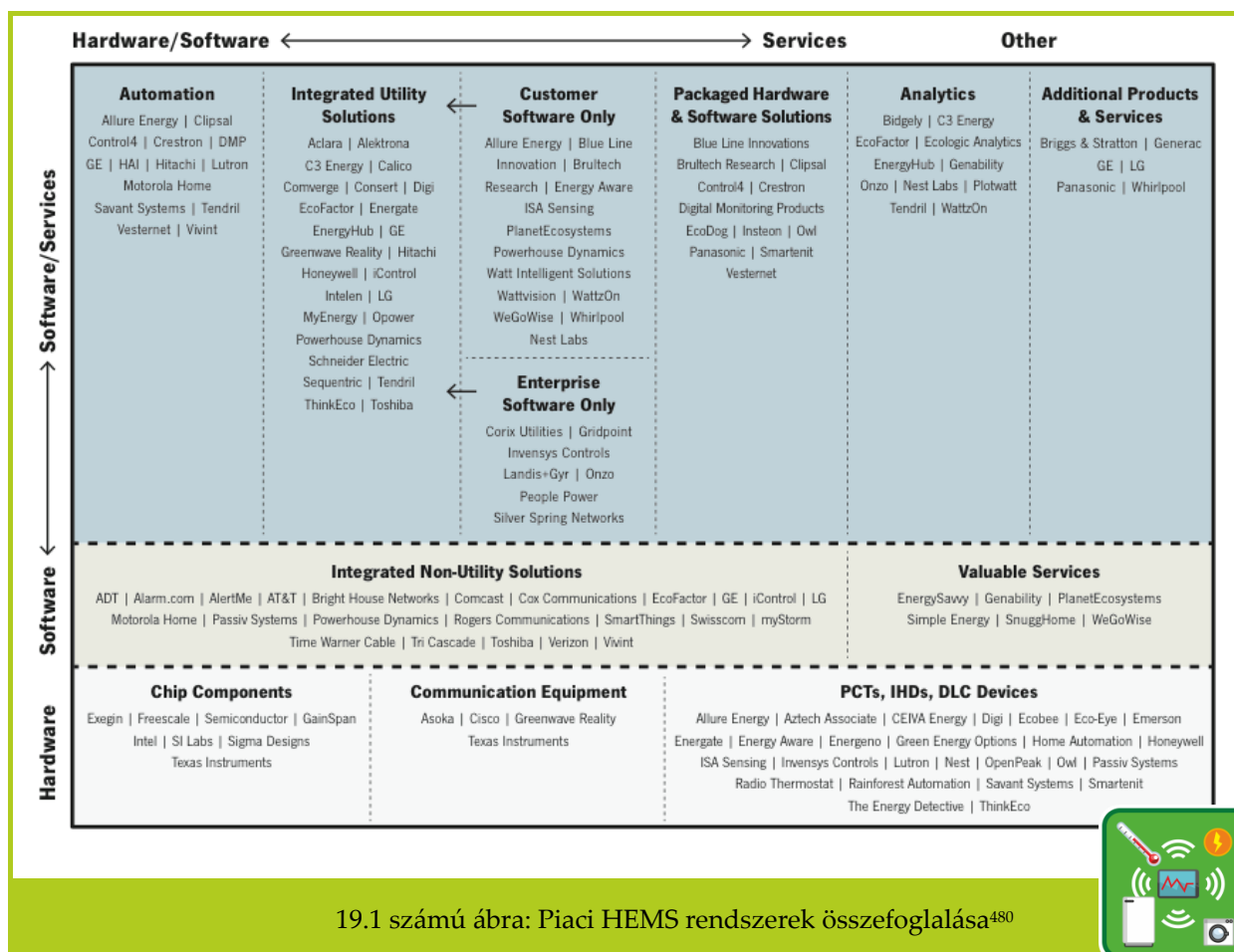
### Community Energy Management System (CEMS) - Városi energia menedzsment központ (CEMS) vagy vezénylő

A vezénylő hasonlít leginkább a mai villamosenergia rendszerek elvéhez. Egy központi helyről vezérelhetők a termelők, és újdonságként az árakon keresztül a fogyasztók is. A Smart Grid rendszerben a menedzsment központ funkciói kiszélesednek, és részben változnak is a ma elterjedt energiamedzszemethez képest. Egyfajta adatközpont szereppé válik, ahová számos médián keresztül nagymennyiségű (big data) adat érkezik, amelyeket adatbázisba rendeznek. Az adatokon ezt követően átfogó elemzéseket/kimutatásokat lehet elvégezni, elsősorban a közeli várható energiafelhasználására vonatkozóan. Az adatok nemcsak meteorológia adatok, ilyenek lehetnek még például az e-jármű töltési szokások, energiaigény és termelési csúcsok, és általában az energiahasználattal összefüggő felhasználói szokások összessége.

### Home energy management system (HEMS) – Házi menedzsment rendszerek

A Smart Grid családi házaknál is észrevehető megjelenési formája a házi energiamedzszem rendszerek elterjedése. Úgy gondoljuk, hogy a házakban felmerülő energiával kapcsolatos igényeket mindaddig családi ház szinten kell megoldani, amíg ez ésszerűen lehetséges. Hiszen így az emberek a saját maguk által megtermelt energiával gazdálkodnak, és így a legkisebbek a veszteségek is. Olyan ez, mint egy „piko grid” cseppben a tenger, a nagyobb városi hálózat, házon belüli miniatúr modellje.

A házi energiaellátó rendszer feladata elsősorban a - családi ház méretben - nagynak számító hő és villamos energiafogyasztók, tárolók, és termelők összehangolása -, a felhasználók igényeinek megfelelően és a műszaki lehetőségek fejlődésével egyre kifinomultabb formában. A HEMS-nek aktív szerepe van mind az energia költségek alacsonyan tartásában, mind a háztartások környezetterhelésének csökkentésében. A HEMS feladata még az energia felhasználók tömör tájékoztatása az energia felhasználásról, a költségekről és környezetterhelésről.



19.1 számú ábra: Piaci HEMS rendszerek összefoglalása<sup>480</sup>



A HEMS elektronikus úton tájékoztatja a települést (vagyis a CEMS-et) a családok energiafelhasználási szokásairól, és főként villamos energia feleslegeiről. A kapott adatok alapján a város egyre pontosabb információkkal rendelkezik majd a településre érvényes 100% megújuló energia ellátó rendszer beavatkozási pontjairól, és a szükséges energiatermelőiről, valamint a költségekről. A kapott adatok modellbe illesztésével a település egy állandóan önmagától frissülő 100% megújuló energiaellátási cselekvési tervhez jut, amiben látszik hol tart most éppen az átalakulási folyamatban.

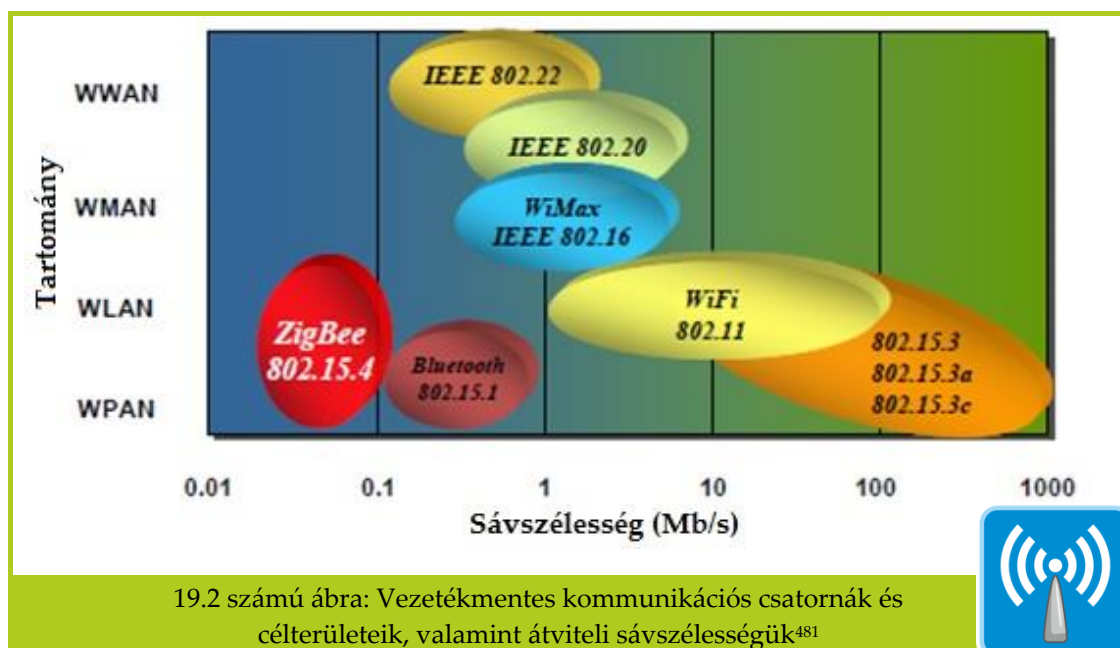
### Home Area Network (HAN) – Otthoni hálózat

Elsősorban a kisebb közintézményekben és a családi házakban jut jelentős szerephez a HEMS, ott ahol egy épületen háztartáson belül többféle jelentős energiafogyasztó, termelő és tároló is jelen van. A HEMS úgy ér el energia- és költségmegtakarítást a felhasználók számára, hogy mindig az aktuális komfort igényekhez igazodva keresi meg a legkisebb energia és költség egyensúlyát. A különféle termelő, fogyasztó, tároló csomópontok közötti belső hálózatot hívjuk Home Area Network (HAN)-nek. A hálózat elterjedt, szabványos kommunikációs csatornáit:

<sup>480</sup> Forrás: <http://www.greentechmedia.com/research/report/home-energy-management-systems-2013-2017>



- Zegbee, *Wireless Personal Area Network* (WPAN) csoportba tartozó vezetékmentes leginkább a mobil telefonokból ismert bluetoothhoz hasonló, ám annál lényegesen kisebb erőforrás igényű kommunikációs megoldás.  
Előnye: alacsony elektro-szmozg kockázat,  
Hátránya: jelenleg viszonylag alacsony támogatottság/elterjedtség, korlátozott sávszélesség.  
 Alkalmazása: például a smartplug aljzatok kommunikációjához.
- PLC home, *Power Line Carrier*, vagyis az épület villany hálózatára ültetett jel formájában működő kommunikáció, jellemzően Internet Protokoll.  
Előnye: viszonylag szélessávú átviteli lehetőség, mindenütt van villanyvezeték,  
Hátránya: jelenleg viszonylag magas költségek  
 Alkalmazása: elektromos autó töltővel egybekötött köztérvilágítási alkalmazása is van már (pl: Kassa).
- Ethernet, *helyi hálózat LAN* (Local Area Network) számítógép hálózaton zajló kommunikáció, jellemzően Internet Protokollt használva.  
Előnye: elterjedt, jó támogatottságú formátum, szélessávú átviteli lehetőség  
Hátránya: utólagos kiépítés gondot jelenthet  
 A legtöbb számítógép hálózat ma ilyen, az iparban is rendkívül elterjedt.
- WiFi az Ethernet hálózat vezetékmentes megfelelője WLAN, *WirelessLAN*  
Előnye: elterjedt, jó támogatottságú formátum, szélessávú átviteli lehetőség.  
Hátránya: elektro-szmozggal kapcsolatos vélt és valós félelmek.
- RJ485 jellemzően a napelemes inverterekkel való kommunikációhoz  
Előnye: egyszerű vezetékvezés, elterjedt, jó támogatottságú formátum,  
Hátránya: nem korszerű formátum, egyre inkább felváltja az Ethernet



<sup>481</sup> Forrás: <https://docs.zigbee.org/zigbee-docs/dcn/09-4841.pdf>

A Smart Grid energiaellátó rendszerben a vezetékmentes kapcsolatok közül a háztartások szintjén a Zigbee és a Wifi lesz gyakori, míg városrészek összekapcsolásához a WiFi illetve még inkább a WiMax kapcsolatok. A WiMax kommunikációs hálózat kiépítésében szintén szerephez jutnak a víztornyok –, valamint ha lehetséges a templomtornyok –, mert ezekről a pontokról nagy távolságokra van meg az optikai rálátás, és így a stabil vezetékmentes kapcsolat is.

#### Building Energy Management Systems BEMS

Olyan épületekben, amelyekben központi energetikai rendszer van kiépítve –, ilyenek a középületek, szállodák, iroda házak és nagy társasházak - az energiamenedzsment feladata kibővül, illetve komplexebbé válik. Az ilyen épületek menedzsment rendszerét BEMS-nek hívják. Itt már olyan funkciók is megjelennek, ami a HEMS szintjén nem fordul elő (vagyonvédelem, vagy a belépési jogosultságok kezelése).

#### Factory Energy Management Systems FEMS

A városi energiaellátó rendszerben az ipari parkok és üzemek is részt vehetnek az energiagazdálkodásban azáltal, ha egy-egy nagy energiaigényű automatizálható folyamatot az energiabőség idejére ütemeznek, ami számukra gyártási költség csökkenést jelent.

## 19.3 Technológia leírása városi szinten

### Fogyasztási csúcsok eltolása

A napi fogyasztási csúcsok főleg az esti órákban jelentkeznek. A HEMS feladata,- ha a felhasználók elfogadják -, hogy a nappali napsütéses órákra időzítse a jelenleg jellemző nagyfogyasztók pl. mosógépek vagy később a hőszivattyúk fogyasztási igényeit (lásd HŐSZIVATTYÚ fejezet direct drive). Ezáltal csökkenti a csúcsfogyasztásokat, azaz a napközbeni napelemes forrású villamos energiabőség idején fog jelentkezni a fogyasztások egy része. Ennek következtében csökkenti a napelemes rendszerek nappali csúcsergiája által igényelt tárolókapacitást (mivel közvetlen felhasználást eredményez) és egyúttal a fogyasztói oldalon jelentkező csúcsokat is. A jövőben az energiamenedzsment költségmegtakarítást is jelent majd a háztartások számára, hiszen a napos déli órákban olcsóbb lesz az energia, mint az esti csúcs idején. Az ún. okos mérés (smart metering) elterjedése teszi majd lehetővé a napon és évszakon belüli díjszabások bevezetését, az erre hajlandó felhasználóknál az energiatőzsdék pillanatnyi áraihoz hasonlóan napszaktól és évszaktól függően más-más ára lesz a villamos energiának. A HEMS intelligens vezérlő funkciója teszi lehetővé a felhasználóknak az árelőnyök kihasználását és a magas díjak minimalizását. Ha a felhasználók elfogadják és hozzászoknak, hogy egyes energiafelhasználásaikat a napenergia elérhetőségéhez igazítsák, elkerülhetik azt a hálózathasználat költséget, amit a hálózatra kitáplálásért (feed in), majd később elfogyasztott energia, vagyis villamos energia rendszer (vezetékek transzformátorok) használatért fizetnének.

Perth városában 40.000 résztvevővel tesztelték, hogy milyen hatással van a város energiarendszerére, ha az emberek nem a csúcsideszakban (vagy kimondottan akkor, amikor a naperőművek a legtöbbet termelnek) használják a mosogatógépüket és a 600.000 fogyasztóból álló város csúcsfogyasztásának 2%-át sikerült eltolniuk, ami 50 MW teljesítményt jelent.<sup>482</sup>

### Termelési csúcsok elsimítása

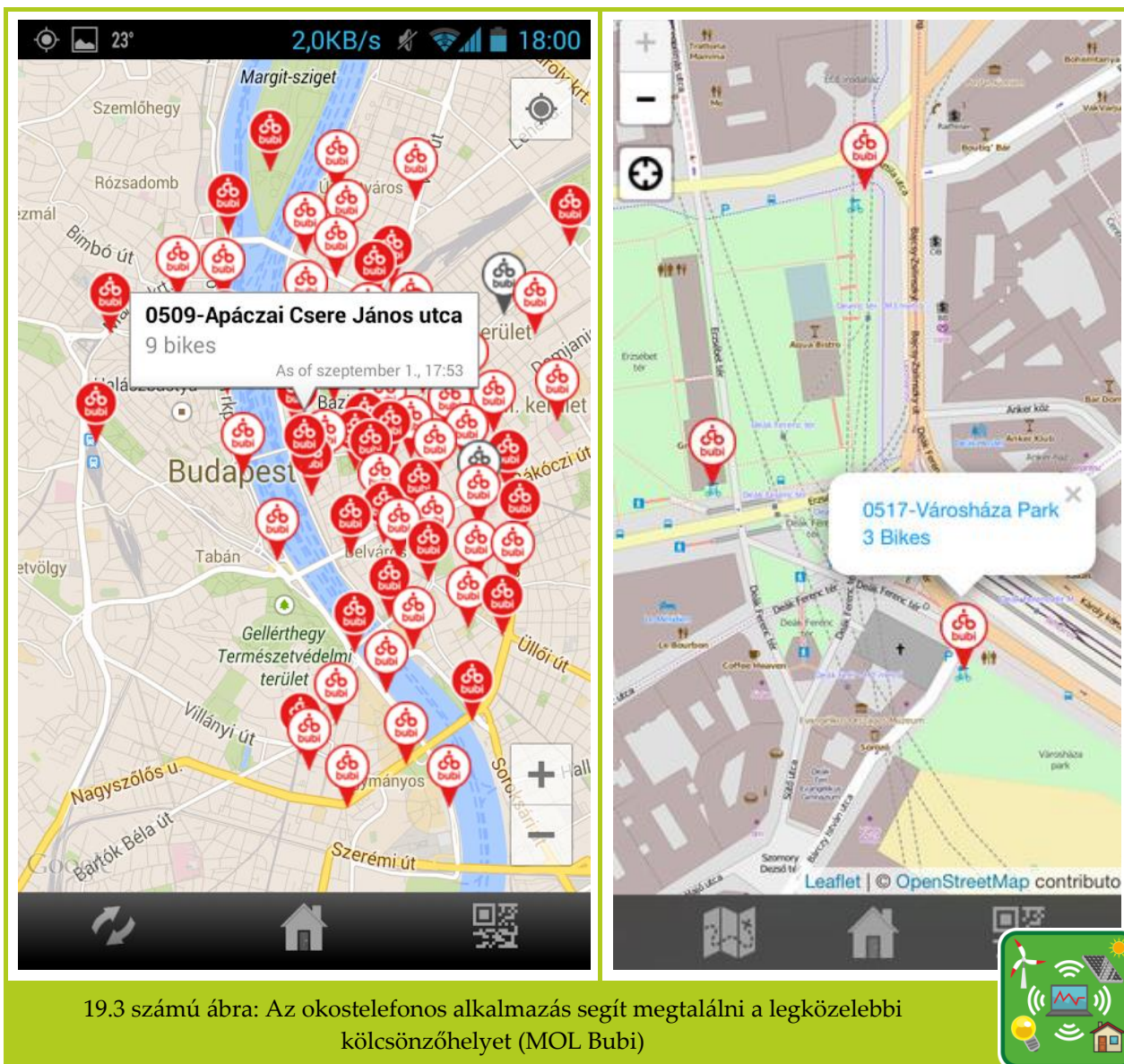
A termelési csúcsok dél körül jelentkeznek a napelemmel ellátott házak esetében, a napelemek széleskörű elterjedésével ezek a csúcstermelések már megterhelőek lehetnek a villamos hálózat számára. Emiatt lesz előnyös az időszakos energia felesleget az elektromos autók akkumulátorokban, illetve az akkumulátoros inverterekben (ahogy az Németországban több ezer háztartásban teszik napjainkban – lásd a NAPENERGIA fejezetben) tárolni.

---

<sup>482</sup> Anda, M. – Temmen, J. 2014: Smart metering for residential energy efficiency: The use of community based social marketing for behavioral change and smart grid introduction – Renewable Energy. 2014. 67. pp. 119-127

### 19.3.1 Okostelefonok az energiarendszerben

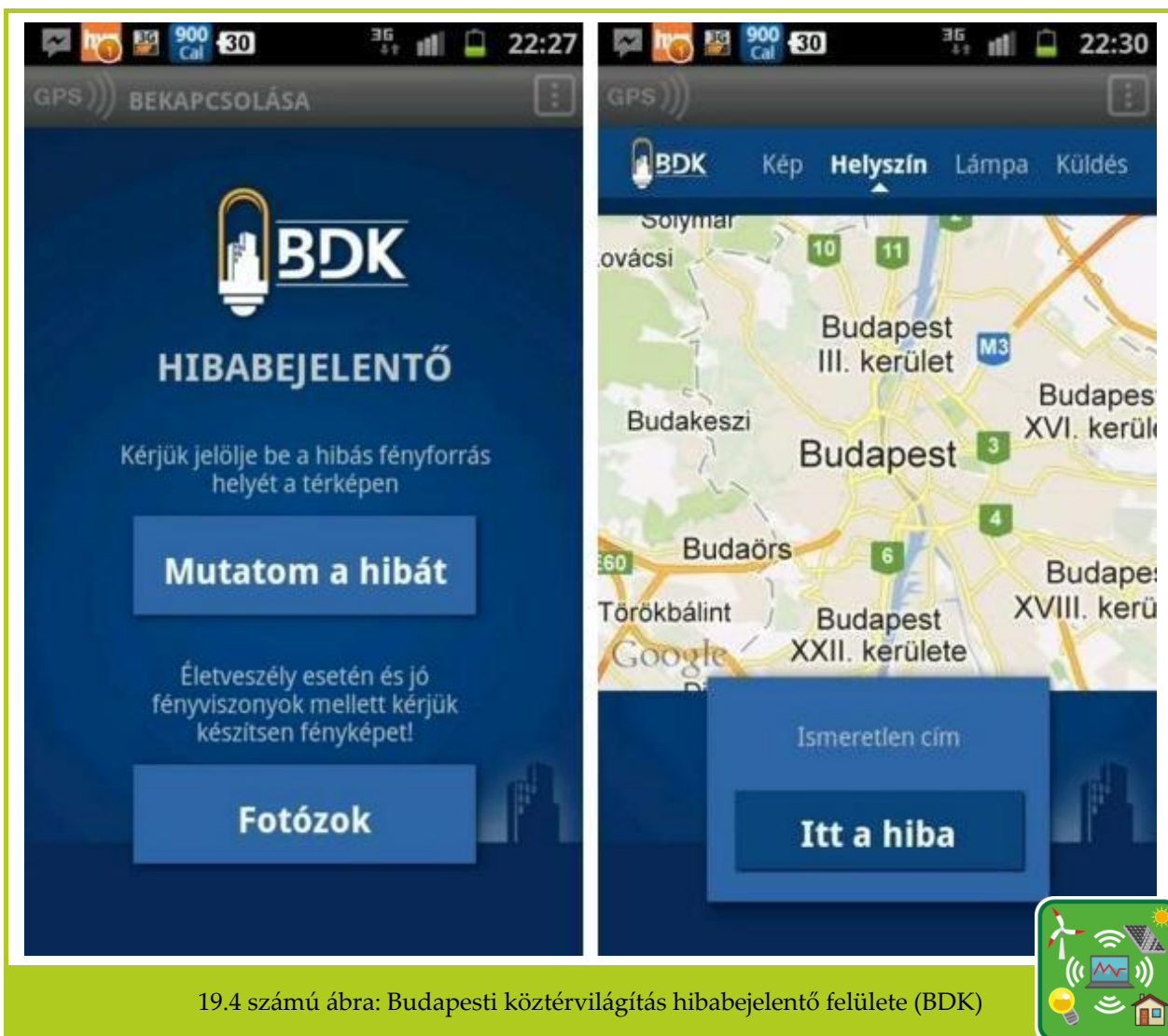
Az okostelefonok a városi energiaellátó rendszerben, illetve a smart gridben mozgó érzékelők, ha úgy tetszik szenzorok, amelyek adatokkal látják el a városi managementet, a felhasználók számára pedig értékes információkat, szolgáltatásokat nyújtanak. Ez egy nyertes-nyertes helyzetet teremt. Mivel úgy tudjuk, hogy Zalaegerszeg okosváros alkalmazása már készül, ezért csak néhány nemzetközi „jó gyakorlatról” teszünk említést, amelyek Zalaegerszeg esetében is adaptálhatóak lehetnek.



A kapcsolódó jóléti szolgáltatások (például MOL Bubi alkalmazás) segítik a kerékpárhasználat terjedését, illetve a következő szolgáltatások is erősíthetik ezt a hatást:

- előzetes információ a tarifákról, kölcsönzési feltételekről
- legközelebbi kölcsönzőhely felajánlása
- GPS alapú útvonalterv
- kölcsönzési idő és az útvonalterv összehangolása





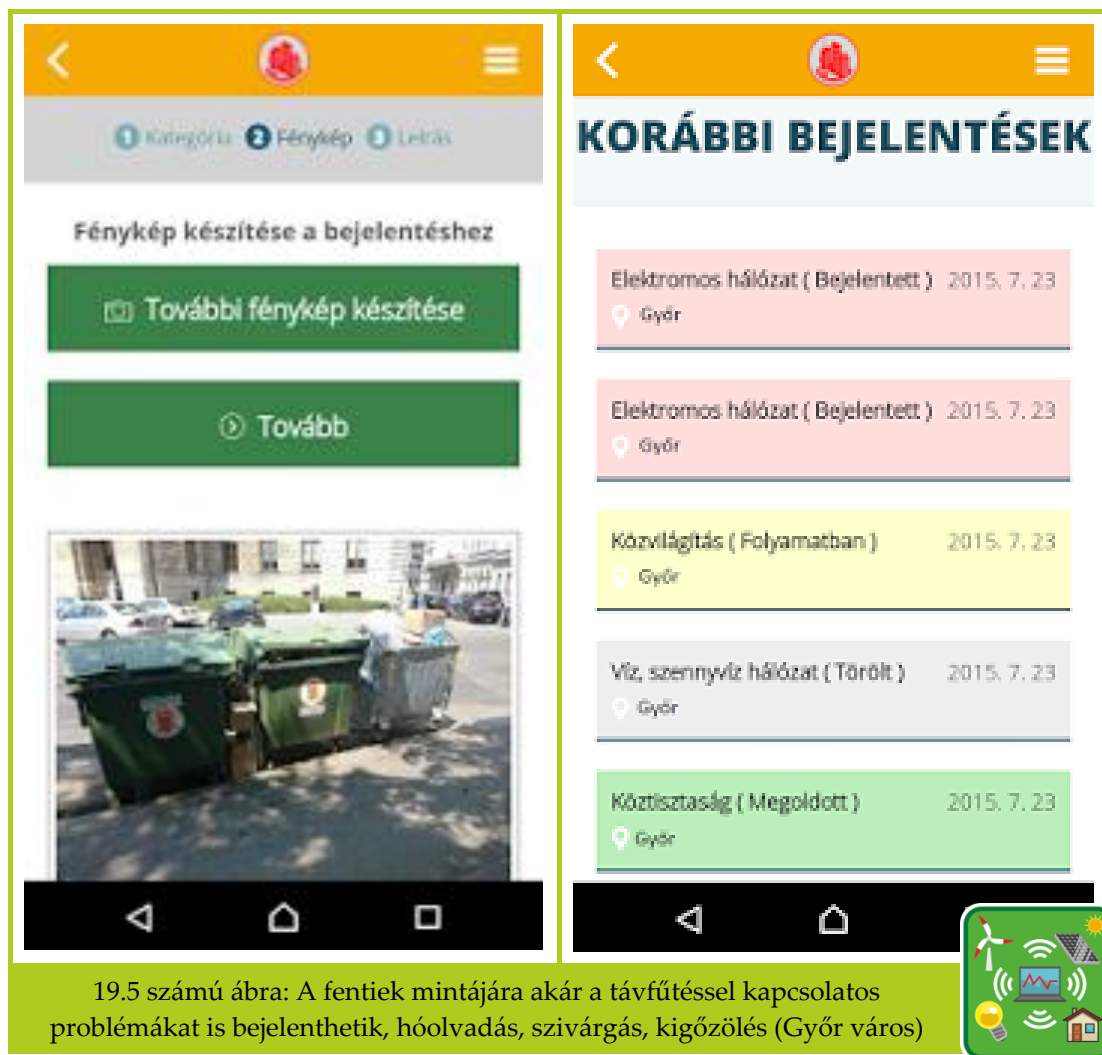
19.4 számú ábra: Budapesti köztérvilágítás hibabejelentő felülete (BDK)



A közműszolgáltatók hibabejelentő applikációinak előnyei:

- a szolgáltató kevesebb ráfordítással térképezheti fel az esetleges hibákat (karbantartási költségek csökkenése),
- a szolgáltató adatbázist hozhat létre a felmerülő hibákról,
- elkerülhetővé válnak a komolyabb meghibásodások (áramszünet, csőtörés, veszélyes balesetek)
- a lakosok jobban sajátjuknak érezhetik a várost és annak működését.





19.5 számú ábra: A fentiek mintájára akár a távfűtéssel kapcsolatos problémákat is bejelenthetik, hóolvadás, szivárgás, kigőzölés (Győr város)

Az alkalmazás lehetőséget biztosít felhasználója számára, hogy a lakókörnyezetében észlelt hibákat a Városszervizhez csatlakozott szolgáltatók felé jelezze (például távfűtés). A bejelentő az általa beküldött hibajegy állapotváltozásairól értesítéseket kap. A hiba bejelentések pontos GPS pozícióval és fényképpel kerülnek beküldésre. Az applikációval lehetőség van internet kapcsolat nélkül is felvenni a bejelentéseket, ezek a hibajegyek az alkalmazás következő online állapotban történő indításkor lesznek beküldve. Az offline bejelentések beküldésére a bejelentés készítésétől számított egy nap áll rendelkezésre. Az alkalmazás használói a városuktól közérdekű információkat tartalmazó üzeneteket is kaphatnak az alkalmazáson keresztül, a felhasználó az alkalmazás beállításai között kiválaszthatja, hogy mely városoktól szeretne üzeneteket kapni.<sup>483</sup>

<sup>483</sup> <https://goo.gl/P6V0Uj>



19.6 számú ábra: A VERnetwork elektromos autózást segítő applikáció<sup>484</sup>

Az elektromos autózást segítő mobil alkalmazások előnye:

- az összes töltőállomás és a pillanatnyi elérhetőségük (foglalt-e, mennyi a töltés egységára) térképes megjelenítése,
- a legközelebbi töltőállomás megkeresése és útvonalterv készítése,
- töltés távoli elindítása és leállítása,
- a töltés állapotának (%-ban és időtartamban) távoli kijelzése a tulajdonos számára,
- e-mail értesítés az autó feltöltéséről,
- számlák online felületen való tárolása,
- új elektromos autók vásárlása mellett szóló érv is lehet.

Az EV & Tesla Charging Stations<sup>485</sup> nevű alkalmazás ezeket még kiegészíti a töltőállomások megosztási lehetőségével („plugshare-ing”). Ennek segítségével az emberek jelezhetik igényüket az éppen használatban lévő töltőállomás átvételére és közvetlenül az ott töltődő autó tulajdonosával tudják felvenni a kapcsolatot.

A Chargehub<sup>486</sup> és a Plugshare<sup>487</sup> alkalmazások kimondottan a töltőmegosztásra fókuszálnak, ezekkel az alkalmazásokkal az otthoni töltőállomásokat is megoszthatják a lakosok. Ezt a lakók sok esetben egyébként is megteszik, de az információáramlás könnyebbé tételével ez a folyamat felgyorsítható. **Ha a polgárok is részt vesznek a saját tulajdonú töltőpontok megosztásában, akkor Zalaegerszeg városa is jelentős kialakítási költségeket tud megtakarítani. Mindezek segítik az energetikai átalakulás folyamatának felgyorsítását.**

<sup>484</sup> Forrás: <http://goo.gl/2aFSSO>

<sup>485</sup> Forrás: <https://goo.gl/uoSdmh>

<sup>486</sup> Forrás: <http://goo.gl/ES9ue0>

<sup>487</sup> Forrás: <http://goo.gl/Iurwq>

### 19.3.2 Társadalmi nyomás, (social pressure), mint ösztönző erő az energiatudatosság növelésére

Mivel a város energiaközpontjában (CEMS) összegyűlnek az adatok az egyes házak villamos energia felhasználásával kapcsolatban, lehetőség nyílik a polgárok tájékoztatására, ha az övékhöz hasonló környező háztartásokban kevesebb energia fogy. Viselkedéstudományon alapuló (behavioral science) kutatások azt mutatták, ez a tájékoztatás hat leginkább az energiafelhasználás csökkenésére.<sup>488</sup>

#### A lakosság energiatudatosságának növelése – Az energiaigények leztorításának alapköve

A városi lakosság energiaigényének csökkentése a lakosok tájékoztatásával és társadalmi nyomásgyakorlással kezdődik. Ennek számos bevett módszere van, amelyekből néhányat szeretnénk bemutatni.

#### A szomszéd kevesebbet fogyaszt effektus

Az érzéseinket régóta nagyban befolyásolja az a tény, hogy hogyan teljesítünk másokhoz képest.<sup>489</sup> A háztartási energiafogyasztás tekintetében a fogyasztók tájékoztatása a sajátjukhoz hasonló ingatlanok, épületek fogyasztásáról önmagában elég ahhoz, hogy az emberek önmérsékletet tanúsítsanak.

Például az amerikai Opower<sup>490</sup> a Home Energy Reporting Program nevű kezdeményezésének keretében a fogyasztók egy összehasonlítást is kapnak, amely a környéken található azonos adottságú ingatlanok fogyasztásáról ad tájékoztatást. Ebben a dokumentumban a fogyasztókat ingatlanra szabott tanácsokkal látják el, hogy az energiafogyasztás miképpen csökkenthető. A jelentést minden fogyasztónak elküldik, azonban lehetőség van a leiratkozásra, így nagyobb részvételi arány és eredmény várható a kezdeményezéstől. A vállalat szerint 9 különböző tanulmány bizonyítja, hogy **csak ennek segítségével átlagosan 2-3%-al csökkent** az ingatlanok energiafogyasztása.<sup>491</sup>

---

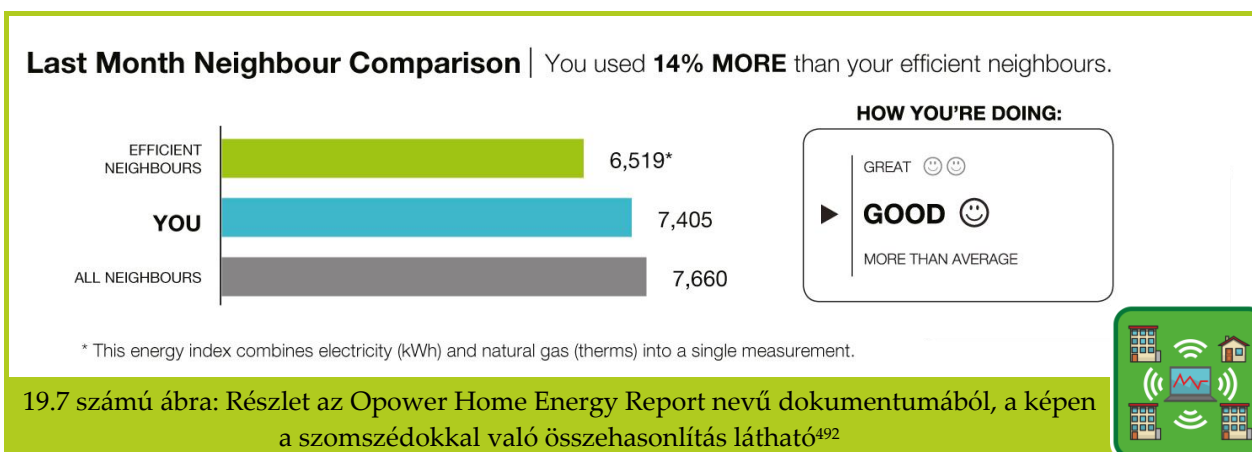
<sup>488</sup> Forrás:

[http://www.ted.com/talks/alex\\_laskey\\_how\\_behavioral\\_science\\_can\\_lower\\_your\\_energy\\_bill/transcript#t-198431](http://www.ted.com/talks/alex_laskey_how_behavioral_science_can_lower_your_energy_bill/transcript#t-198431)

<sup>489</sup> Festinger, L. (1954). A theory of social comparison processes. *Human Relations*, 7: 117–40.

<sup>490</sup> [www.opower.com](http://www.opower.com)

<sup>491</sup> Allcott, H. (2011). Social norms and energy conservation. *Journal of Public Economics*, in press; Ayers, I., Raseman, S. and Shih, A. (2009). *Evidence from two large field experiments that peer comparison feedback can reduce residential energy usage*. NBER Working Paper Series, Working Paper 15386; Cooney, K. (2011). *Evaluation Report: Opower SMUD Pilot, Year 2*. Navigant Consulting.

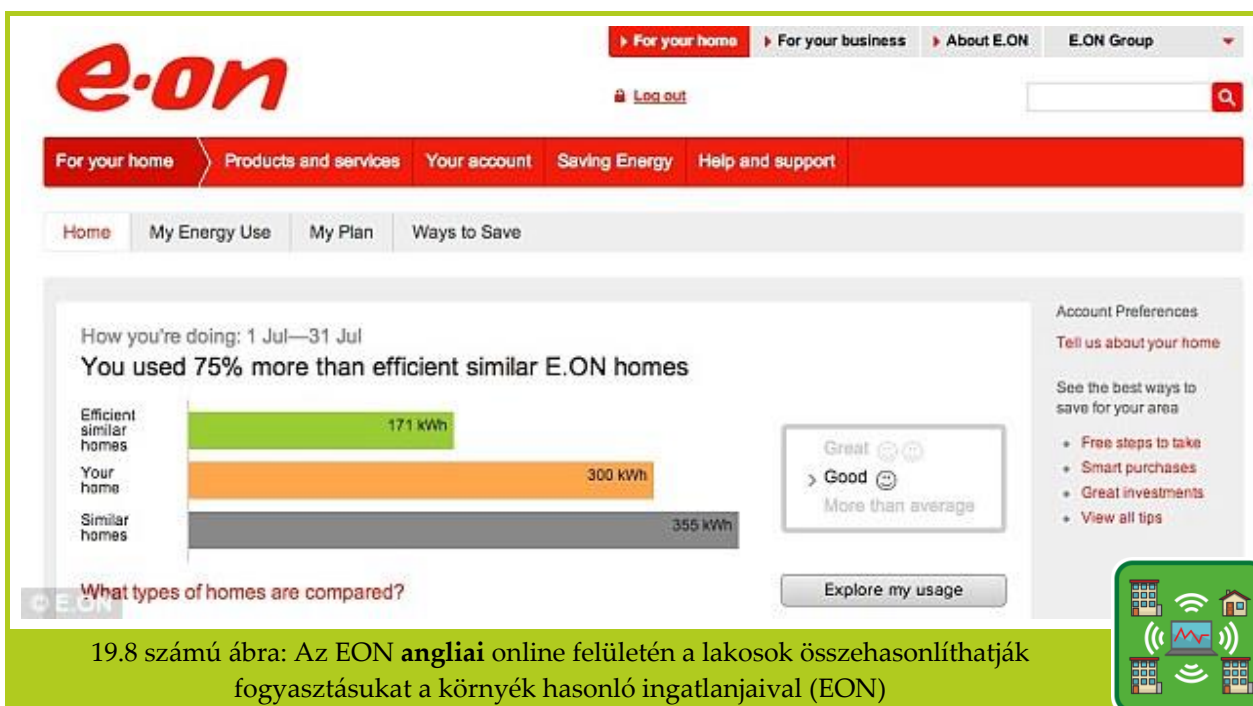


A lakosoknak elküldött tanulmány részét képezi egy relatív összehasonlítás a saját ingatlanunk és a miénkhez hasonló ingatlanok között, a hasonló ingatlanokat energiahatékony és hagyományos kategóriákra osztja. Ezek az összehasonlító számok és a jobb oldalon található „Hogyan teljesítünk” modul együtt éri el a kellő hatást, hiszen azok a tanulmányok, amelyek csak a bal oldalon látható számokat és összehasonlítást tüntetnek fel 'visszapattanó-hatást' (Jevons-paradoxon) válhatnak ki ezzel arra sarkallva a tájékozatlan lakosokat, hogy fogyasszanak több energiát ezzel is megfelelve a társadalmi normáknak.<sup>493</sup> A „Hogyan teljesítünk” modul jelzői és a mosolygós hangulatjelek érzékeltetik a lakosokkal, hogy számukra a legjobb döntés a fogyasztásuk mérséklése, az alulteljesítő lakosokat jobb eredmények elérésére, a jól teljesítőket pedig továbbra is hasonló eredmények megszerzésére ösztönzi.

A Behavioural Insights Team, a DECC, a British Gas és az AlertMe együttműködésében az okosmérőkkel (smart meter) rendelkező lakosoknak az összehasonlításon kívül a saját ingatlanjukra szabott tippeket is adnak azzal kapcsolatosan, hogyan csökkenthetnék az energiafogyasztásukat és ezzel együtt a költségeiket.

<sup>492</sup> Behaviour Change and Energy Use – Government of the United Kingdom (<https://goo.gl/fCuOZs> PDF)

<sup>493</sup> Schultz, P.W., Nolan, J.M., Cialdini, R.B. et al. (2007). The constructive, destructive, and reconstructive power of social norms. *Psychological Science*, 18: 429–34.



Az angliai EON online felületet is biztosít a saját ingatlanunk másokéval való összehasonlítására. Ezen a felületen is megtalálható a számokkal alátámasztott összehasonlítás és a hangulatjelekkel küldött visszajelzés a fogyasztó számára, ezzel érzékeltetve, hogy mit tűzzön ki célul. Ezen kívül személyre szabott javaslatokat is tesznek az energiafogyasztás csökkentésére vonatkozóan.

### Az energiatanúsítványok felülvizsgálata

Az eladáskor vagy építéskor kötelezően kiállítandó energiatanúsítványoknak jelentős szerepük lehet az emberek energiatudatosságának növelésében. Az Egyesült Királyságban viselkedéstannal foglalkozó szakemberek állították össze a 2013-tól érvényben lévő hivatalos energiatanúsítványt, ennek az első oldalán a tanúsítás olyan elemeit helyezték el, amelyek azonnali cselekvésre készítetik a lakókat az energiafogyasztásuk csökkentése érdekében. A *Zöld Közbeszerzés* című fejezetben ennek fontosságát részletesebben is tárgyaljuk.

### A társadalomtudományok bevonása az energetikába

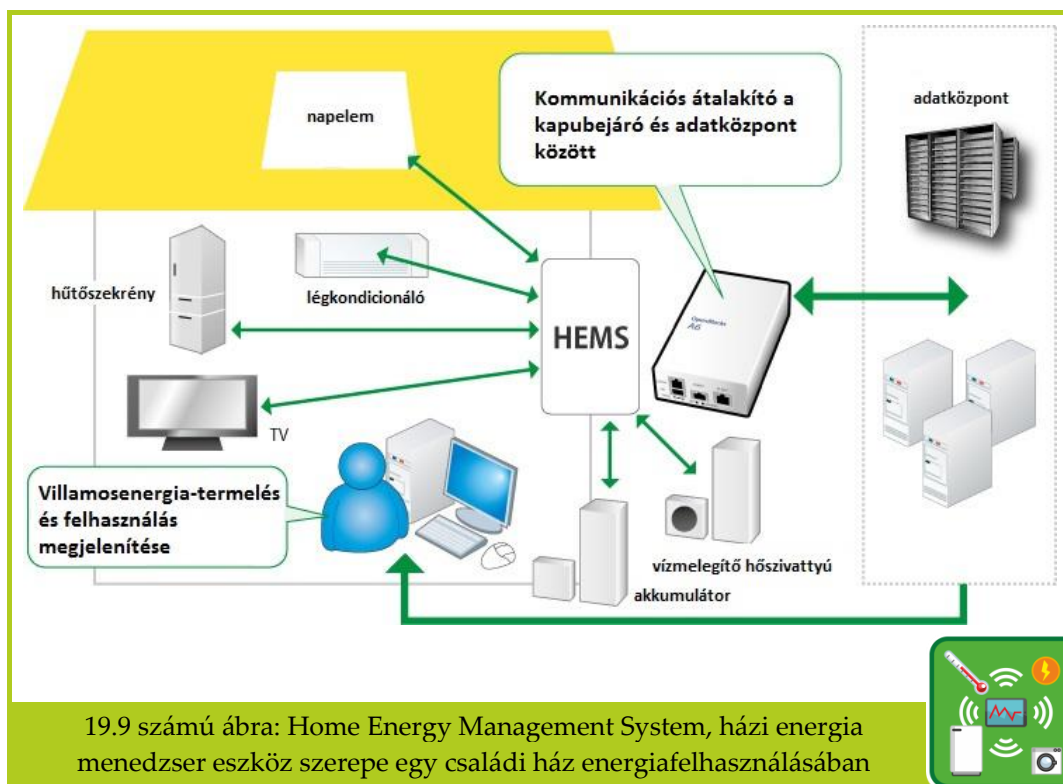
Jelen dokumentumnak nem célja az energetika társadalomtudományi vonatkozásainak részletes tárgyalása, azonban az emberek szempontjából bizonyos társadalmi jelenségeket érdemes lehet szakemberek bevonásával vizsgálni. Erre azért van szükség, mert az emberek energiafogyasztási szokásai rendkívül kiszámíthatatlanok és számos tanulmány bizonyítja, hogy a lakosok az energiával kapcsolatos területeken nem hoznak racionális döntéseket.<sup>494 495</sup>

<sup>494</sup> Wilson C, Dowlatabadi H. Models of decision making and residential energy use. *Annu Rev Environ Resour* 2007; 32:169–203

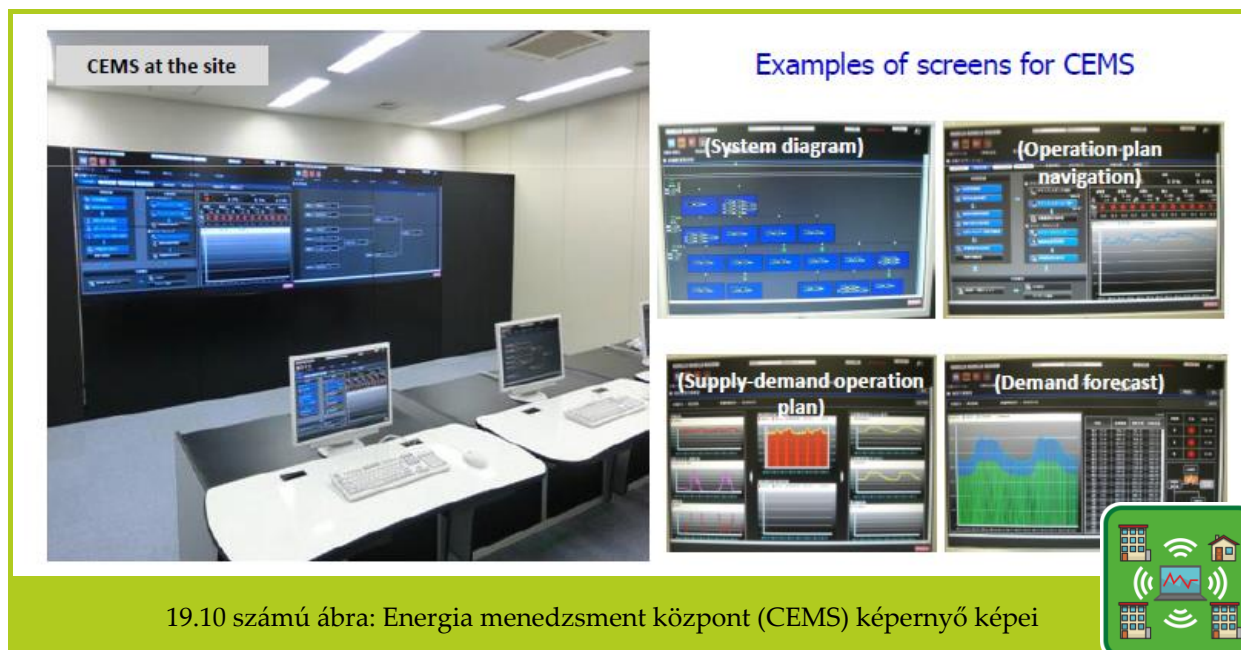
<sup>495</sup> Pollitt MG, Shaorshadze I. The role of behavioural economics in energy and climate policy. In: Fouquet R, editor. *Handbook on Energy and Climate Change*. Edward Elgar; 2013.



Szélessávú hálózaton keresztül e-mail vagy egyéb üzeneteket lehet küldeni a felhasználóknak, arról, hogy miként gazdálkodhatnak jól a maguk által megtermelt energiával (napelem vagy mikro-CHP), miként csökkenthetik energiafelhasználásukat, minként óvhatják ezáltal környezetüket.



19.9 számú ábra: Home Energy Management System, házi energia menedzser eszköz szerepe egy családi ház energiafelhasználásában



19.10 számú ábra: Energia menedzment központ (CEMS) képernyő képei

Amint az elektromos autók széleskörűen elérhetővé válnak, mindinkább érdekében áll majd az egyes háztartásoknak energia-önellátóvá alakítani háztartásaikat, köszönhetően annak, hogy ezen járművek lehetőséget nyújtanak a megtermelt energia napi, esetleg néhány napi tárolására.

### 19.3.3 Intelligens fogyasztói teljesítményigény befolyásolás, Smart DSM

Az áramszolgáltatók napjainkban (2015) bevált gyakorlata a Hangfrekvenciás Kör Vezérlés (HKV), ami szintén a teljesítmény-igény befolyásolása. A HKV kapcsolót a köznyelv éjszakai áram kapcsolónak hívja. Vagyis az áramszolgáltató által vezérelt áram (pl: villanybojler) ki-be kapcsolásával szabályozzák az éppen elfogyasztott villamos energiát. Ezeket a napi szintű - elsősorban villamosenergia-gazdálkodási módszereket -, rendszerint Demand Side Management DSM néven említik. A 100% megújuló energiaellátásban a Smart DSM néven szokás említeni az intelligens fogyasztói teljesítményigény befolyásolást.

Városi mértékben, a napon belüli energiagazdálkodás szintjén, a víztornyok vízfeltöltése is szerephez juthat amennyiben a nappali energiabőség idején pumpálják a vizet a víztornyokba, így csökkentve a termelési csúcsokat. Bár ez csupán néhány ~100 kW nagyságrendű teljesítmény csúcs letörést jelent.

A háztartások szintjén a DSM feladatokat a HEM képes ellátni.

#### Kommunikáció az elektromos autóval és a töltővel

A HEMS feladata 2035-45-re elérni azt is, hogy kiolvassa a rendelkezésre álló energiatároló kapacitások töltöttségét, és a családra jellemző fogyasztási szokások alapján napon, és egy héten belül gazdálkodjon a villamos energiával.

Pl. Ha a CEMS (Community Energy Management System)-től a következő 96 órára borús idő jelzést kap a HEMS, akkor nem az elektromos autótól kezdeményezi a villamos energia vételezést az esti órákban, hanem az országos villany hálózatról. Így elkerülhető/megtakarítható, hogy a következő napokban az autót a költségesebb villanyhálózatról kelljen tölteni. Így az EV töltőjén jelentkező villamos veszteség is a család számára hosszú távon olcsóbb napelemes villanyból adódott, ami végső soron plusz energia költség csökkenést jelent.

#### Hőenergia gazdálkodás

A tömegesen elterjedő hőszivattyúk és energiatárolók puffer tartály vezérlésével szintén költséget lehet megtakarítani a HEM felhasználás, a hűtés és a fűtés napi és néhány napi managementjével.

Pl. ha a CEMS-től a következő 96 órára lehűlési előrejelzést kap a HEMS, még a meleg tavaszi napon felfűti a puffertartályt, ami 3 napi HEM energiatartalmát képes tárolni. Így a borús hűvös napon nem kell a hálózatról venni a villanyt, hanem a puffer tartályban hőenergia formájában tárolt napenergiát használhatják.

#### Smart plug

A HEM-nek és a települési energiaellátó rendszernek is szüksége van adatokra a háztartási nagyfogyasztókról, illetve a folyamatos energia igényű fogyasztókról. Ezt a kommunikációs lehetőséget az okos csatlakozó aljzatok, vagyis az ún. Smart Plugok képesek biztosítani. A könnyű telepíthetőség érdekében a **Smart Plug** CEE 7/4 German "Schuko Type F rendszerű dug villával (plug) és aljzattal kiépített digitális fogyasztásmérőre emlékeztető formában

kapható (digital electronic wattmeter/energy meter). Ezeket csak a nagyfogyasztók elé lehet a fali konnektorba dugni – például a mosógép elé -, és máris képesek azok fogyasztását mérni, illetve időzítetten vagy alkalomszerűen ki-bekapcsolni.

A Smart Plug-ban helyet kaphat még egy digitális táv leolvasható hőmérő és egy digitális és táv leolvasható relatív páratartalom (relativ humidity) mérő is.

A Smart Grid-re való átállás kezdeti szakaszában a Smart plug-ok javasolt telepítési helye a fürdőszoba és a nappali.

A fürdőszobában a mosógép elé bedugva elérhetővé válik - bekészített mosni való esetén - a távolról akár interneten keresztül kezdeményezett vagy időzített mosás, akkor is, ha erre a meglévő régebbi gyártású mosógép nem volt alkalmas. A mért fogyasztási adatok alapján testreszabott, az adott háztartásra érvényes javaslatokat lehet tenni. Ilyen javaslat lehet például, hogy érdemes-e lecserélni a mosógépet alacsonyabb energiafelhasználására. A mosások gyakoriságából és energiaigényéből kiolvasható, hogy számukra elfogadható időn belül megtérülne egy új gép beruházási költsége.

A nappaliban elhelyezett Smart Plug az ún. energia-vámpírok felismerését segíti. Előbbiek jellemzően észrevétlenül, de folyamatosan fogyasztó berendezések. Például zeneközpont, régi TV-k, bekapcsolva felejtetett asztali számítógépek.

Ezeket szintén lehet – felhasználói döntés alapján - időprogram szerint vezérelni, de a későbbiekben akár a jelenlét közvetett érzékelése alapján is.

Az energiavámpírok kikapcsolása többszörösen nyertes helyzetet eredményez közép és hosszú távon. Miért?

- a lakók költségei csökkennek,
- a lekapcsolt berendezések élettartama nő,
- a közvetlen az energiafogyasztásból adódó és a közvetett, vagyis az új gépek gyártásából adódó környezetterhelés csökken,
- végül hosszú távon olcsóbb energia ellátó rendszert építhet majd a település a kevesebb éjszakára tárolandó energia következményeként.

**A 100% megújuló energia rendszerek legköltségesebb eleme ma, és várhatóan a közeljövőben is a villamos energiatároló rendszer.**

A lakásokban/házakban mért hőmérséklet adatok alapján, illetve a lakók adatszolgáltató közreműködésével feltérképezhető a város éves fűtési és hűtési energiaigénye is, lényegesen nagyobb pontossággal mintha mindezt tervrajzok vagy becslések alapján tettük volna.

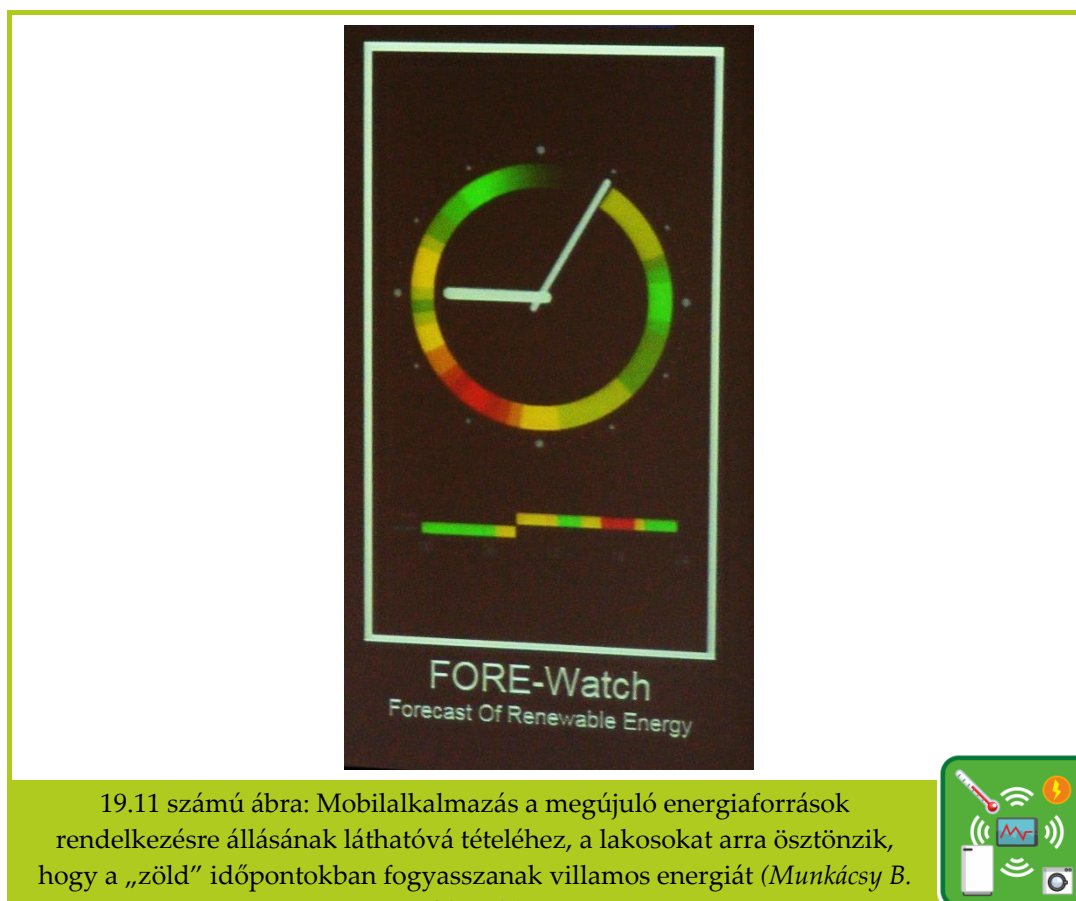
A páratartalom és hőmérséklet adatok alapján figyelmeztető üzenet küldhető az érintett családoknak a penészesedés veszélyére, hiszen tudjuk, hogy 70% feletti relatív páratartalom 72 órán túl penészesedéshez vezethet.

A Smart Plug kijelzője azonnali visszajelzést ad az embereknek az energiafelhasználásról, ez pedig növeli az emberek tudatosságát az energiafelhasználás terén.

### Fejlesztési lehetőségek a Smart Plug számának és tulajdonságának bővítésével

Amennyiben a házak minden gyakran használt helyiségébe kerül majd Smart Plug, így a termelt és fogyasztott energia finoman illeszthetővé válik az aktuális megújuló energia kínálatához.

Ezt segítheti a bizonyos városokban bemutatásra került „megújuló energia óra”, ami egy mobiltelefonos applikáció formájában árulja el az embereknek, hogy mikor várható a megújulók nagyobb részaránya, ezzel is tudatosabb energiahasználatra ösztönözve a lakókat.



19.11 számú ábra: Mobilalkalmazás a megújuló energiaforrások rendelkezésre állásának láthatóvá tételéhez, a lakosokat arra ösztönzik, hogy a „zöld” időpontokban fogyasszanak villamos energiát (Munkácsy B.

A Smart Plug későbbi, jobban integrált változata akár a dugaljak helyére is beépíthető (már ma is létezik ilyen megoldás is). Ha az Smart Plug-okba fényérzékelő is kerülne, a világítás energiafelhasználására is lehetne következtetni később – akár a beavatkozás szintjén is. Hasonlóan a helyiségenkénti hőmérséklet információk is lehetőséget teremtenek aktuátorokon keresztül a helyiségenkénti hőmérsékletszabályozásra, ami szinten energiafelhasználás csökkenéssel jár. Ilyen intelligens termosztátok léteznek ma is, ám ezeket integrálni kellene a házi energiaellátó rendszerbe (HEMS), ami még csak nagyon kevés gyártónál megoldott.

További lehetőség a HEMS és a Smart Plug együttes fejlesztésére a PLC Power Line Communication tulajdonság hozzáadása. Így a házon belül bárhol csatlakoztatott Smart Plug rögtön elérhetővé válna Plug and Play minden további beállítás nélkül. A PLC tehát a meglévő villamos vezetékeken keresztül tenné lehetővé az épületen belüli kommunikációt és

nem jelentkeznének a Zigbee korlátai (pl vastag vasbeton szerkezet rádió kommunikáció árnyékolása), vagy más rádiójelet sugárzó berendezés jel elnyomó hatása.



Jelenleg nem tudunk olyan egységes szabványról, ami garantálná ezek kommunikációját. Körülbelül 50 W felvett teljesítmény (a médiabox, a hi-fi rendszer és a számítógép együttes készenléti fogyasztása) esetén egy ilyen Smart Plug egy év alatt kifizetődik.

#### Aktuális árazások, tarifák meghatározása

A jelenlegi adatok, a várható trendek, és a stratégiai megfontolások, ösztönzések alapján lehet kialakítani a mindenkori energia árakat, ami az informatikai rendszerekbe ágyazott algoritmusok függvényében adódik ki. A Smart Grid mai állapotában az árazás még erősen képlékeny terület. A nyugat európai megvalósult rendszerek üzemviteli tapasztalataink ismeretében várhatóak az ajánlások, algoritmusok megjelenése.

#### **19.3.4 Okos mérők, Smart Meters, Intelligenter Zähler**

*Az Európai Unió a következő ajánlásokat teszi az okos mérés kapcsán:*

*AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS TANÁCS 2006/32/EK IRÁNYELVE<sup>499</sup>*

*(2006. április 5.) az energia-végfelhasználás hatékonyságáról és az energetikai szolgáltatásokról, valamint a 93/76/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről*

*Az energiafogyasztás mérése és informatív számlázása*

*„A tényleges fogyasztás alapján történő számlázást olyan gyakorisággal kell végrehajtani, hogy a fogyasztók szabályozhassák saját energiafogyasztásukat.”*

<sup>496</sup> Forrás:

<http://www.conrad.de/ce/de/product/684997/VOLTCRAFT-SEM-3600BT-Smart-Energymeter-mit-App-Steuerung-Energiekostenmessgeraet-023-3680-W-Datenspeicher-fuer-90-Tag>

<sup>497</sup> Forrás: <https://www.ecobee.com/wp-content/themes/ecobeev2/images/content/buy/smart-plug-quater.jpg>

<sup>498</sup> Forrás: <http://meterplug.com/>

<sup>499</sup> Forrás: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:32006L0032>



„(3) A tagállamok biztosítják, hogy az energiaelosztók, az elosztói rendszerüzemeltetők vagy a kiskereskedelmi energiaértékesítő vállalkozások adott esetben a számlákon, szerződéseken, tranzakcióikban és/vagy az elosztóállomásokon adott nyugtákon vagy azokhoz csatoltan, világos, érthető módon a végső fogyasztók rendelkezésére bocsássák az alábbi információkat:

- a) a tényleges aktuális árak és a tényleges energiafogyasztás;
- b) a fogyasztó aktuális energiafogyasztásának és az előző év ugyanezen időszakában mért fogyasztásnak az összehasonlítása, lehetőleg grafikus formában;
- c) amikor csak lehetséges, és hasznos, egy átlagos normalizált vagy viszonyítási alapként figyelembe vett, ugyanazon felhasználói kategóriába tartozó energiafelhasználóval történő összehasonlítás;”
- d) a fogyasztói szervezetek, energiaügynökségek vagy egyéb hasonló szervek kapcsolatfelvételhez szükséges adatai, beleértve a weboldalak címeit is, ahol hozzáférhetőek a rendelkezésre álló energiahatékonyságot javító intézkedésekre, az összehasonlításhoz használható végfelhasználói profilokra, és/vagy az energiafelhasználó berendezések objektív, részletes műszaki leírására vonatkozó információk.”

Az okos mérők teszik lehetővé a többszintű kereslet –kínálat függvényében a változó energia árazás bevezetését. Az okos mérők képesek on-line információt küldeni illetve fogadni az energiaszolgáltatók felé és viszont az aktuális energiafogyasztásról.

2011-ben 50 millió okos mérő volt az Európai Unióban 2015-re 110 millió okos mérő lesz az Európai Unióban.<sup>500</sup>

#### Az okos mérésbe való áttérés folyamata

A SMART READY előnyei a hagyományos gázfogyasztás mérési rendszerhez képest:

- Képes - az interneten keresztül - a fogyasztó a mérési adatok, információk megadására, megjelenítésére.
- Képes a hőmérséklet hatás korrigálására.
- Képes az adattárolásra.
- Képes a kétirányú kommunikációra.
- Képes a területi adatgyűjtővel és központi irányítóval való együttműködésre.
- Képes a prepaid elvű működésre
- Képes az elzárásra.

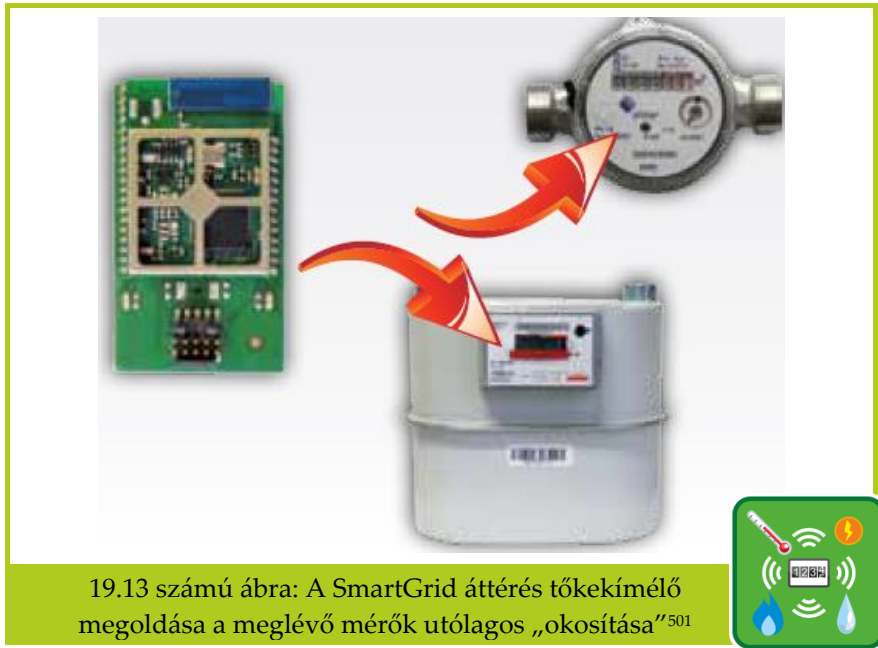
A SMART READY hátrányai a smart metering eszközökhöz képest

- Nem képes számlázásra
- Nem képes közvetlen fogyasztói visszacsatolásra, információ kijelzőn való megjelenítésére.
- Nem képes intervallum programozásra.

---

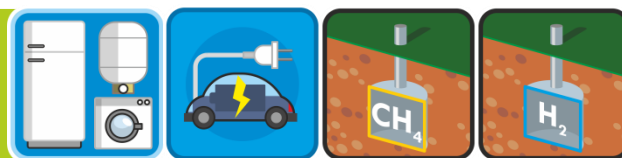
<sup>500</sup> Forrás:

[http://docbox.etsi.org/workshop/2011/201104\\_smartgrids/07\\_PILOTPROJECTS/SierraWireless\\_DAMOUR\\_Electric\\_alVehicleChargingStations.pdf](http://docbox.etsi.org/workshop/2011/201104_smartgrids/07_PILOTPROJECTS/SierraWireless_DAMOUR_Electric_alVehicleChargingStations.pdf)



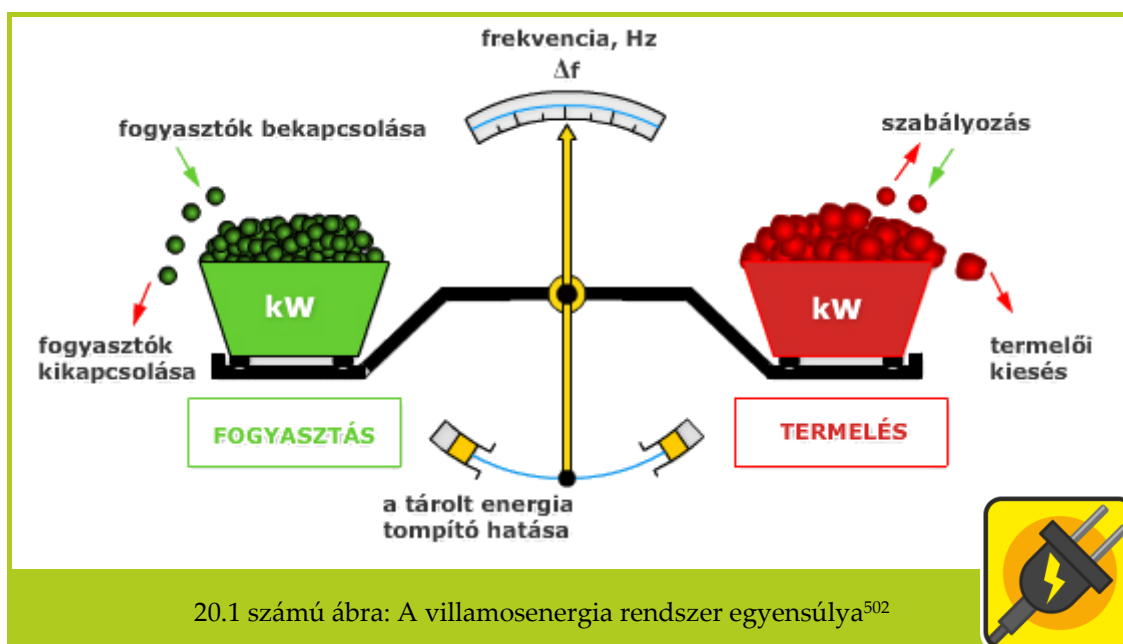
<sup>501</sup> Forrás: <http://smart.prolan.hu/wp-content/uploads/2010/09/Smart-Metering-Brochure1.pdf>

## 20. Energiatárolás



### 20.1 Szerepe egy 100% megújuló energiás rendszerben

Egy 100%-ban megújuló energiaforrásokra alapozott energiarendszer nem azért okoz fejtörést, mert kevés megújuló energiaforrás állna a rendelkezésünkre, hanem mert ezek az energiaforrások időben olykor kiszámíthatóan, olykor viszont kiszámíthatatlanul érhetőek el. Mivel a folyamatos villamosenergia ellátásra ma már mindenki egy alapszolgáltatásként tekint, így nem fogadható el, hogy az időben változó intenzitású megújuló energiaforrások ezt befolyásolják, és adott esetben úgy térjünk át 100% megújuló energiaellátásra, hogy cserébe a villamosenergia termelés és fogyasztás egyensúlyát nem garantáljuk, és véletlenszerű időközökkel áramszünettel kell szembesülnünk. Ezt úgy kerülhetjük el, ha a megújuló alapú energiatermelés mellett képesek vagyunk az egyensúly megtartására is, azaz be tudunk avatkozni a mérleg termelési vagy fogyasztási oldalán (vagy mindkettőn) (20.20.1 számú ábra). Ez az elv nem újdonság, az országos villamosenergia-rendszer irányító (MAVIR) eddig is mindig meg kellett tartsa az egyensúlyt, de egy 100% megújuló rendszernél új tényező jelenik meg.



20.1 számú ábra: A villamosenergia rendszer egyensúlya<sup>502</sup>

Korábban (a kevés megújuló energiaforrást tartalmazó rendszereknél) egyedül a villamosenergia rendszer fogyasztói oldalát jellemezte a teljesítmény ingadozása (a fogyasztók "véletlenszerű" teljesítményigényéből kifolyólag), és elég volt a termelést a

<sup>502</sup> Forrás: [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017\\_62\\_villamosenergetikai\\_rendszerek/ch01s03.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_62_villamosenergetikai_rendszerek/ch01s03.html)

fogyasztáshoz igazítani ("szabályozás"). A megújuló energiaforrásokat nagyobb számban tartalmazó rendszereknél viszont, az eddig közel stabilnak tekintett termelői oldal teljesítménye is ingadozásba kezd ("termelői kiesés"), és ezért új megoldások bevezetésére van szükség.

Ha az alapjelenséget nézzük, az egyensúlyt valamilyen szinten minden termelő-fogyasztó rendszerben biztosítani kell (legyen szó bármilyen termék előállításáról), de a villamosenergia rendszer ebből a szempontból különleges, mert az egyensúlyt minden időpillanatban garantálni kell. Ellenkező esetben a villamosenergia minősége (frekvenciája) megváltozik, vagy akár áramszünet is fellép. Az egyensúly, akár egy mérleg nyelvei 2 irányba mozdulhat el. Az egyik esetben a termelés nagyobb a fogyasztásnál, a másik esetben a fogyasztás nagyobb a termelésnél.

Amikor a termelés időlegesen meghaladja a fogyasztást, akkor más ipari rendszereknél tárolást alkalmaznak. Fizikai termékek esetén ez raktárak vagy tartályok segítségével lehetséges, amelyek bérlése vagy beszerzése plusz költséggel jár. Villamosenergia esetén a tárolás, mint kiegyenlítő megoldás ugyanígy rendelkezésre áll, de a tárolás költsége (technológiától függően, de általánosan jellemzően) jelenleg nagyon magas. A tárolásos megoldás előnye, hogy nem csak egy irányban segíti a mérleg kiegyenlítését, hanem mindkét irányban.

Ahhoz hogy olcsóbb megoldást kapjunk, energiatárolásnál azt az elvet érdemes követni, hogy az energiát:

- vagy a villamosenergiává alakítás előtti formájában tároljuk,
- vagy a villamosenergia "utáni" formájában, ahogy majd felhasználásra kerül.

A villamosenergiává alakítás előtti tárolás hagyományos erőművek esetén egyszerűen az erőmű teljesítményének csökkentését jelenti, mert így a tüzelőanyag eredeti formájában marad, nem kerül átalakításra villamos energiává. Megújuló energiaforrásoknál ez a szél- vagy napenergia hasznosításnál nem lehetséges, de víz, geotermikus és biomassza hasznosításnál már igen. Sajnos Zalaegerszegen vízből, geotermikus energiából és biomasszából pont kevés áll rendelkezésre (a naphoz és a szélhez képest), így a tárolással csak kevés energiát tudna a város tárolni.

A villamosenergia "utáni" tárolás például lehet egy melegvítartó, ahol nem akkor termelnek meleg vizet, amikor szükségem van rá, hanem korábban, és tárolom míg szükségem nem lesz rá. A legolcsóbb megoldáshoz akkor jutunk, ha az egyensúlyt plusz tárolóeszköz beépítése nélkül tartjuk fenn, a meglévők felderítésével. Ez többlet termelés esetén úgy lehetséges, ha valamilyen módon:

- többlet fogyasztást tudunk generálni, vagy
- csökkenteni tudjuk a termelést.

A termelés csökkentése rontja a termelő eszközök kihasználtságát, így sosem tartozott a kedvelt szabályozási módszerek közé, igaz ez a legegyszerűbb módszer. Megújuló

energiaforrások egy része (például a nem tárolható nap és szél) esetén ez viszont még azt is jelenti, hogy több megújuló erőmű építése válik szükségessé ugyanannyi energia megtermeléséhez.

Ennél fogva érdemes a másik módszert előnyben részesíteni, ami a többlet fogyasztás generálása. Természetesen ez a többletfogyasztás nem lehet feleslegesen bekapcsolt fogyasztás, hiszen akkor ugyanúgy több megújuló erőmű megépítését eredményezi, mint az előző megoldás. Ez a többletfogyasztás átütemezett fogyasztás kell, hogy legyen, amivel végül is az előbb említett villamosenergia "utáni" energiátárolás valósul meg. Az átütemezhető fogyasztók jellemzően olyan folyamatoknál találhatók, ahol a folyamat valamelyik szakaszában a most tárgyalt villamosenergia szabályozási igénytől függetlenül amúgy is helyet kap egy tároló, mert így ezt a tárolót közvetetten, de "villamosenergia tárolásra" is felhasználhatjuk. Ez a tároló nem kell, hogy villamosenergia tároló legyen, elég ha a folyamat működését egyenlíti ki arra az esetre, ha pillanatnyilag nem áll rendelkezésre villamos energia. Lehet ez a tároló a korábban is említett hőenergia tároló (pl.: hőtároló tartály) vagy olyan gyártási folyamat, ahol az áramkimaradás teljesen elfogadható.

Amikor az egyensúly a másik irányba billenne el, tehát a termelt energia kevesebbé válik, mint a fogyasztott, akkor fordítva kell eljárni:

- fogyasztókat kell kikapcsolni, vagy
- plusz erőművek bekapcsolásával növelni a termelést.

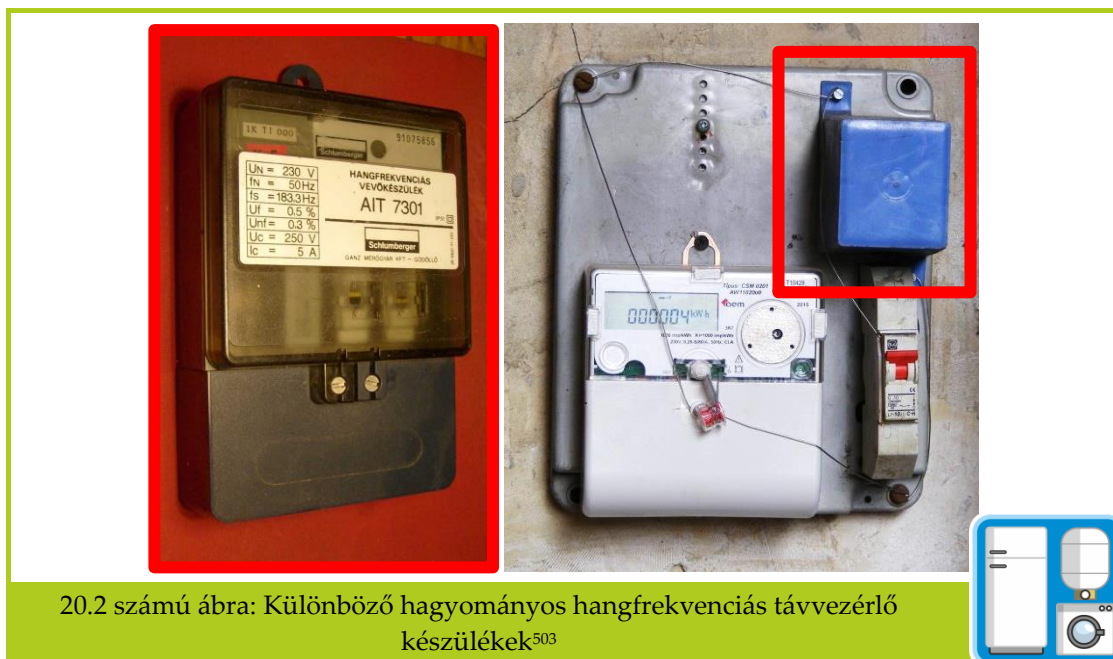
Mivel a kommunikációs csatornák már széles körben elterjedtek és a jövőben még tovább fognak fejlődni, így a legolcsóbb megoldás a fogyasztók távoli vezérlésének lehetősége. Ezt a megoldást már több évtizede alkalmazzák, mert a hagyományos erőművi környezetben is egyszerű megoldás volt, azonban a megújuló energiaforrások megnövelt aránya esetén az így megnövekedő szabályozási igény elégséges fedezéséhez a vezérelt fogyasztók rendszerének továbbfejlesztésére, és több fogyasztó bevonására van szükség. **A vezérelt fogyasztást eddig talán sokan csak egy jó szabályozási módszernek tartották, de egy 100% megújuló energiarendszer elengedhetetlen, kötelező eleme.** A szabályozható teljesítmény így nagyobb lesz és csökken az igény az esetleges más szabályozás iránt.

## 20.2 Fogyasztók vezérlése – Demand Response

A fogyasztók vezérlése nem igényli új fogyasztói berendezések vásárlását, mert nagyon sok olyan villamosenergiát használó berendezést használunk már most is, melyeknél a távoli vezérlésre történő áttérés nem befolyásolja lényegesen a működést, és nem okoz komfort csökkenést. Ilyen fogyasztók például a háztartásokban a mosógép vagy a bojler (elektromos fűtésű használati melegvíz tároló). Egy mosógép előkészítve az indításra a legtöbb esetben gond nélkül várakozhat pár órát indításig, a lényeg, hogy egy előre megadott időpontig készüljön el mosással. A bojler még jobb példa, mert a benne lévő víz melegítése nem kell, hogy a felhasználáskor történjen, hanem történhet bármikor előtte.



Ezek az eszközök, bár egyenként eltörpülő hatással vannak a villamosenergia hálózatra, de amennyiben 1000 db háztartás, egyenként 2 kW teljesítményű bojlerének vezérléséről gondoskodunk, úgy máris 2 MW teljesítményű szabályozható teljesítményre tettünk szert, ami már összemérhető a város teljesítményigényével. Mivel a Zalaegerszegen található bojlerok száma biztosan meghaladja az 1000 db-ot, továbbá a mosógépekről még nem is beszéltünk, már egyedül a lakosság hozzájárulása is komoly szabályozási tartalék létrehozására ad lehetőséget. A vezérlés kialakítása legegyszerűbb esetben történhet a hagyományos "vezérelt áram" módszerével, ahol olcsóbb tarifa esetén egy külön mérőóra és kapcsolószerkezet gondoskodik a távoli vezérlésről, be- illetve kikapcsolva a háztartásban rákötött fogyasztót.



A jövőben várható hogy a fogyasztókat és lakásokat előre felkészítik a vezérelt működésre, így a megfelelő eszközök internet kapcsolat segítségével akár külön beszerelt "vezérlő kapcsoló" nélkül is indíthatók lesznek. Erről bővebben is szót ejtünk a HEMS (Home Energy Management System) rendszert részletező Smart Grid fejezetben.

A hőszivattyúk szerepe kedvező tulajdonságaik miatt idővel megnő majd az épületek fűtésében és hűtésében, ami a fűtés esetén a földgázzal villamosenergiára való áttérést jelent, összességében pedig egyre több vezérelhető villamosenergia fogyasztót. A hőszivattyú azért sorolható a vezérelhető fogyasztók közé, mert az általa temperált épület szerkezete hőtároló tömegként viselkedik, melynek nagy a hőtehetetlensége, így a hőtermelő hőszivattyús egység vezérlés útján akár órákra történő kikapcsolása sem válik észlelhetővé az épületben tartózkodók számára.

<sup>503</sup> Forrás: <http://oldradio.tesla.hu/szetszedtem/304boylertav/kapcsolok.htm>

## 20.2.1 Ipari fogyasztók vezérelt kapcsolása

Egy 100%-ban megújuló energiaforrásokra alapozó rendszernek az integráltság magas fokát kell megvalósítania és minden lehetőséget ki kell használnia, ezért a lakosságon kívül az ipari fogyasztók bevonása is elengedhetetlen a szabályozásba. Olyannyira elengedhetetlen, hogy a távvezérlés kiépítésének első szakaszában éppenséggel először a nagyobb teljesítményű ipari egységek távvezérlése az ajánlott, mert az ilyen egységek távvezérlésének kiépítése fajlagosan olcsóbb a lakossági vezérlés kiépítésénél.

Az olyan ipari folyamatok, amelyek megfelelnek a korábban említett feltételek közül legalább egynek (ütemezhető működés, tároló használata a folyamatban, bizonyos folyamatok rugalmassága villamosenergia kiesésre) mindenképpen bevonandók a vezérelt fogyasztók közé.

Ilyen ipari fogyasztók lehetnek például a hűtőházak is, ahol a tárolás a hűtött áru hőtároló tömegeként jelenik meg, ahogy az épületeknél a falak jelentek meg hőtároló tömegeként. A hűtött áru vagy épületfal hőtárolóként történő alkalmazása egy multifunkcionális hasznosítás, ami a 100% megújuló energiarendszerek egyik sokat hangoztatott sarokköve. A hűtőházak további előnyös tulajdonsága, hogy a hűtési igény növekedése egybe esik a napsütés intenzitásának növekedésével, ezáltal a napelemek termelésének növekedésével is.

Másik vezérelhető ipari fogyasztó lehet a biomassza aprító gép, mely a biomassza erőműhöz készíti elő a tüzelőanyagot. Egy ilyen aprító teljesítménye 100 kW (50 bojler) körül mozog, és mivel az aprított anyag nem közvetlenül a kazánba kerül, hanem előtte még egy tárolóba, így teljesíti a vezérelhetőség feltételét. A biomassza beszállításnál érdemes tehát kikötni, hogy az anyag ne aprítva érkezzon, hanem az aprítás a villamosenergia szabályozási körzet (mondjuk Zalaegerszeg – de erről a fejezet végén szót ejtünk még) határán belül, akár az erőműnél történjen.

### Példák

- Hollandiában már 2006-ban vizsgálni kezdték a hűtőházak részvételének lehetőségét a villamosenergia rendszer szabályozásában. Itt még csak a szélerőművekkel való együttműködést vizsgálták, de ez kiterjeszhető a megújuló energiaforrások tágabb csoportjára is. A szélerőművek éjszakai energiatermelésének hűtőházakban való tárolását tartották szem előtt, hogy az áru éjszakai alacsonyabb hőfokra hűtésével kiváltsák a délutáni hűtés szükségességét, amikor a villamosenergia-hálózatra amúgy is nagy terhelés jellemző. Vizsgálták a hűtőházak szabályozhatóságának módját, csakúgy, mint a hőmérsékletváltozás hűtött árura gyakorolt hatását, hogy megállapítsák a hűtőházakban rejlő energiatárolási lehetőségek nagyságát. Következésképpen a nagy kapacitású hűtőházak eredményesen bevonhatók a vezérelt kapcsolásba.
- A csúcsgény csökkentésében az üzletek és bevásárlóközpontok is aktívan részt tudnak venni. Erre mutat rá az IKEA egyik Amerikában működő üzlete, melynél a hagyományos hűtésvezérlést úgy egészítették ki, hogy az fogadni tud egy vezérlő jelet,

ami villamosenergia csúcsigény esetén érzékelik rá. A vezérlő jel hatására a szabályozás 1-2°C-al megemeli a belső terekben tartandó hőmérsékletet (növeli az épület belső tereinek hűtési alapjelét), ami a hűtési teljesítmény csökkenéséhez, így a villamosenergia-hálózat kíméléséhez vezet. Ez által csökkenhet a hálózaton biztosítandó szabályozási tartalékok mennyisége, hisz a szabályozáshoz nem a termelés oldalán kellett közbelépni, hanem a fogyasztás oldalán.<sup>504</sup>

Az elektrolízist használó telepek szintén előnyösek lehetnek a vezérlésre, hiszen ha az elektrolízis eredményeként előállított anyagok (hidrogén és oxigén) tárolására kellő méretű tároló áll rendelkezésre, akkor a folyamat szintén gond nélkül megszakítható. A következő ábra a vezérelhető fogyasztók széles körére hívja fel a figyelmet.

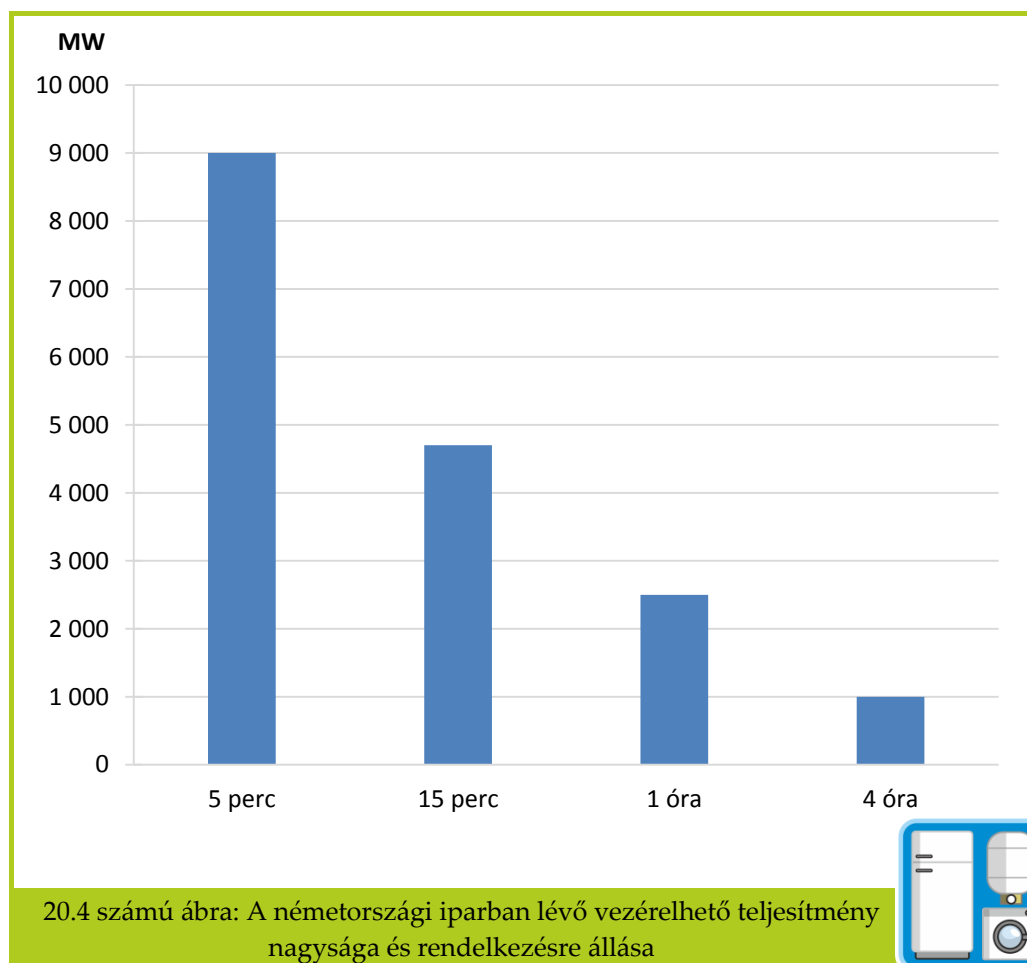


20.3 számú ábra: példák vezérelhető fogyasztókra

Fontos figyelni rá, hogy a kikapcsolható fogyasztók sem kapcsolhatók ki akármennyi időre, mert az általuk ellátott feladat csak úgy szüneteltethető, hogy ne legyen negatív hatása (például amíg a hűtött áru fel nem melegszik egy megállapított maximális hőmérsékletre). A különböző iparágak különböző mértékben érzékenyek a lekapcsolásra és annak hosszára. Ha ezeket összegezzük, abból adódik a 20.4 ábra a németországi viszonyokra. Az ábra azt szemlélteti, hogy adott időtartamú kikapcsolásra mekkora teljesítmény áll rendelkezésre Németországban, amennyiben mindenhol kiépítik a vezérléses rendszert. Látható hogy 5 percre 9000 MW-nyi fogyasztó is kikapcsolható, de 4 órás kikapcsolást már csak 1000 MW-nyi fogyasztó visel el. Ez az információ a szabályozás szemszögéből nézve fontos, hogy lássuk

<sup>504</sup> Forrás: <http://www.pge.com/en/mybusiness/save/energymanagement/casestudies/index.page>, [http://www.pge.com/includes/docs/pdfs/mybusiness/energysavingsrebates/incentivesbyindustry/cs\\_ikea.pdf](http://www.pge.com/includes/docs/pdfs/mybusiness/energysavingsrebates/incentivesbyindustry/cs_ikea.pdf)

milyen típusú szabályozási feladat végezhető el a vezérlés által, és mik azok a szabályozási feladatok amikre a vezérléses szabályozás önmagában nem alkalmas.



A villamosenergia rendszerben minden rá csatlakozó fogyasztó és termelő része egy úgynevezett mérlegkörnek, vagy más néven elszámolási csoportnak, amik az országos rendszer régiókra bontása, így az egyszerűbb szabályozás és elszámolás érdekében működnek. Ezek a mérlegkörök egymással határosak és bejelentési kötelezettségük van egymás és a rendszerirányító (MAVIR) felé, de a mérlegkörön belüli energiaáramlás alakításában szabad kezet kapnak. Amennyiben Zalaegerszeg külön mérlegkört alakít ki, lehetősége adódik a körzetén belüli szabályozásokat (az előírásoknak megfelelően), saját módszerével, többek között a fogyasztók vezérlésével is megoldani. Így a többi mérlegkör felé kevesebb szabályozási igénye lép fel, amivel csökkenhetnek a költségei és egy lépéssel is közelebb kerül az önellátás gyakorlati megvalósításához. Elegendő intézkedés végrehajtásával pedig a 100%-os villamosenergia önellátás (a tanulmány egyik célja) is elérhető. A városi "saját" mérlegkör gondolata alapján Miskolc környékén már elkezdték egy helyi, 100%-ban önellátó kistérség kialakítását MAVIRKA (Magyar VIRTuális mikrohálózatok mérlegköri KIASzter) néven, ami alátámasztja az elképzelés realitását.<sup>505</sup>

<sup>505</sup> Forrás: <http://www.rmr.hu/?q=node/20>, [http://conf.uni-obuda.hu/energia2007/10\\_NagyJozsef.pdf](http://conf.uni-obuda.hu/energia2007/10_NagyJozsef.pdf)

## 20.3 Szezonális energiatárolók

A következő részben a sűrített levegős energiatárolás (SLET), a szivattyús-tározós energiatárolás (SZET), a power to gas (P2G) és a vanádium redox akkumulátorok (VRFB) szezonális energiatárolóként való használata kerül bemutatásra. Ezek adatait és jellemzőit táblázatba foglalva pontos paraméterekkel és a költségek kiemelésével szemléltetjük.

### 20.3.1 Sűrített levegős energiatárolás (SLET)

A sűrített levegős energiatárolás egy forgalomban lévő, ipari méretű technológia, amely rugalmas menettartással rendelkezik és - akár hosszú időtartamon keresztül - csak részben feltöltött állapotban is megbízhatóan képes működni. A technológia további előnyei közé tartozik a villamos áram termelés gazdaságosabbá tétele, miközben csökkenti mind a károsanyag-kibocsátást, mind pedig a nyersanyagfüggőséget. A németországi Huntorfban 1978 óta működik egy 290 MW-os SLET (később 321 MW-ra bővítve), míg az egyesült államokbeli McIntosh-ban 1991-ben helyeztek üzembe egy 110 MW-os névleges teljesítménnyel rendelkező sűrített levegős létesítményt.

Leegyszerűsítve, egy SLET rendszer sűrített-levegőt pumpál egy földtani formációba. Később, ezt a levegőt kiengedik, felhevítik, és egy gázturbinán áramoltatják keresztül, ami meghajtja az elektromos generátorokat. Ez egyike azon kevés technológiának, amelyek egyaránt alkalmasak a hosszú távú tárolásra és termelésre is. Továbbá egy ideális geológiai formációval és berendezés-arszállal párosítva kapacitása nagymértékben és rendkívül olcsón bővíthető.<sup>506507</sup>

Az elmúlt években az adiabatikus SLET (ASLET) vált vonzó ötletté, mert ez a továbbfejlesztett rendszer kihagyja a folyamatból a kiengedett levegő mesterséges felmelegítését, ezért zöld technológiának tekinthető.

Általában háromféle földalatti tároló-típus szerint kivitelezhető egy SLET. Lehetséges porózus kőzettestben (mint például egy leművelt földgázlelőhely vagy egy vízáadó réteg, felhagyott sóbányák üregeiben, és kemény kőzettestek barlangrendszereiben. A huntorfi és a mcintoshi tárolót só kőzetbe telepítették. Magas fokú megbízhatóságával, gazdasági és műszaki kivitelezhetőségével, illetve mérsékelt környezetvédelmi kockázatával, ígéretes ipari méretű megoldás lehet.<sup>508</sup>

---

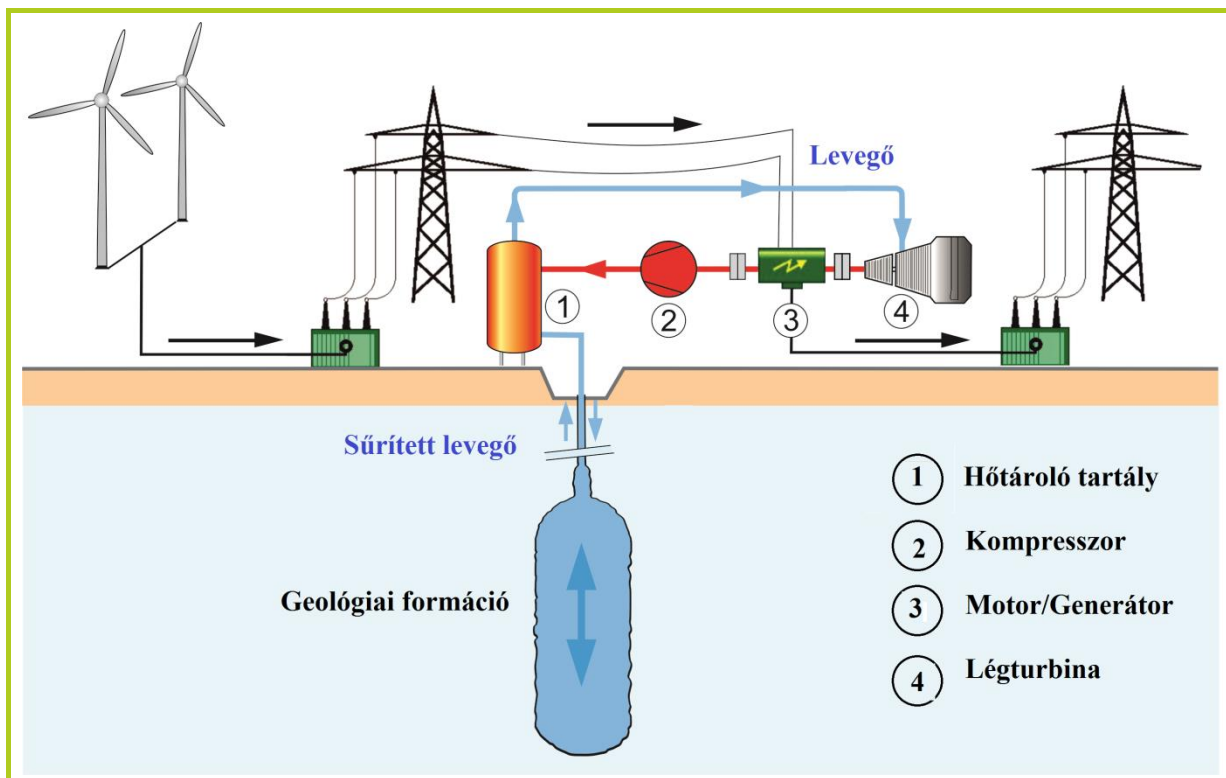
<sup>506</sup> Forrás: SUCCAR ET AL 2008: Succar, S., Williams, R. H. (2008). Compressed air energy storage: theory, resources, and applications for wind power. *Princeton Environmental Institute Report*, 8. pp. 81

<sup>507</sup> Forrás: ULMANN et. al. 2012: Kushnir, R., Dayan, A., (2012). Temperature and pressure variations within compressed air energy storage caverns. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 55(21), 5616-5630.

<sup>508</sup> Forrás: KUSHNIR, R. 2008: R. Kushnir, A. Ullmann, A. Dayan, Steady periodic gas flow around a well of a CAES plant, *Transp. Porous Media* 73 (1) (2008) 1–20.



A költségek táblázatban 8 órás kisütési időtartammal, 5 évente 67 €/kW állandó karbantartási költséggel kalkuláltunk ZAKERI, B. (2015) alapján.<sup>509</sup>



20.5 számú ábra: Egy felszín alatti SLET létesítmény vázlatja (KBB Underground Technologies)

### Felszín alatti sűrített levegős energiatárolás (SLET)

Ennél a megoldásnál sűrített levegőt pumpálnak egy felszín alatti geológiai formációba (például egy üregbe, barlangba vagy antiklinális szerkezetbe), és ilyen módon mechanikai energia formájában tárolják a villamos energiát. A felszín alatti tároló három közegbe alakítható ki:

- porózus kőzettest hézagaiba
- keménykőzet üregeibe
- sókőzetbe

Sókőzet nem található Magyarországon területén, ezért ezt a közeget nem tekintjük kivitelezhetőnek. Kemény kőzetbe a jelenlegi ismereteink szerint rendkívül költséges a tároló kialakítása, ezért ezt sem mérlegeljük. Porózus kőzettestek azonban számos helyen találhatóak Magyarországon. Ennél a közegnél sok paramétert kell figyelembe venni, de a legfontosabb a záróréteg (tipikusan agyag) és a csapdászervezet (általában antiklinális) megléte a kőzettestben.

<sup>509</sup> Forrás: ZAKERI, B. 2015: Benham Zakeri, Sanna Syri - Electrical energy storage systems: A comparative life cycle cost analysis – Renewable and Sustainable Energy Reviews, Department of Energy Technology, Aalto University, Finland. 2015. pp. 569-596

Jelenleg számos projekt zajlik ilyen jellegű tárolók kialakítására. A legkorszerűbb technológiák már hőtároló-tartályt is használnak a gépészetben, és a sűrítéskor keletkező hőt eltárolva ezzel hevítik fel a kisütéskor kiáramló levegőt, hogy fenntartsák a tágulás ütemét. Ez az irányzat az adiabatikus SLET (ASLET) elnevezést kapta. A világon működő két SLET létesítmény (Huntorf, Németország és McIntosh, Egyesült Államok) hagyományos üzemű, vagyis a keletkező hőt nem tárolják, ezért ez hulladékhőként a környezetbe távozik. Az újszerű – adiabatikus – technológia hatásfoka lényegesen jobb, 70% körüli.

### Felszín feletti sűrített levegős energiatárolás



20.6 számú ábra: Mesterséges tartályban történő sűrített levegős energiatárolás (Lapesa)

A felszín feletti sűrített levegős energiatárolás általában hatalmas tartályokban történik. Ezek kialakítása és működtetése rendkívül költséges, méretei végesek, ezért Zalaegerszegre nem javasoljuk.

#### 20.3.2 Szivattyús-tározós vízerőművek (SZET)

125 GW beépített kapacitással a SZET technológia felel a világ teljes energiatároló kapacitásának 99%-áért. Jelenleg ez az egyetlen évtizedes múlttal rendelkező, üzemanyag rásegítés nélkül működő, ipari méretű energiatárolási megoldás. A jelenlegi SZET rendszerek teljesítménytartománya 100 és 2000 MW között változik. További jellemzőjük a hosszú élettartam, a hosszú kisütési periódus és a magas hatásfok. Ennek köszönhetően a SZET napi és szezonális energiatárolóként egyaránt jól funkcionál.

Az 1990-es évek elején a SZET-ek telepítésének üteme alábbhagyott, főként a környezetvédelmi kockázatok nélkül hasznosítható területek drasztikus megfogyatkozása következtében. Napjainkban azonban újabb telepítések várhatóak, csak az EU-ban 7,4 GW kapacitás beépítését tervezték a 2009 és 2018 közötti időszakban.<sup>510</sup>

<sup>510</sup> Forrás: SIOHANSI, R. 2011: Sioshansi, R. Denholm, P., Jenkin, T. - A comparative analysis of the value of pure and hybrid electricity storage. Energy Econ 2011; 33(1):56–66.

A jövőben várhatóan a hagyományos SZET-ek helyett új típusú alkalmazások kerülnek előtérbe. Ilyen például a szennyvíztárolók vizét használó SZET, a földalatti SZET (az alsó rezervoár a föld mélyén található), a mélytengeri SZET (tengeri szélfarmokkal közösen telepítve) és egyéb innovatív megoldások (CHI-JEN, Y. 2011; SLOCUM H. ET AL 2013).<sup>511</sup> A földalatti SZET jelentőségét mutatja, hogy 2010-ig bezárólag az Egyesült Államokban a folyamatban lévő projektek 25%-a rendelkezett legalább egy felszín alatti rezervoárral.

A SZET évtizedes múltjának köszönhetően a 20.1 számú táblázatban látható költségekben jelentős csökkenés nem várható a jövőben, hiszen egy kifejelett technológiáról van szó.

A költségek összehasonlító táblázatában az állandó működési és karbantartási költségek 20 évente 84 €/kW értékre rúgnak a SZET esetében. A számok 8 órás kisütési időtartamra vonatkoznak.

	SLET Felszín feletti	SLET Földtani	Szivattyús- tározó	Power to gas	VRFB
<b>Teljesítménytartomány (MW)</b>	3-15	5-400	10-5000	0,3-50	0,03-3
<b>Kisütési időtartam</b>	2-4 h	1-24 h	1-24 h	s-24 h	s-10 h
<b>Teljes hatásfok (%)</b>	70-90	70-89	70-82	33-42	65-85
<b>Maximális tárolási időtartam</b>	napok	hónapok	hónapok	hónapok	hónapok
<b>Élettartam (év)</b>	20-40	20--40	50-60	15-20	5-10

20.1 számú táblázat: Energiatároló rendszerek összehasonlítása

### Mikro tározós erőmű

Az ún. szivattyús erőművek úgy tárolják a villamos energiát, hogy energiabőség esetén egy magas területen lévő tározóba szivattyúznak jelentős mennyiségű vizet. Majd energia hiány esetén leengedik egy vízturbinára, ahol így villamos energiát nyernek vissza. Jellemzően néhány 100 MW-os teljesítményűek ezek az erőművek. Sajnos a rendszer gazdaságossága függ a tárolómedencék nagyságától, valamint a szintkülönbségtől is. **Zalaegerszegen legfeljebb 10 MW teljesítményre képes rendszert lehetne kiépíteni, ha a felső tározó elhelyezése megoldható lenne. Azonban a számba jöhető helyek természetvédelmi engedélyeztetési aggályokat vetnek fel.** Illetve a rendszer költségét számottevően megnövelné, hogy külön szivattyú és külön turbina gépet is kellene valószínűleg beépíteni. Továbbá ekkora méretben a különböző akkumulátoros rendszerek is elérhetők már a piacon,

<sup>511</sup> Forrás: CHI-JEN, Y. 2011: Chi-Jen Yang, Robert B., J. - Opportunities and barriers to pumped-hydro energy storage in the United States, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 15, Issue 1, January 2011, 839-844 p.

SLOCUM H. ET AL 2013: Fennell G., E. Dündar, G., Hodder B., G., Meredith J. D., C., Sager M., A. - Ocean renewable energy storage (ORES) system : analysis of an under sea energy storage concept .Proc IEEE 2013; 101(4):906-24.

míg szivattyús erőműre ekkora méretben és ekkora (~100 méter) szintkülönbséggel nem találtunk megnyugtatóan működő korszerű példát. Hasonló szintkülönbséggel és méretben a németországi Mittweida-i erőmű épült 1912-ben (!) azonban ott is az alsó élővíz, ami egyben az alsó „tározó” szerepét is betölti jelentősen nagyobb vízhozamú, mint a Válicka patak.

Végül középtávon kérdéses az alsó tározóhoz tartozó élővíz mondjuk a Válicka folyamatosan elegendő vízellátása. Mindezekért **a tározós vagy más néven Micro SZET erőmű lehetőségét elvetettük.**

### 20.3.3 Vanádium-redox akkumulátorok (VRFB)

A folyadékáramos akkumulátorok elektrolitokban tárolják az energiát és nagy kapacitásuknak köszönhetően kisütési időtartamuk akár a 10 órát is elérheti (JASON, L. 2012). A VRFB kutatását és fejlesztését számos tényező alátámasztja, ilyen a hosszú élettartam (>13000 ciklus), a rugalmas kisütési időtartam és a teljesítménytartomány. Elterjedését jelenleg hátráltatja, hogy viszonylag alacsony energiasűrűséggel rendelkezik (10-75 Wh/kg), a limitált működési hőmérséklet (10-35°C) és magas beruházási költségek.

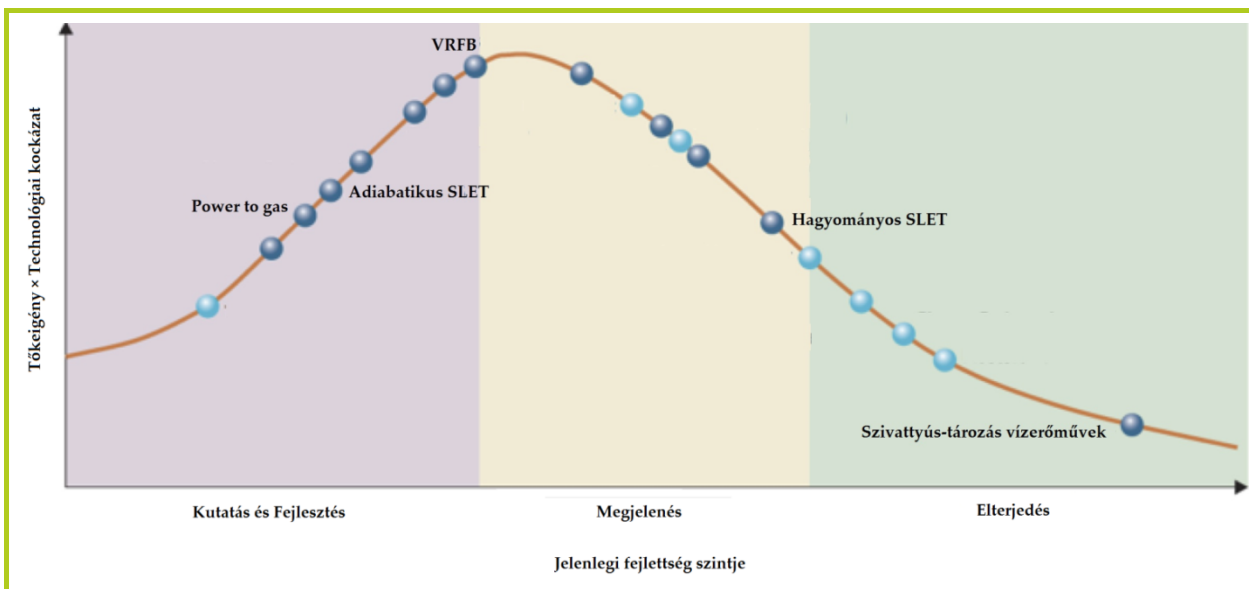
A legnagyobb működő VRFB akkumulátor Japánban található Osaka város közelében. Ez egy 3 MW teljesítményű egység, 16 perces kisütési időtartammal. Ez a 20.7 ábrán látható. A jövőben a költségek csökkenésével további előrelépés és újabb VRFB rendszerek telepítése várható.



20.7 számú ábra: Vanádium-redox akkumulátor Japánban



A VRFB esetében ZAKERI, B. (2015) alapján 25 €/kW infrastrukturális költséggel számoltunk. Ennél a technológiánál bizonyos alkatrészek cserekölsége is jelentkezik, ez a táblázatban külön nincs feltüntetve, de az LCOE számba bele van kalkulálva. Ez az érték átlagosan 130 €/kW és nagyjából az élettartam alatt 8 évente jelentkezik. A VRFB akkumulátorok LCOE költségeit ez jelentősen megdrágítja.



20.8 számú ábra: Az ismertetett energiatárolási technológiák fejlettségének stádiumai

### 20.3.4 Power to gas

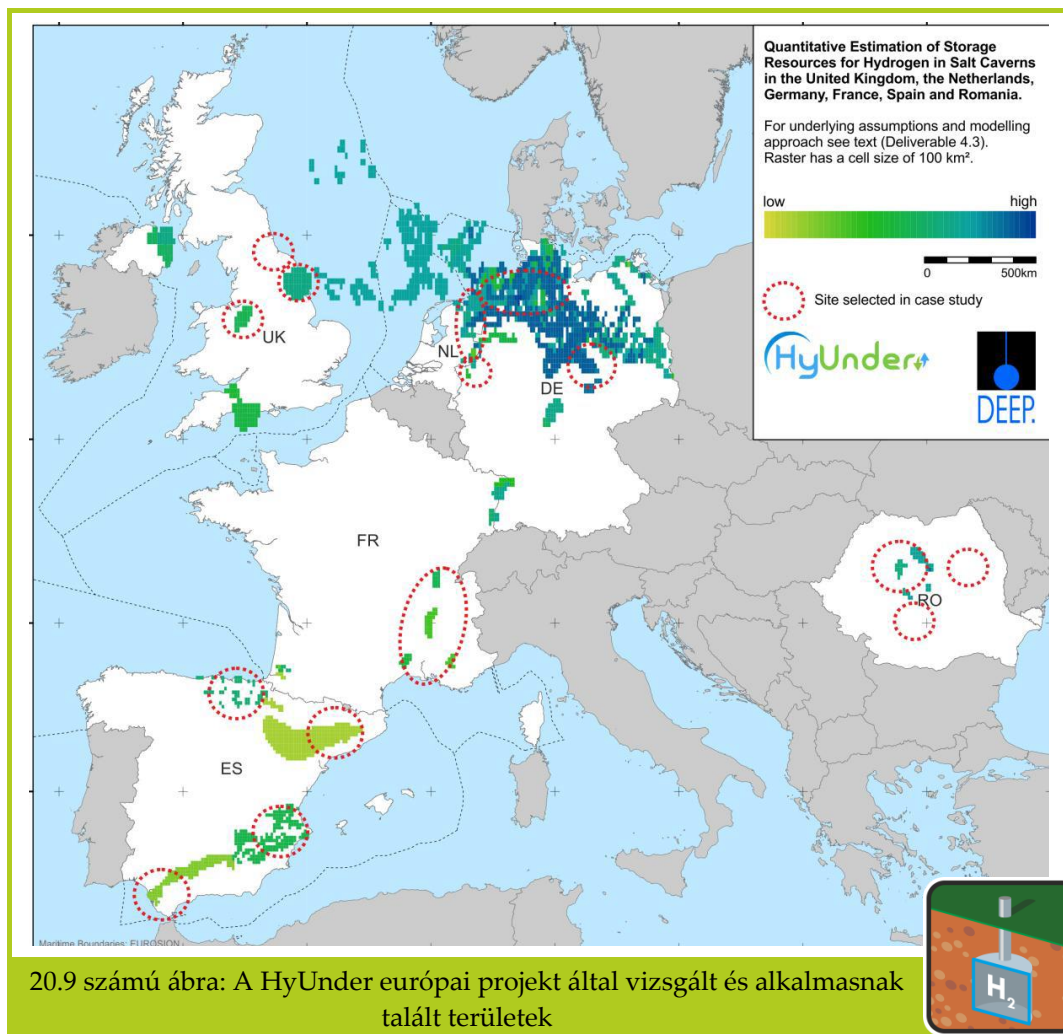
A megújuló energiák beépített kapacitásának növekedésével párhuzamosan nő az igény az energiatárolás szezonális megoldásai iránt. A gáz formájában történő energiatárolás (hidrogén vagy szintetikus metán) hatalmas előnye, hogy a technológia a meglévő szállító- és elosztóhálózattal kompatibilis. További előnyként említhető a nagy energiasűrűség és a hosszú tárolhatóság alacsony veszteségek mellett. A gázok (pl. hidrogén) felhasználása szerteágazó, funkcionálhat közlekedési üzemanyagként, közvetlenül hőt és villamos energiát lehet belőle előállítani, illetve CO<sub>2</sub> hozzáadásával szintetikus metánná alakítható.

A hidrogén tárolását mesterséges (tartály) és természetes (felszín alatti földtani formáció) közegben is meg lehet oldani. Előbbi jellemzője, hogy méretei emberi léptékben végesek és költségei ehhez mérten várhatóan nagyok. A természetes tároló közeg előnye, hogy számos helyen nagy térfogatban áll rendelkezésre. Ilyen természetes tárolóközeg lehet egy felhagyott földgázlelőhely, egy porózus kőzettest, egy kemény kőzet ürege, vagy sókőzetbe kialakított tároló.



MANDLENER, R. ET AL. (2015) szerint egy hasonló beruházás jelenleg még nem térül meg Németországban.<sup>512</sup>

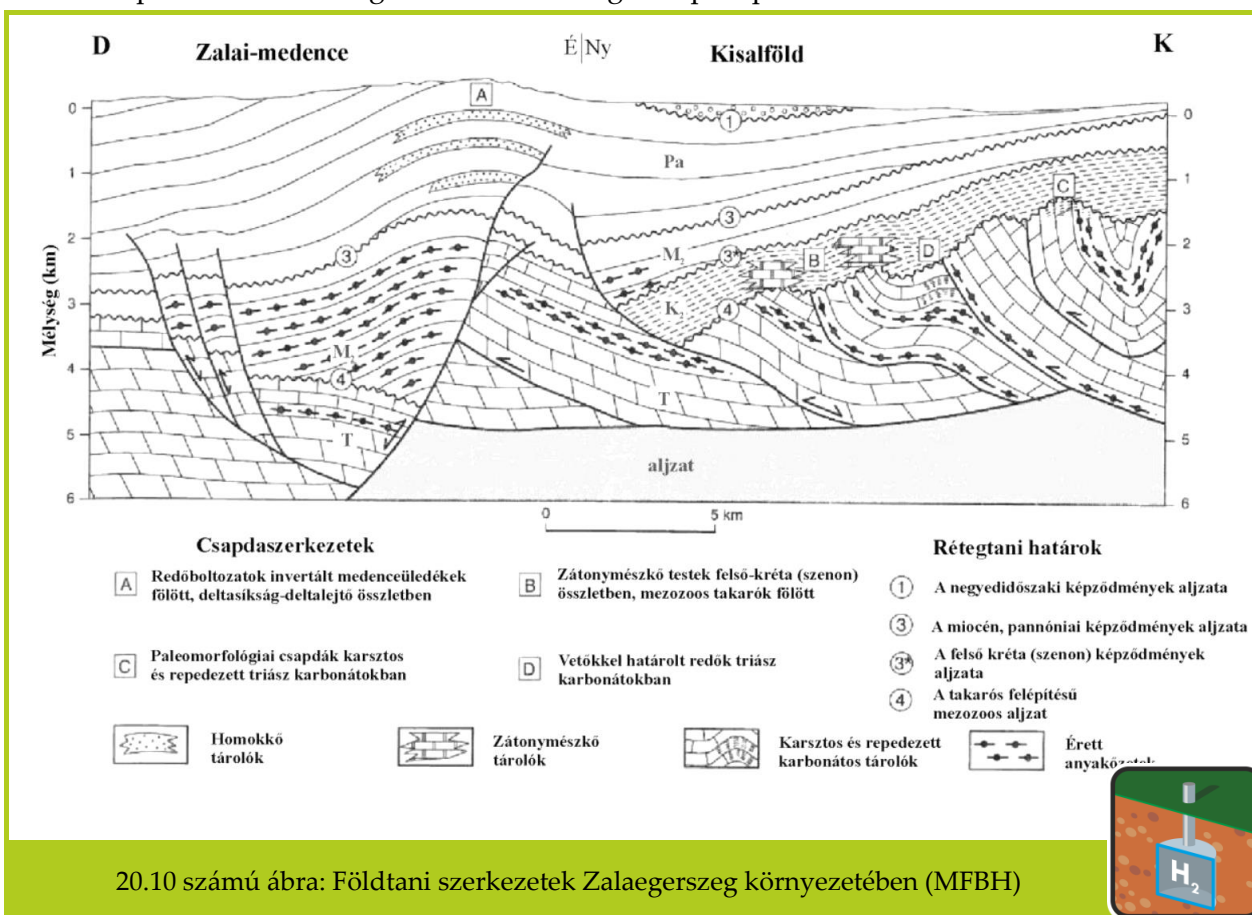
A HyUnder európai kezdeményezés célja, hogy felderítse a felszín alatti hidrogéntárolás lehetőségeit, főként geológiai és földrajzi szempontok alapján. A kezdeményezésben hat ország működik együtt (Egyesült Királyság, Franciaország, Hollandia, Spanyolország, Románia, Németország).



A HyUnder dokumentációja a Magyarországon is számos helyen előforduló felhagyott földgázlelőhelyeket és a porózus kőzettesteket is említi megoldásként. Jelenleg az európai földgáztárolás legnagyobb része ezekben a közegekben történik és nincs ez másképp Magyarországon sem. Zalaegerszegtől 15 km távolságra Pusztaedericsen működik a Magyar

<sup>512</sup> Forrás: MANDLENER, R. ET AL. 2015: Christoph Bundy, Reinhard Madlener, Christoph Hilgers - Economic feasibility of pipe storage and underground reservoir storage options for power-to-gas load balancing, Energy Conversion and Management, Germany 2015. pp. 258-266

Földgáztároló Zrt. egyik földgáztároló létesítménye. Itt a hidrogén tárolására is alkalmasnak tekintett porózus kőzetrétegbe történik a földgáz bepumpálása.<sup>513</sup>



Amennyiben a már meglévő (szénhidrogén) kutak közül valamelyik esetében a formáció is alkalmasnak tűnik, úgy igény esetén megkezdődhet a tároló kialakítása. A pontos földtani és geofizikai paraméterek megállapítása, illetve a felszín alatti geológiai szerkezetek feltérképezése hosszadalmas és költségigényes folyamat, azonban Magyarországon képzett szakemberállomány és infrastruktúra áll rendelkezésre.

Egy ilyen tároló kialakítása a szezonális energiatárolás költségeit csökkentheti, mert hidrogén formájában történő tárolás esetén két átalakítási lépés (metanizálás, gázmotorban történő elégetés) is kimaradna. Így két helyen is hatásfok növekedést érhetünk el, ami végül csökkenti a kémiai energia formájában eltárolandó villamos energia mennyiségét. 2050-ben várhatóan az üzemanyagcellák hatásfoka meghaladja majd a gázmotorok hatásfokát, ami szintén megtakarítást jelent, valamint a rendszer rugalmasságát és skálázhatóságát is növeli, hiszen az üzemanyagcellák a városközpontba (akár egy kórházba) is telepíthetőek, míg a gázmotorok károsanyag-kibocsátásuk miatt nehezebben. További járulékos előny, hogy az üzemanyagcella az addigra megjelenő hidrogénes buszok és egyéb nehéz járművek energiatárolását is megoldhatná. Ez az egész még akkor is igaz lehet, ha az eltárolt hidrogén

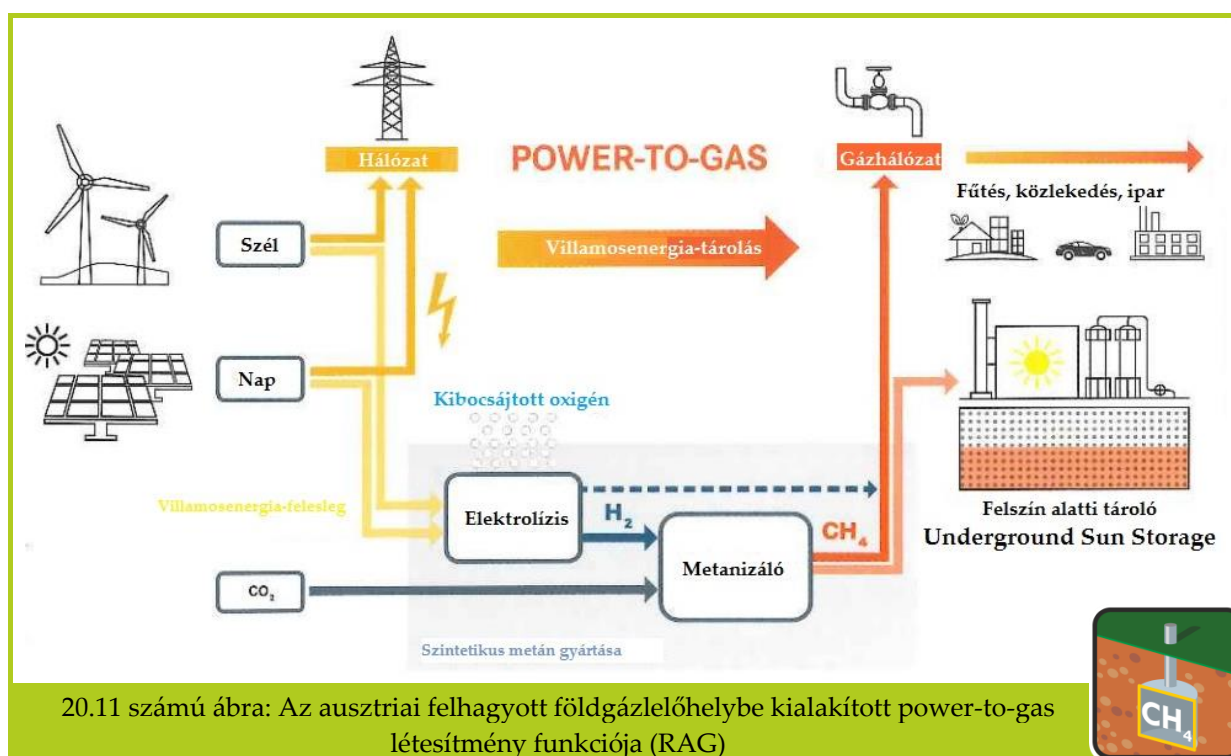
<sup>513</sup> Forrás: LORD, A. S. ET AL. 2015: Kobos, P. H. – Borns, D. J. – Geologic Storage of hydrogen: Scaling up to meet city transportation demands. International Journal of Hydrogen Energy. 2015. 39. pp. 15570-15582

bizonyos része a földtani tárolás során szivárgással eltávozik vagy elszennyeződik és tisztításra szorul.

### Az Underground Sun Storage

Ausztriában 2,8 millió euró Európai Unió támogatással létesítenek egy tárolót, amelyben megújulókból előállított villamos energiát tárolnak majd gáz formájában. Itt természetes tárolóközegként egy felhagyott földgázlelőhelyet használnak majd. A projekt az Underground Sun Storage nevet viseli és a várható összköltsége 4,5 millió euró lesz. Az üzembe helyezés várhatóan 2016-ban történik majd meg.

A projekt szempontjából párhuzam vonható Zalaegerszeggel, hiszen itt is számos helyen történt vagy történik földgáz kitermelés. Zalaegerszegtől délre 20 km távolságban található Magyarország egyik természetes tárolóközegben kialakított földgáztárolója, amely jelenleg is szezonális tárolóként üzemel és a Magyar Földgáztároló Zrt. tulajdonában áll.



20.11 számú ábra: Az ausztriai felhagyott földgázlelőhelybe kialakított power-to-gas létesítmény funkciója (RAG)

Az ausztriai projekt helyszíne a Salzburghoz közel eső Pilsbach térség. A gépészet átadása 2015 októberében megtörtént. A beruházásra sok szempontból úttörőként kell tekinteni, ugyanis a létesítmény weboldalán kiemelik: „A projekt eredményeinek jelentős hatása lesz a jövő energiarendszer stratégiájának megalkotásában, ami főként az európai vállalatok és hatóságok vezetőinek döntéshozatalában fog megnyilvánulni.”

Ezek a tapasztalatok Zalaegerszeg 2050-es célkitűzései szempontjából is kulcsfontosságúak lehetnek.



20.12 számú ábra: A létesítmény gépészete (RAG)

### 20.3.5 Szezonális energiatárolók kialakítási költségei

A költségek összehasonlításához különböző tanulmányokat hívtunk segítségül. ZAKERI, B. (2015) tanulmányában 50 életciklus analízis összefoglalását készítette el és ezekből állította össze az összehasonlító költségeket €/kWh fajlagos értékkel kifejezve. Az angol szaknyelvben használatos LCOE (levelized cost of electricity) számítása a következőképpen zajlik.

$$LCOE = \frac{\text{Az élettartam alatti összes költség a beruházási költségekkel együtt}}{\text{Az élettartam alatt kinyerhető összes energia}}$$

Az energiatároló egységek esetében ezt tekintjük a legfontosabb paraméternek és az összehasonlítást is ez alapján végeztük (ZAKERI, B. 2015).

Költségek		SLET (geológiai)	SLET (felszíni)	Szivattyús- tároló	Power to gas	VRFB <sup>514</sup>
Tőkeköltség	€/kWh	92	263	137	262	307
Átalakító egység	€/kW	843	846	513	1548	490
Infrastruktúra	€/kW	n.a.	n.a.	15	25	25
Tárolóegység	€/kWh	40	110	68	3,7	467
Állandó M&K	€/kW-év	3,9	2,2	4,6	35	8,5
Változó M&K	€/MWh	3,1	2,2	0,22	n.a.	0,9
<b>LCOE</b>	<b>€/MWh</b>	<b>134</b>	<b>159</b>	<b>120</b>	<b>416</b>	<b>353</b>

20.2 számú táblázat: Költségek összehasonlítása

A táblázatból látható, hogy a szivattyús-tárolós létesítmények mellett a felszín alatti sűrített levegős energiatárolás rendelkezik a legkedvezőbb költségekkel. A komoly lehetőségeket magában rejtő P2G (power to gas) technológia jelenleg még magas költségekkel rendelkezik, azonban előrejelzések szerint néhány évtizeden belül az LCOE költségeknek köszönhetően versenyképes lehet.<sup>515</sup>

<sup>514</sup> A VRFB akkumulátoroknál 8 évente 130 €/kW csere költség is jelentkezik ZAKERI, B. 2015 szerint

<sup>515</sup> Forrás – a német energiaátalakulásért felelős Energiewende szerint (<http://energytransition.de/2013/06/power-to-gas-competitiveness/>)

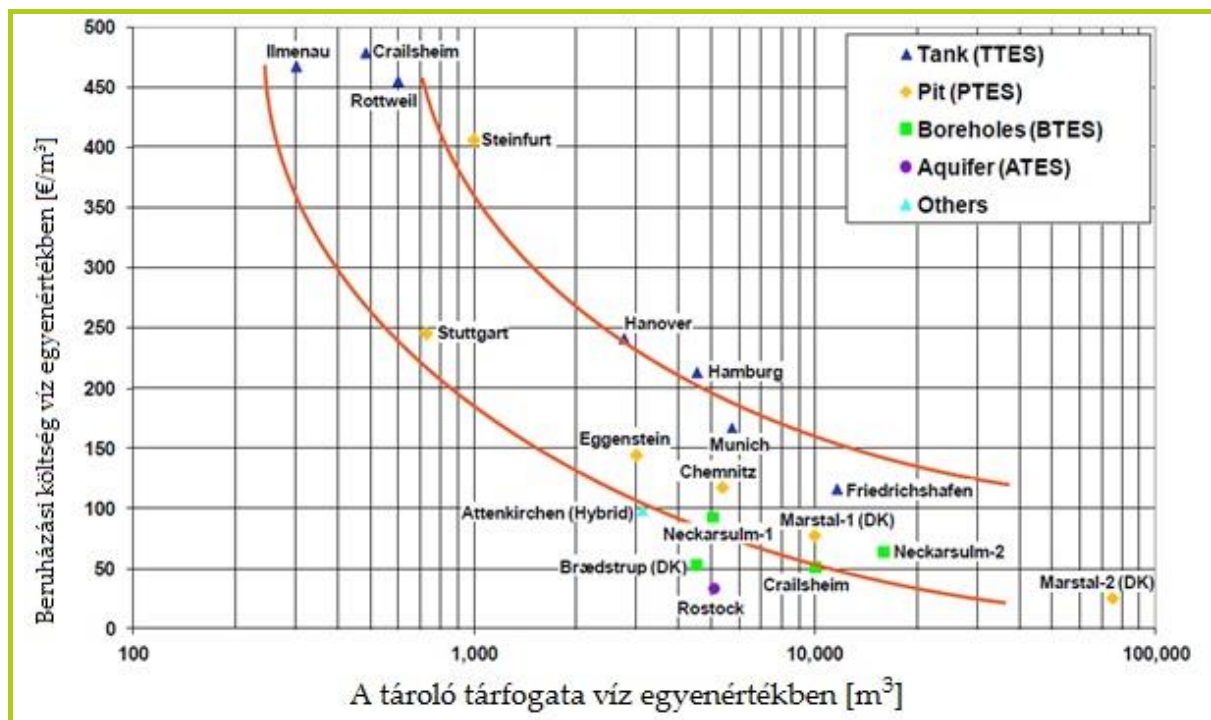


## 20.4 Szezonális hőtárolók

A megújuló energiaforrásokot tekintve a biomassza, geotermikus alapú távfűtési rendszerek és a napkollektoros fűtési rendszerek esetében szükséges lehet a nyári időszakban fel nem használt hő tárolására. A továbbiakban a szezonális hőtárolásra alkalmas technológiák kerülnek bemutatásra.

Technológia	Referencia méret	Tárolókapacitás (kWh/m <sup>3</sup> )	Előállított hőenergia ára <sup>516</sup> (€ cent/kWh)	Fajlagos költség <sup>517</sup> (€/m <sup>3</sup> )
ATES	5000 m <sup>3</sup>	30-40	Rostock 29,9	40
BTES	10000 m <sup>3</sup>	15-30	Crailsheim 19,2	50
PTES	75000 m <sup>3</sup>	55	Eggenstein 24,5	30
TTES	12000 m <sup>3</sup>	60-80	Hamburg 30,7	120

20.3 számú táblázat



20.13 számú ábra: A szezonális hőtárolók beruházási költségei a térfogat függvényében<sup>518</sup>

<sup>516</sup> Forrás: The next generations of seasonal thermal energy storage in Germany – Mangold, D. and Schmidt, T. – Solites Steinbeis Research Institute for Solar Sustainable Thermal Energy Systems

<sup>517</sup> Forrás: The future role of thermal energy storage in the UK energy system: An assesment of the technical feasibility and factors influencing adoption – UK Energy Research Centre, 2014

<sup>518</sup> Forrás:

[http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/byggeri/udredning\\_vedroerende\\_varmelagringsteknologier\\_og\\_store\\_varmepumper\\_til\\_brug\\_i\\_fjernvarmesystemet.pdf](http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/byggeri/udredning_vedroerende_varmelagringsteknologier_og_store_varmepumper_til_brug_i_fjernvarmesystemet.pdf)



#### 20.4.1 TTES – Tank Thermal Energy Storage (Hőtároló tartály)

A hőtároló tartály esetében a hőtároló közeg egy vízzel teli rozsdamentes tartály, amit leggyakrabban teljesen vagy részben a föld alatt helyeznek el. A tartály oldalról és felülről teljesen szigetelt, a legújabb beruházásoknál már a tartály alá is helyeznek szigetelést. A müncheni projekt esetében habosított üveg granulátumokat használtak szigetelésként, az oldalakon 30, míg a tetőn 70 cm vastagságban. A tartály alá 20 cm vastag habüveg szigetelés került.

Előnyei közé tartozik a helyszíntől független geometria és a magas hőkapacitás. Hátrányként említendő a véges térfogat és a magas kialakítási költségek. A diagram alapján a térfogat növekedésével egyidejűleg a fajlagos beruházási költségek csökkennek, azonban még a több ezer m<sup>3</sup> térfogatú rendszerek esetében is 100 €/m<sup>3</sup> felett marad a költség. Ezért ezt a technológiát - főként a magas beruházási költségek miatt - Zalaegerszeg esetében nem javasoljuk.



20.14 számú ábra: A müncheni hőtároló tartály építési folyamata 2006-ban<sup>519</sup>

<sup>519</sup> Forrás: MANGOLD, D., SCHMIDT, T. 2007: The next generation of seasonal thermal energy storage in Germany – Steinbeis Research Institute for Solar and Sustainable Thermal Energy Systems, Stuttgart, Germany. 2007. 8 p.

## 20.4.2 ATES – Aquifer Thermal Energy Storage (Víz tározós hő tárolás)

A víztározós szezonális hőenergia tárolás ötlete először 1976-ban bukkant fel és az óta számos megvalósult projekttel találkozhatunk. Ennél a módszernél legalább két kutat fúrnak (hideg és meleg kút), és a kőzetet használják tároló közegként, a talajvizet pedig a hő továbbítására. A folyamat során a hideg kinyerő kútból talajvizet szivattyúznak ki, ezt napenergiával felmelegítik, majd a visszasajtoló kúton keresztül újra a föld alá juttatják azt.<sup>520</sup>

Helyszín <sup>521</sup>	Drezda	Rostock	A német parlament épületei	
Mélység (m)	7-10	13-27	285-315	30-60
Porozitás	~25 %	~20 %	~30 %	~30 %
Permeabilitás	>2 $\mu\text{m}^2$	8 $\mu\text{m}^2$	2,8-4,2 $\mu\text{m}^2$	>1 $\mu\text{m}^2$
Ásványanyagok	Elenyésző	Elenyésző	29g/l	Elenyésző
Tárolási hőmérséklet	8°C	10°C	19°C	10°C

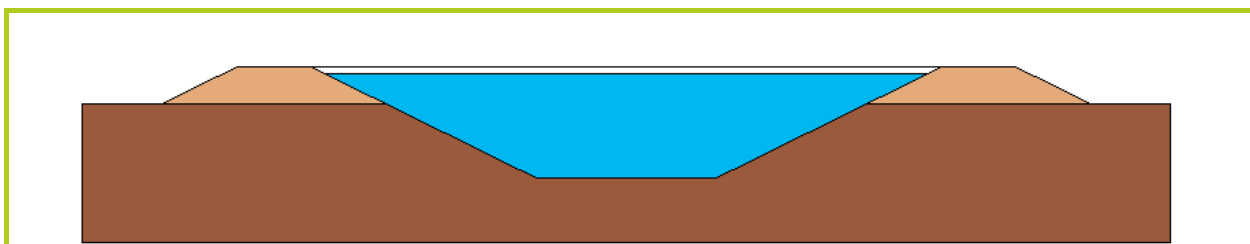
20.4 számú táblázat: A szükséges földtani formáció paraméterei

A költségeket tekintve a technológia versenyképes a többi tároló típushoz képest, azonban a kialakítás nehézsége és a kivitelező cégek európai szűkössége miatt Zalaegerszeg esetében nem javasoljuk.

## 20.4.3 PTES – Pit Thermal Energy Storage (Akna hő tároló)

Itt a tározóegység egy földbe mélyített (tó formájú) gödör, amit vízhatlan szigeteléssel bélelnek ki. A szigetelt mélyedést feltöltik vízzel és a vízfelszínre egy szigetelt, lebegő réteget helyeznek fedőként. A hosszú távú üzemelés biztosítása érdekében számos elemet körültekintően kell megtervezni.

A tároló alakját illetően több lehetőség is elképzelhető, de a legegyszerűbb és legpraktikusabb egy fejjére fordított csonka gúla, ahogy a 20.15 ábrán is látható. A földmunka költségeinek minimalizálása érdekében a mélyítéskor keletkezett földet a tározó oldalfalaihoz hasznosítják.



20.15 számú ábra: A PTES kialakításának legáltalánosabb formája<sup>522</sup>

<sup>520</sup> Forrás: WANG R., Z. ET AL. 2013: Xu, J. Li, Y. - A review of available technologies for seasonal thermal energy storage – Solar Energy 103. 2014. pp. 610-638.

<sup>521</sup> Forrás: Aquifer thermal energy storage: Projects implemented in Germany – Seibt, P. and Kabus, F.

<sup>522</sup> Forrás: <http://www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/IEA-SHC%20T45.B.3.2%20TECH%20Seasonal%20storages%20-%20Water%20Pit%20Guidelines.pdf>

A tározó oldalainak vízhatlansága több anyaggal is történhet. A megfelelő anyagválasztástól az egész létesítmény üzemideje függ. Korábban agyagot is próbáltak ilyen célra használni, de a negatív tapasztalatok miatt ma már polimert, elasztomert vagy különböző fémeket, illetve alumíniumot használnak.

A polimer és elasztomer anyagok messzemenően a legolcsóbb megoldások közé tartoznak, azonban a fémek élettartama hosszabb, illetve forró víz esetén jobb a szigetelőképességük.

A tározó tetejének anyagválasztása szintén nagyon kritikus - általában ez teszi ki a projekt költségeinek nagy részét. Dán tapasztalatok alapján jellemzően három megoldás létezik a tető típusát illetően; rugalmas-, merev- vagy ömlesztett szigetelőréteg használatos. A továbbiakban bemutatott projektek közül a Sunstore 3-as és 4-es projekt esetében rugalmas szigetelőréteget választottak, mert ez a vízen lebegve képes helyet változtatni a víz hőtágulásának következtében.

A tárolók kialakításának részletes iránymutatására szolgál a Nemzetközi Energia Ügynökség Solar Heating and Cooling Programjának dokumentuma.

Többnyire Dániában található megvalósult projekteket, amelyekből négyet az alábbiakban fel is sorolunk.

A PTES költségeit tekintve az figyelhető meg, hogy a fajlagos költségek a tároló méretének növekedésével csökkennek. 75 000 m<sup>3</sup> és 200 000 m<sup>3</sup> között az eltérés 20%-os, az előbbinél 36, míg az utóbbinál 28 €/kWh a kialakítás teljes költsége.<sup>523</sup>

	Ottrugård	Marstal, SUNSTORE 2	Marstal SUNSTORE 4	Dronninglund, SUNSTORE 3
<b>Kialakítás éve</b>	1993-1995	2003	2011-2012	2013
<b>Méret (m<sup>3</sup>)</b>	1500	10000	75000	60000
<b>Hőmérséklettartomány (°C)</b>	35-60	35-90	10-90	10-90
<b>Kapacitás (MWh)</b>	43,5	638	6960	5570
<b>Éves veszteség összesen (MWh)</b>	85	402	2475	2260
<b>Teljes költség (millió €)</b>	0,225	0,67	2,67	2,28
<b>Beruházási költség (€/m<sup>3</sup>)</b>	150	67	35,7	37,69
<b>Beruházási költség (€/kWh)</b>	<b>5,17</b>	<b>1,05</b>	<b>0,375</b>	<b>0,416</b>
20.5 számú táblázat: Dániában megvalósult hőtárolós projektek adatai (a megadott €/kWh fajlagos ár a felsorolt projektek összehasonlíthatóságát segíti)				

### Ottrugård – Dánia

A tároló az 1990-es évek végén agyagszigeteléssel lett kialakítva. Az ötletet a hulladéklerakók kialakításából merítették. A tároló kapacitása 43,5 MWh és 35-60 °C hőmérséklettel üzemel egy 560 m<sup>2</sup> felületű napkollektoros rendszerbe integrálva. Az agyagos kialakítással számos

<sup>523</sup> Forrás: <http://www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/IEA-SHC%20T45.B.3.2%20TECH%20Seasonal%20storages%20-%20Water%20Pit%20Guidelines.pdf>

probléma akadt, a napi vízveszteség elérte a 6 m<sup>3</sup> –t. Ennek köszönhetően néhány évvel az üzembe helyezés után a tárolót leengedték és a szigetelést bentonittal erősítették meg, így a napi szivárgást sikerült 1,6 m<sup>3</sup> –re csökkenteni.

### **Marstal, SUNSTORE 2 – Dánia**

Marstal területén 2003-ban épülő napkollektoros távfűtési rendszer egyik elemeként készült tárolón az **ottrupgård-i** tárolóhoz képest két lényeges módosítást vezettek be. Az agyagos szigetelést hegeszthető polietilénre cserélték. A fedél konstrukcióját megváltoztatták és a korábban fel-le mozgóval ellentétben itt rögzítettet használtak, a helyszínen összeszerelhető kialakítással.



### **Marstal, SUNSTORE 4 – Dánia**

A létesítmény 2010-ben nyert EU-s támogatást a terület távfűtési rendszerének további bővítésére (a jelenlegi H2020 Európai Unió pályázati forrás elődjében a 7-es Frameworkben nyerte a támogatást).

<sup>524</sup> Forrás: Final Technical Report, SUNSTORE 2. Marstal Fjernvarme, 2005.)





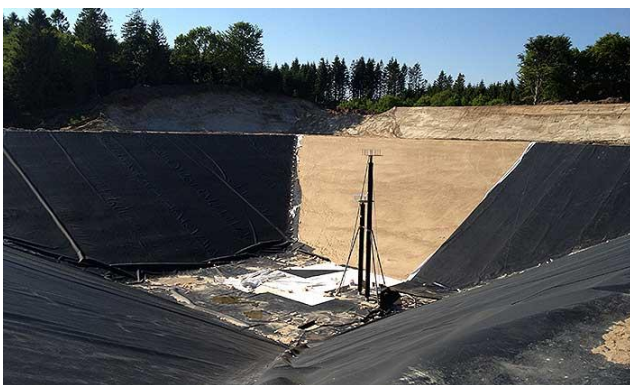
20.17 számú ábra: A Marstal-i létesítmény az építkezés közben (jobb oldal), illetve az átadás után (bal oldal)



20.18 számú ábra: A Marstal-i létesítmény építése alatt<sup>525</sup>

### Dronninglund, SUNSTORE 3

A Dronninglund távfűtési rendszer 2009-ben nyert EU-s támogatás egy 35 000 m<sup>2</sup> –es napelemes és 60 000 m<sup>3</sup> –es hőtároló kialakítására. A marstali projektek tanulságaiból levont következtetések miatt itt is számos újítást alkalmaztak. A vizet állandóan tisztítják, a pH-t konstanson tartják stb. Ez a legújabb és legjobban üzemelő rendszer, a méretgazdaságosság szempontjai az 20.5 táblázat alapján is tökéletesen megvalósultak. **A tapasztalatok mértékét és a kivitelezők kínálatát tekintve a 100% megújulás forgatókönyvben Zalaegerszeg számára ezt a technológiát javasoljuk.**



20.19 számú ábra: Egy PTES kialakítási folyamata (burkolás) Dronninglund, Dánia<sup>526</sup>

<sup>525</sup> Forrás: <http://goo.gl/9e2xPt>

<sup>526</sup> Forrás: <http://www.jakobsen-blindkilde.dk/dronninglund-sunstore-3.html>

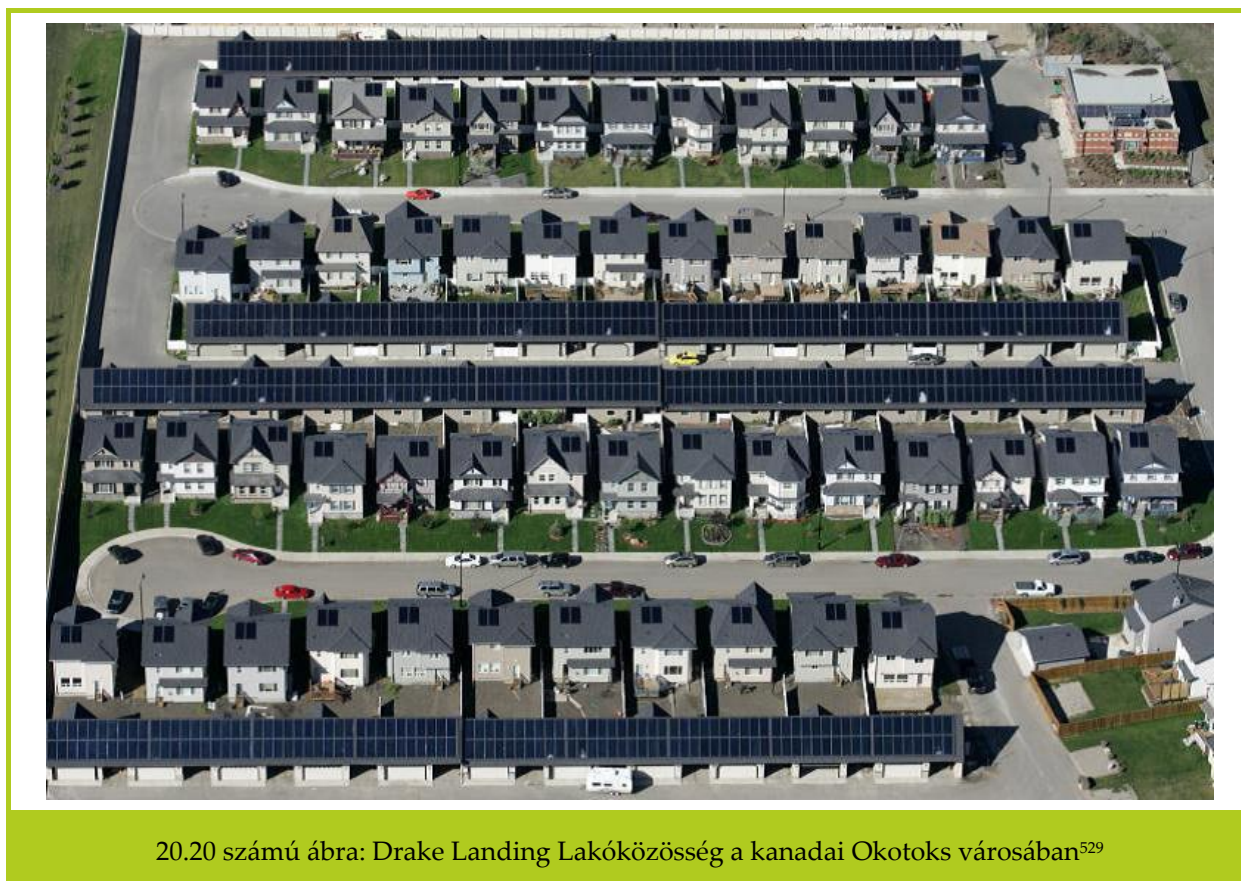


#### 20.4.4 BTES – Borehole Thermal Energy Storage (Talajszondás Hőtároló)

A talajszondás hőtárolás esetében a hőt közvetlenül a talajban tárolják. Ennél a technológiánál nincsen elszigetelt tárolóközeg, a hőt talajszondákon keresztül közlik a földdel.

##### Drake Landing

Az első nagyszabású napenergiával működtetett talajszondás hőtárolót a kanadai Okotoks városában helyezték üzembe 2007-ben. A rendszer egy 52 házból álló lakóközösséget szolgál ki. Ennél a projektnél 144 lyukat mélyítettek és ennyi talajszondát helyeztek üzembe 35 méteres mélységben.<sup>527</sup> Négy évvel a beruházás megvalósulása után a létesítmény a teljes lakóközösség hőigényének 97%-át tudja kielégíteni a téli időszakban, ezzel a világon egyedülállónak számít.<sup>528</sup> Ez a projekt bizonyítja a napenergia szezonális tárolhatóságát olyan magas szélességi körön is, mint az északi szélesség 50°.



20.20 számú ábra: Drake Landing Lakóközösség a kanadai Okotoks városában<sup>529</sup>

<sup>527</sup> Forrás: WANG R., Z. ET AL. 2013: Xu, J. Li, Y. - A review of available technologies for seasonal thermal energy storage – Solar Energy 103. 2014. pp. 610-638.

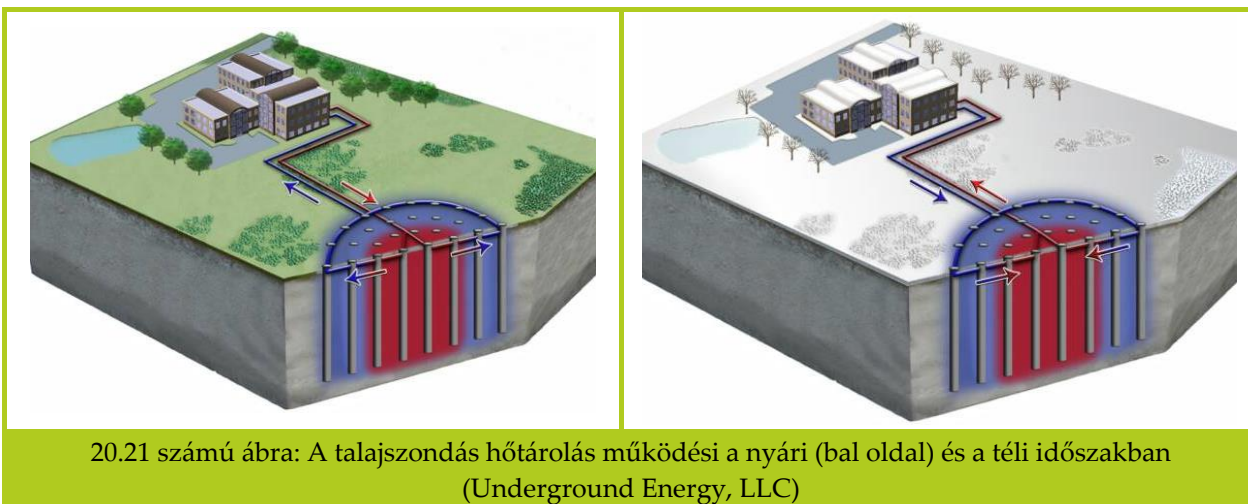
<sup>528</sup> Forrás: GAO, L. ET AL. 2015: Jun, Z. and Zipeng, T. - A Review on Borehole Seasonal Solar Thermal Energy Storage. Energy Procedia 70. 2015. pp. 209-218.

<sup>529</sup> Forrás: [www.canada.com](http://www.canada.com)

## Anneberg

A stockholmi Anneberg projekt az első, amelyet kristályos kőzetbe kiviteleztek.<sup>530</sup> A rendszer 2400 m<sup>2</sup> napkollektort és 100 darab 65 méter mélységbe lefúrt talajszondát tartalmaz. A talajszondák dupla U csövekkel vannak szerelve. A rendszert 50 lakóépület (átlagosan 120 m<sup>2</sup> alapterület) hőigényének kielégítésére tervezték. Néhány év tapasztalata alapján úgy találták, hogy a hőigény 70%-át tudja fedezni a létesítmény.

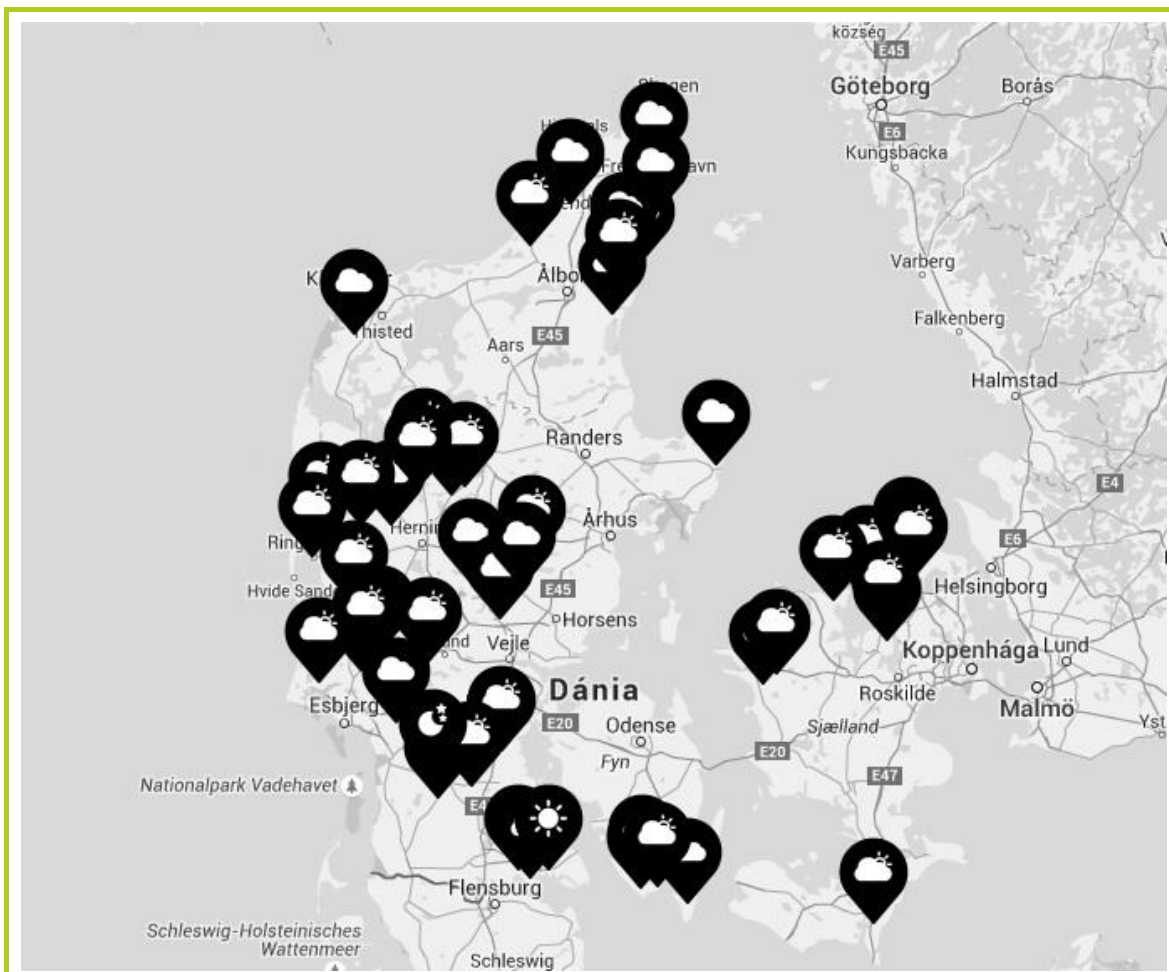
A költségeket tekintve a közösségi beruházás gyakoribbnak tűnik, a talajszondás rendszerek általában 5-10 év alatt térülnek meg.<sup>531</sup>



A legtöbb szoláris energiával működő távfűtés Dániában üzemel, ezt szemlélteti a következő térkép. A távfűtés rendszerbe integrált szezonális hőtárolók esetében a jövőben mérsékelt fejlődés várható. **Zalaegerszeg geotermikus adottságait figyelembe véve a műemlék és közintézmények esetén ideális lehet a távfűtés (szoláris távfűtés) kialakítása és ennek kiegészítése szezonális hőtárolóval.**

<sup>530</sup> Forrás: LUNDHM M. AND DALENBÄCK, J. O., 2008: Swedish solar heated residential area with seasonal storage in rock; initial evaluation. Renewable Energy 33, pp. 703-711.

<sup>531</sup> SOCACIU G., L. 2011: Seasonal Sensible Thermal Energy Storage Solutions - Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies, Issue 19. 2011. pp. 46-68.



20.22 számú ábra: Szoláris távfűtési rendszerek Dániában<sup>532</sup>

<sup>532</sup> Forrás: <http://www.solvarmedata.dk/index.asp?secid=228>

## 21. Zöld közbeszerzés

A zöld közbeszerzés a közszféra olyan beszerzési koncepciója, mely során figyelembe veszik a környezetvédelem szempontjait, és olyan megoldásokat keresnek, melyek életciklusuk során a lehető legkisebb hatást gyakorolják a környezetre. A zöld közbeszerzést az ökováros stratégia elemeként javasoljuk kezelni. Jelen fejezetben elsősorban az energetikai szempontokat vizsgáltuk.

A környezettudatos magatartás elterjedése a piacot is befolyásolja. Ezen keresztül pedig növeli az igényt a környezetbarát és az energiahatékony termékek iránt. Az ilyen jellegű közbeszerzések ösztönzik az innovációt és az új technológiai megoldások fejlesztését.

A zöldítésre több alkalmas termékcsoporthoz is kínálkozik. Többek között az irodai IT eszközök közül a számítógépek, monitorok, laptopok, multi funkciós készülékek, nyomtatók, faxok, fénymásolók. Ezek mellett a világítási termékek, a háztartási eszközök, a papír és nyomdaipari termékek és a közlekedésen belül a buszok és a személyautók stb.

### 21.1 Tanúsítványok és ökocímkék bemutatása

Európa szerte számos ökocímkével találkozni, azonban ezek nem egységesek és az emberek legnagyobb része nem is ismeri őket. A következőkben bemutatjuk a legnagyobb jelentőséggel bíró európai tanúsítványokat, és azokat az energetikához kapcsolódó termékeket, amelyekre iránymutatást adnak.

A termékeket mindegyik ökocímke esetében harmadik feles ellenőrzésnek vetik alá, ezzel garantálva, hogy az elbírálás objektív módon történik. A harmadik feles ellenőrzésen kívül a termékek esetében soktényezős környezeti ellenőrzésre is sor kerül. Ebben figyelembe veszik a termék teljes életciklusa alatt okozott környezeti károkat, az ökológiai lábnyomot, a gyártáshoz és a használathoz kapcsolódó klímavédelmi tényezőket.

Mindegyik ökocímke a termékek más és más területét célozza meg, azonban köztük jelentős számú átfedés található. **A megfelelő ökocímkés termék kiválasztásával az önkormányzat biztosítani tudja a lehető legmagasabb környezeti minőségű termékek beszerzését, akár a közbeszerzések során is. Az önkormányzat ennek köszönhetően elősegítheti a fenntartható társadalomra, gazdaságra és energiarendszerre való átállást, „világítótorony” szerepet betöltve a városban.**

Az Európai Unió eurobarométer felmérése szerint a magyarok 40,6%-a el sem olvassa, és további 32,5%-a nem veszi figyelembe a termékek ökocímkéjét, ez az érték egész Európában



rendkívül rossznak számít. Zalaegerszeg esetében is fontos lehet az emberek tájékoztatása már egészen kiskortól kezdődően.

**Azt javasoljuk, hogy Zalaegerszeg esetében a beszerzéseket lehetőség szerint próbálják olyan termékekre korlátozni, amelyek a következőkben bemutatott öko címkék valamelyikével van ellátva.**

#### **TCO – Számítástechnikai öko címké**

A TCO egy harmadik feles minősítéssel működő öko címké, amelyet elektronikus informatikai készülékek esetén használnak<sup>533</sup>. A minősítés a nemzetközi szabványoknak megfelelően történik (ISO/IEC 17025). A termékek között szerepelnek számítógépek, laptopok, táblagépek, okostelefonok képernyők stb. A tanúsításnál nagy hangsúlyt fektetnek a termékek életciklusa alatt okozott környezeti terhelésre, beleértve a gyártást, a használatot és a használat utáni periódust is.

Amennyiben az önkormányzat az informatikai beszerzések során (akár közbeszerzés) figyelmet fordít a TCO öko címké meglétére, úgy biztosítja, hogy a beszerzésre kerülő készülékek minden energetikai, klíma- és környezetvédelmi, társadalmi szempontnak megfelelnek, valamint nem tartalmaznak ritka (nehezen bányászható) anyagokat és az újrahasznosításuk biztosított.

#### **Blue Angel – Németország öko címkéje**

A német kormány által bevezetett öko címké a legnagyobb hagyománnyal rendelkezik a világon, jelenleg több mint 12000 termék rendelkezik ilyen minősítéssel.<sup>534</sup>

Az önkormányzat számára a Németországból beszerzésre kerülő termékek közül segít kiválasztani azokat, amelyek magas környezeti minőséget képviselnek és segítenek leszorítani a használat költségeit (például energiahatékonyság által).



21.1 számú ábra: A Blue Angel (balra) és a TCO informatikai (jobbra) öko címké logója

<sup>533</sup> Forrás: <http://tcodevelopment.com/>

<sup>534</sup> Forrás: <https://www.blauer-engel.de/en/our-label-environment>



### EU Ecolabel – Az Európai Unió ökocímkéje

Az Európai Unió ökocímkéje is a termékek teljes életciklusa során okozott környezetterhelést vizsgálja, és a fogyasztóknak segít meghatározni, hogy mely termékek teljesítik a kor legszigorúbb szabályait. Ez az 1992-ben létrehozott ökocímke több mint 44000 terméket foglal magában. Az ökocímke használatának keretei az Európai Unió szabályrendszerbe vannak beépítve.

### Nordic Swan – Skandináv országok ökocímkéje

Az EU megoldásánál sokkal több termék esetében használt a Nordic Swan nevet viselő, az északi országok által 1989-ben bevezetett (Dánia, Izland, Svédország, Finnország, Norvégia) ökocímke, ami az energetikai vonatkozású termékek közül kitér például az épületek homlokzatára, a kályhákra és a hőszivattyúkra is. A címke a nemzetközi szabványoknak megfelelően van kialakítva (ISO 14024 type 1).



21.2 számú ábra: Az Európai Unió (balra) és a Skandináv országok (jobbra) ökocímkéje

## 21.2 Energiahatékony irodai berendezések beszerzése

Jogszabályi háttér:

Az Európai Parlament és a Tanács 106/2008/EK rendelete (2008. január 15.) az irodai berendezésekre vonatkozó közösségi energiahatékonysági címkézési programról.

Létezik egy adatbázis az Európai Unióban Energy Star címkével ellátott irodai berendezésekről:

<https://www.energystar.gov/products>

Javasoljuk, hogy az irodai eszköz beszerzésekkor előnyben részesítsék az ebben az adatbázisban szereplő irodai berendezéseket, hiszen hosszú távon ez is hozzájárul a kifizűött

cél eléréséhez.

### 21.3 Energiahatékony szerverek és számítógépek beszerzése

Az Energy Star jelölésen túl egyes számítógép alkatrészekre – pl. tápegység - illetve a szerverekre további ajánlások és adatbázisok is elérhetők.

Számítógép tápegységekre vonatkozó adatbázis (elsősorban szervereknél fontos, hiszen azok a hét minden napján az év minden órájában működnek):

<http://www.plugloadsolutions.com/80PlusPowerSupplies.aspx>

Ezeknek a számítógép (szerver) tápegységeknek ma már a tipikus hatásfoka (50%-os terhelés mellett) akár 96%-is lehet. A gyakorlatban a részterhelések fordulnak elő legtöbbször ezért a kis terheléseken magas hatásfokú típusokat kell előnyben részesíteni.<sup>535536537</sup>

### 21.4 Alacsony gördülési ellenállású gumiabroncsok

A gördülési ellenállás legyőzése átlagosan a gépkocsi üzemanyag-fogyasztásának 20%-át teszi ki, vagyis minden ötödik tank benzin erre fordítódik. A gumiabroncs biztosítja a kapcsolatot a gépjármű és az út között, emiatt valamekkora gördülési ellenállás és valamilyen mértékű veszteség elkerülhetetlen. Ebben a tulajdonságban is meg lehet keresni az optimálisat. Az alacsony gördülési ellenállású gumiabroncsok kivételes kopási és tapadási jellemzőkkel rendelkeznek. Így sokkal hatékonyabbak például a fogyasztási mutatók, mint egy átlagos gumiabroncsnál, és csökken a gépkocsi átlagos szennyezőanyag kibocsátása is.

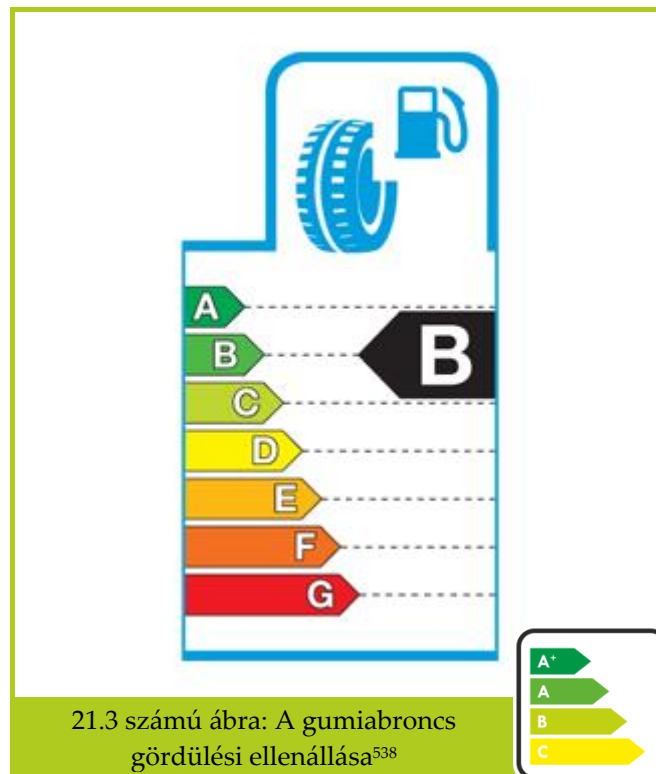
Az üzemanyag-hatékonyság szerint a gumiabroncsokat A – F kategóriába lehet besorolni. Az „A” kategória a legjobb besorolás, míg az „F” a legrosszabb. A Dunlop gyártó szerint amennyiben „A” kategóriás abroncsokat választunk, „F” helyett akár 15%-kal is csökkenthetjük a jármű üzemanyag-fogyasztását.

---

<sup>535</sup> <http://www.thegreengrid.org/>

<sup>536</sup> <http://ec.europa.eu/ecat/>

<sup>537</sup> <https://www.blauer-engel.de/en/s/Search>



21.3 számú ábra: A gumiabroncs gördülési ellenállása<sup>538</sup>

Az abroncs címke jelölése szerint az „A” osztályba tartozó, alacsony gördülési ellenállással rendelkező autógumik, a Yokohama gyártó cég szerint 7,5%-15%-al is csökkenthetik a gépjármű üzemanyag-fogyasztását a „G” osztályba tartozókhoz képest.<sup>539</sup>

A jövőben mindenképpen érdemes a különböző beszerzések folyamán ún. soros hajtásláncú autókat beszerezni, illetve olyan elektromos autókat, melyek chademo töltő csatlakozóval rendelkeznek. Az ilyen csatlakozón keresztül biztosítható a legkönnyebben a hálózat felé való energia visszatáplálás lehetősége.

## 21.5 Meglévő gépjárművekre guminyomás érzékelők felszerelése

„Abroncsnyomás-ellenőrző rendszer”: olyan járműbe beépített rendszer, amely képes az abroncsnyomásnak és a nyomás idővel történő változásának az értékelésére, és menet közben továbbítja a megfelelő információkat a jármű vezetőhöz;

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2009R0661:20120711:HU:PDF>

TPMS: Tire Pressure Monitoring System, azaz gumiabroncs nyomásellenőrző rendszer

<sup>538</sup> <http://www.yokohama.hu/Abroncslexikon/Abroncsminosites>

<sup>539</sup> [http://www.dunlop.eu/dunlop\\_huhu/what\\_sets\\_dunlop\\_apart/eu-tire-label-explained/truck/fuel-efficiency/](http://www.dunlop.eu/dunlop_huhu/what_sets_dunlop_apart/eu-tire-label-explained/truck/fuel-efficiency/)



21.4 számú ábra: Pirelli K-pressure nevű terméke – utólag is felszerelhető gumiabroncsnyomás ellenőrző

*Ajánlott szakirodalom:*

KATONAI GÉPÉSZET ÉS ROBOTIKA, VÉG RÓBERT LÁSZLÓ–PALKOVICS ANDRÁS  
GUMIABRONCS NYOMÁSELLENŐRZÉSE, TIRE PRESSURE MONITORING<sup>540</sup>

Az új gépjárművek beszerzésekor már a legtöbb márkánál választható tartozék a TPMS kiegészítés.

2014. november 1-jétől a nemzeti hatóságok megtiltják az olyan, M1 kategóriájú új járművek nyilvántartásba vételét, értékesítését és forgalomba helyezését, amelyekbe nincs beszerelve a 64. számú ENSZ-EGB-előírás 02. módosítássorozatának 1. helyesbítésében megállapított vonatkozó követelményeknek megfelelő abroncsnyomás-ellenőrző rendszer.<sup>541</sup>

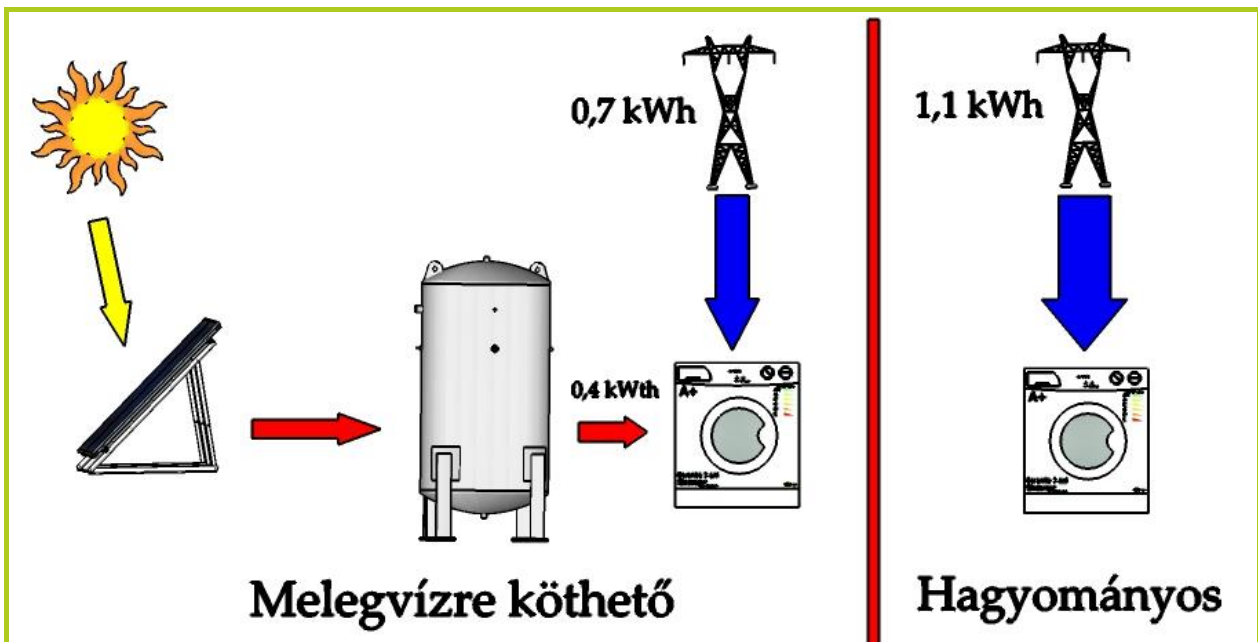
## 21.6 Melegvízre köthető mosó- és mosogatógépek

A manapság elterjedt mosó- és mosogatógépek többsége csak hideg vizes bekötéssel rendelkezik, és a meleg vizet működés közben, saját magának állítja elő villamos energia felhasználásával.

A legkorszerűbb mosógépeknél hideg- és melegvíz csatlakozást is ki kell építeni. Ezek a gépek a meleg vizet mosásra, a hideget pedig öblítésre képesek felhasználni.

<sup>540</sup> <http://uni-nke.hu/downloads/bsz/bszemle2013/1/02.pdf>

<sup>541</sup> Forrás: <http://eur-lex.europa.eu/Notice.do?mode=dbl&lang=hu&ihmlang=hu&lng1=hu,hu&lng2=bg,cs,da,de,el,en,es,et,fi,fr,hu,it,lt,lv,mt,nl,pl,pt,ro,sk,sl,sv,&val=680236:cs>



21.5 számú ábra: A melegvízre köthető mosógéppel ~40%-os villamosenergia-megtakarítás érhető el (Havas M.)

A melegvízre történő rákötés csak akkor számít előnyös választásnak, ha a melegvíz forrása **hőszivattyú, napkollektor** vagy **biomassza-kazán**, - kályha, illetve - kandalló.

A fenti ábrán egy hagyományos (jobb oldal) és egy napkollektoros rendszerben működő (bal oldal) mosógép villamosenergia-fogyasztása látható. A napkollektor a nap energiájával a puffertartályon keresztül előmelegített vizet juttat a mosógépbe, így egy napkollektoros rendszerben (napkollektor, puffertartály) működő átlagos, 6 kg-os mosógép fogyasztása mosásonként nagyjából 40%-os villamosenergia-megtakarítást jelent.

### 21.7 Nyílászáró beszerzése zöld szempontok szerint

Fontos, hogy azoknál az épületeknél ahol anyagilag nem megoldható a háromrétegű üvegezés, ott is kerüljön kialakításra a minimum 70 mm-es tokvastagság, fa esetében pedig minimum 88 mm-es tokvastagság a három rétegre való korszerűsítés és a minimálisan elvárható hőszigetelés miatt.

### 21.8 DALI világítási rendszer

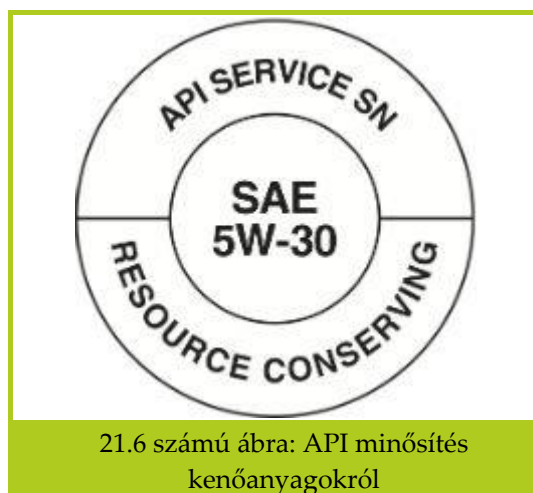
A DALI-t a vezető elektronikus előtétgyártók fejlesztették ki, hogy egységes szabványt biztosítsanak a világítástechnikai berendezések vezérlésére. Így a különböző használatokhoz jól beállítható világítási sémák alakíthatók ki, melyek végső soron ezek energiafogyasztásának csökkenését jelentik, hiszen feleslegesen nem világítanak meg a szükségesnél jobban egyes területeket. Színházaknál, konferencia termeknél, művelődési központoknál ilyen lámpákkal



szokás a finoman hangolt energiafelhasználás igényét megvalósítani, ezért ezeken a területeken erre felkészített lámpák beszerzését javasoljuk.<sup>542</sup>

### 21.9 Ellenőrzött, minősített tüzelőanyag fogyasztás csökkentő kenőanyagok használata a gépjárművekben

Az Amerikai Kőolajipari Intézet, az API (American Petroleum Institute) minősítést ad ki a jármű motorokban használt kenőanyagokról, azaz a motorolajokról is. Mind a benzin, mind pedig a gázolaj üzemű gépjárművekre is.



21.6 számú ábra: API minősítés kenőanyagokról

Ilyen jelölésű olajok használata esetén 2%-os tüzelőanyag-fogyasztás csökkenés várható. Bár a megtakarítás nem tűnik jelentősnek, ebben a minősítésben megítélésünk szerint ebben meg lehet bízni, mivel a világ több száz élvonalbeli egymással versengő kenőanyag gyártói is elfogadják ezt a minősítést. Illetve futásteljesítmény függvényében gazdaságos is lehet ilyen minősítésű kenőanyagot beszerezni amellet, hogy igazolható motorvédő funkciói is. Ezek az olajok kénmentesek.<sup>543</sup>

A jövőbeli tetőfelújítások során fontos, hogy a tetőszerkezetet úgy újítsák fel, hogy később a napelemek, napkollektorok elhelyezése ne jelentsen statikai vagy vízzárási gondot.

### 21.10 Léghűtőgépek, klímagépek beszerzése

A léghűtőgép beszerzése előtt mindenképpen vizsgálni kell az árnyékolhatóság megvalósíthatóságát. Mivel a túlmelegedés legtöbbször a nyílászárókon bejutó napfényből ered.

<sup>542</sup> Forrás: [http://vili.pmmf.hu/~mate/oktatas/VilTech\\_seg%E9dletek/Osram%20f%E9nyforr%E1sok/08\\_Osram\\_elektronikus\\_elotetek\\_2.pdf](http://vili.pmmf.hu/~mate/oktatas/VilTech_seg%E9dletek/Osram%20f%E9nyforr%E1sok/08_Osram_elektronikus_elotetek_2.pdf)

<sup>543</sup> Forrás: [http://www.api.org/~media/Files/Oil-and-Natural-Gas/Engine%20Oil/MOTOR\\_OIL\\_GUIDE\\_2010\\_120210.pdf?la=en](http://www.api.org/~media/Files/Oil-and-Natural-Gas/Engine%20Oil/MOTOR_OIL_GUIDE_2010_120210.pdf?la=en)

Szintén fontos, hogy a léghűtők beszerzésénél a levegő-vizes típusokat preferálják, amelyek magas hatásfokú hőszivattyúként is képesek működni. A hőszivattyúknál a „Smart Grid Ready” (lásd Hőszivattyúk fejezet) típus kell alkalmazni, kedvező hatékonysága miatt.

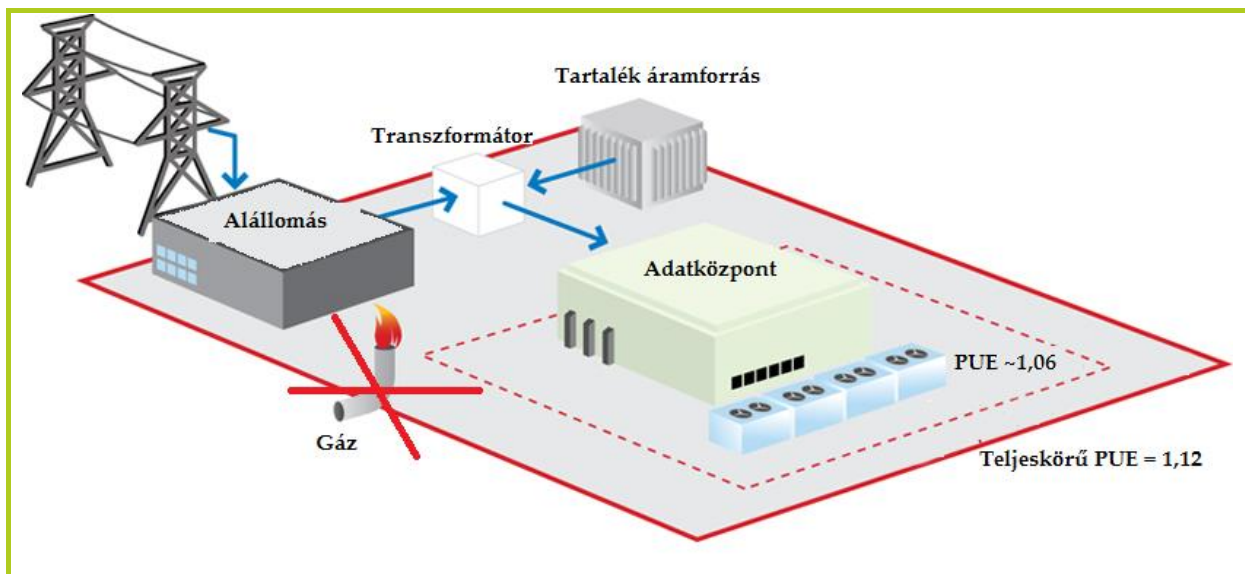
### 21.11 Szerver termék zöld közbeszerzéssel történő megvalósítása

A szervertermék hatékonysága az úgynevezett PUE (Power Usage Effectiveness) jelzőszámokkal írható le.

PUE: A számítógépközpontok energiafogyasztásának aránya a létesítmény teljes energiafelhasználásához viszonyítva.

Az 1 PUE érték a legideálisabb viszont ez gyakorlatilag megvalósíthatatlan az információs központok hűtési nehézségei miatt. A Google által elért 1,2 PUE érték már igen hatékonynak számít.

Napjainkban a magyarországi információs központok az ország teljes energiafelhasználásának 1-2%-t teszik ki évente. Amennyiben Zalaegerszeg városi adatközpontot hoz létre a közeljövőben, akkor annak PUE értékét mindenképpen 1,5 alatt javasoljuk tartani. Ma már ez egy elvárható érték az energiahatékony, zöld szerverközpont létrehozásánál.



21.7 számú ábra: Adatközpont ábrázolása<sup>544</sup>

Egy jól működő adatközpont fűtéséhez nincs szükség gáztüzelésre, mivel a fűtési igényeket a hulladékhőből is meg lehet oldani.

<sup>544</sup> <https://www.google.com/about/datacenters/efficiency/internal/>  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Power\\_usage\\_effectiveness](https://en.wikipedia.org/wiki/Power_usage_effectiveness)

## 21.12 Cradle to Cradle

A bölcsőtől bölcsőig elv, más néven Cradle to Cradle (C2C) egy életcikluson alapuló rendszer, mely az egyik fontos eleme a zöld közbeszerzésnek.

A bölcsőtől bölcsőig a rendszertervezés egy bionikus megközelítése, mely az ember által létrehozott ipart természeti folyamatokkal modellezi, az anyagokat táplálékoknak vagy tápanyagoknak tekinti, amelyek egy zárt rendszerben keringenek.

A bölcsőtől bölcsőig elvet egy mindenre kiterjedő rendszernek tekintjük, mely a hulladékok kiküszöbölésével kíván javakat előállítani.

Tágabb értelemben a C2C elv nem csak az ipari tervezésre és a termékek előállításra vonatkozhat, hanem a városi környezetre és az épületekre is.

A C2C minősített termékek, mint zöld közbeszerzési kritérium alkalmazását elsősorban kiemelkedő minőségű (prémiumkategóriás) pl.: műemlék felújításokhoz javasoljuk.



21.8.számú ábra: „cradle to cradle” logo<sup>545</sup>

## 21.13 Minősített beszerzések: szigetelőanyag, napelem, LED világítás

### C2C minősített szigetelőanyag

A Styrofoam XP típusú épületszigetelő nagy nyomószilárdsággal és nedvesség ellenállással rendelkezik. Ennek megfelelően a szigetelő táblák könnyen alakíthatók és telepíthetők egy adott helyre. Felhasználásuk kerti tetőknél, üregek falaknál lehetséges.<sup>546</sup>

<sup>545</sup> Forrás: <https://giveitacrapshoot.wordpress.com/tag/c2c/>

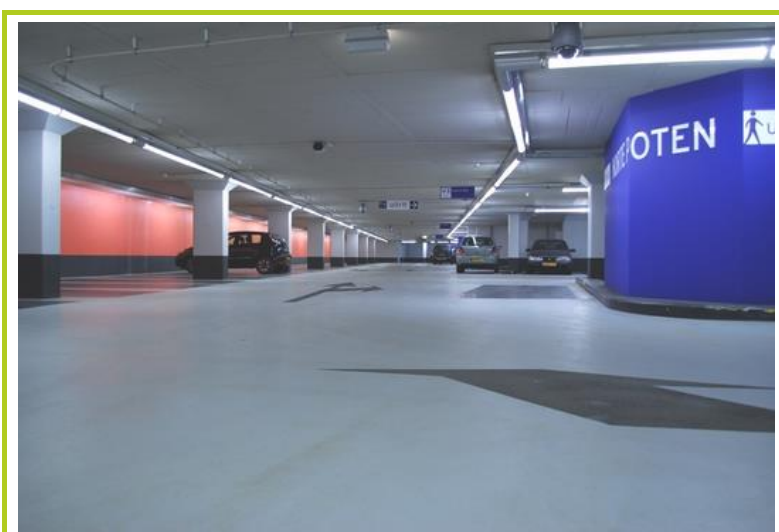
<sup>546</sup> Forrás: [http://www.c2ccertified.org/products/scorecard/styrofoam\\_xps\\_insulation](http://www.c2ccertified.org/products/scorecard/styrofoam_xps_insulation)

### Minősített napelem

A SunPower típusú napelemek kiemelkednek minőség szempontjából a jelenleg piacon lévő napelemek közül. Ezen kívül minden tekintetben megfelelnek még a legszigorúbb környezetvédelmi előírásoknak, is mint amilyen a Cradle to Cradle minősítés.

### LED világítás

A BB LEDlightpipe egy olyan lámpatest, mely 18 darab LED –et foglal magába. A LED modul alkalmas parkolók, alagutak, aluljárók, állomások teljes körű megvilágítására. Az ilyen LED típusú világítás még a legszigorúbb életciklus alapú környezetvédelmi előírásoknak is megfelel. Jelenleg csak a BB LEDlightpipe érhető el a zöldközbeszerzés keretein belül, viszont hosszútávon, mindenképpen javasolt az alkalmazása.



21.9 számú ábra: BB LEDlightpipe által megvilágított parkoló<sup>547</sup>

## 21.14 Zöldközbeszerzés komplex felújításhoz

Az energia önellátás eléréséhez alacsony hőmérsékletű fűtést ajánlott alkalmazni, mint amilyen a padlófűtés. Amennyiben a zalaegerszegi óvodák termeikben parkettás burkolatot és padlófűtést (pl. Bazitai Óvoda esetleges felújításakor, ahol jelenleg is parkettás a csoportszoba burkolata) szeretnének kialakítani a zöld közbeszerzés keretén belül a „Kék Angyal” minősített termékek közül az alacsony illékony anyag tartalmú parkettaragasztók pl.: Ultrabond Eco S955 1K használatát javasoljuk.

Ennek a típusú parkettaragasztónak alacsony a párolgása, ezért nem káros az emberi egészségre.

<sup>547</sup> Forrás: <http://bb-lightconcepts.com/products/>

Az Egyesült Királyságban úgy módosították az épületenergetikai tanúsítványokat, hogy a felújítással 3-5 év alatt elérhető megtakarításokat kiemelve kell feltüntetni. Erre azért volt szükség, mert kutatások bizonyítják, hogy az ilyen módon elkészített tanúsítványok hatékonyabban készítetik az energiafogyasztásuk csökkentésére a lakosokat.

**Zalaegerszeg számára azt javasoljuk, hogy a különböző épületekhez kiállított épületenergetikai tanúsítványokhoz – a zöld közbeszerzés keretén belül – írják elő a megjegyzés rovatba a javasolt korszerűsítések és a számszerűen elvárható megtakarítások feltüntetését, 5 éves időszakra kumulálva. Leginkább energiában (kWh) kifejezve, de ha lehet természetes mértékegységekben (pl földgáznál m<sup>3</sup>) is.**

**A három legfontosabb korszerűsítés mindenképpen szerepeljen, ezek közötti sorrendet a megvalósítás költsége, időigénye és a várt megtakarítás együttesen adja (olcsóbbtól és kevésbé időigényestől a drágább és időigényesebb felé, megtakarításnál a jobb mutatóval rendelkező).**

### **21.15 Liftek beszerzése**

A különböző gyártók liftjeinek energiafelhasználását nehéz összevetni amiatt, hogy még egy-egy hasonló lift sem ugyanannyit fogyaszt. A legegyszerűbb összehasonlítást a mosógépek, hűtőknél stb. már ismert A, B, C energiasztály szerinti besorolás jelenti, liftre is van már hasonló, ilyen ún. VDI 4707 szerinti energiacímke. Azonban van egy fajlagos mérőszám vagy mutató is, ami mind a liftek tömegét és terhelését, mind a menethosszat figyelembe veszi, ennek mértékegysége: miliWattóra per kilogramm méter, röviden mWh/kgm.

Jellemző értékei: 0,46 mWh/kgm-től „A” kategória, 6 mWh/kgm-ig „G” kategória (régii hidraulikus liftek értéke)

#### Energia visszatermelő liftek:

Öt emeletnél magasabb épületekben javasoljuk felújításokkor az energia visszatermelő liftek beszerzését. Működési elve: a lift lefelé menet energiát termel vissza az épület hálózatába így csökkentve az épület össz. energia igényét.

Gyártók: Schindler, OTIS

#### Jogszabályi háttér:

Magyar Közlöny: 2015. évi 43. szám

Új jogszabály: 70/2015. (III. 30.) Korm. rendelet

Érintett jogszabály: 312/2012. (XI. 8.) Korm. rendelet

Hatályos: 2015. április 1.

Az Eljárási kódex hatályát szabályozó jogszabályhely is módosításra került. A korábbi rendelkezés értelmében, amennyiben felvonó, mozgólépcső és mozgójárda létesítése úgy valósult meg, hogy annak megvalósításához építési engedély köteles munka is szükséges volt, akkor az illetékes építésügyi hatóságok végezték az engedélyezést az illetékes szakhatóság



bevonásával, az Eljárási kódex rendelkezéseinek alkalmazásával. A 2015. április 1. napjától hatályos módosítás értelmében, az építési engedély köteles munkával megvalósított létesítéshez, átalakításhoz, áthelyezéshez, vagy bontáshoz is az Eljárási kódex rendelkezései kell alkalmazni. Ez gyakorlatilag azt takarja, hogy már nem csak új liftek, mozgólépcsők, mozgójárdák engedélyezését kell lefolytatnia az építésügyi hatóságnak (amennyiben van építési engedélyköteles munka), hanem átalakítás, bontás és áthelyezés esetén is a szakhatóság (műszaki biztonsági hatáskörben eljáró megyei, fővárosi kormányhivatal) bevonásával [312/2012. (XI. 8.) Korm. rend. 1. § (3) bek. b) pont; 70/2015. (III. 30.) Korm. rend. 206. § (1) bek.<sup>548</sup>

A liftek belső mérete is befolyásolja a kerékpár használatot a társasházakban, ezért javasoljuk ezt is figyelembe venni. Részletesebben, a kerékpár használatot tárgyaló fejezetben kerül kifejtésre.

---

<sup>548</sup> Forrás: 2015.09.29 <https://epitesijog.hu/1761-eljarasi-kodex-valtozasok-2015-aprilis-1-napjatol>

## 22. A zalaegerszegi energetikai modell és forgatókönyveinek ismertetése

Annak felderítése, hogy Zalaegerszeg tud-e 100% energia önellátó lenni 2050-re, vagyis annyi megújuló energiát termelni amennyire szüksége lesz, a következő feladatokból áll:

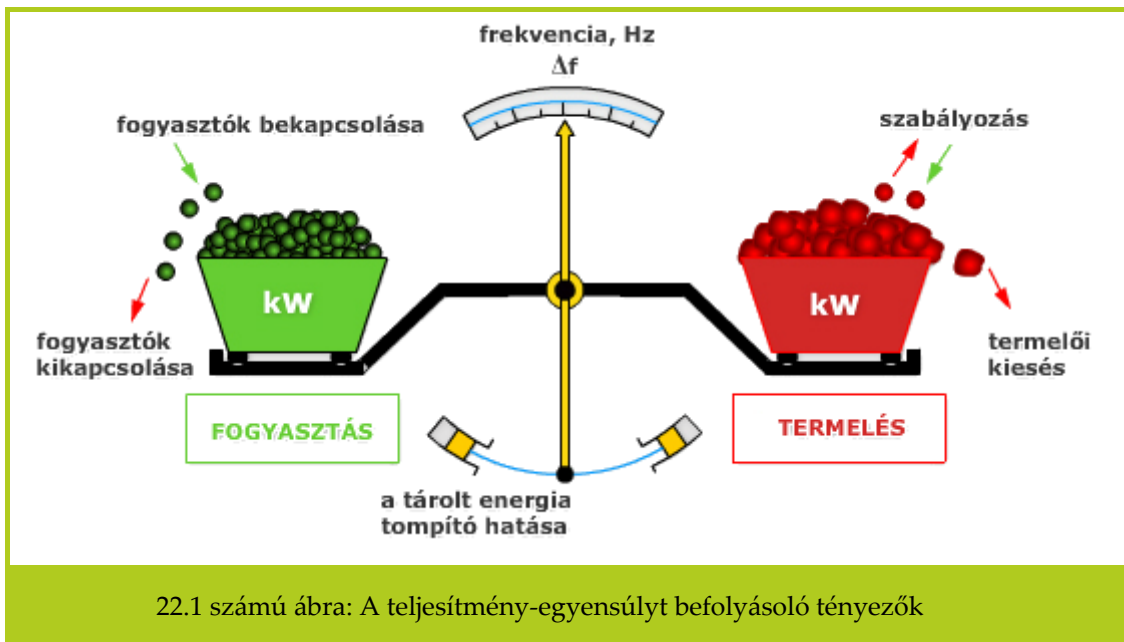
1. össze kell adni a teljes város 1 éves energiafogyasztását
2. ki kell számolni mennyi energia termelhető megújuló energiaforrásokból 1 év alatt a rendelkezésre álló területen, vagyis Zalaegerszeg városhatárán belül
3. a kettőt össze kell hasonlítani

A teljes energiafogyasztás sok különböző összetevőből áll. Külön kell foglalkozni a fűtéssel, a melegvíz készítéssel, a villamosenergia-fogyasztással és a közlekedéshez szükséges energiával. A termelés oldalán is ugyanezzel találkozunk, tehát több forrás energiahozamát kell összesíteni, de csak miután tisztáztuk milyen források állnak rendelkezésre. Zalaegerszegen ezek a következők: a napenergia, a szélenergia, a vízenergia, a geotermikus energia, a biomassza és a biogáz.

Azért 1 évet kell összegezni, mert mind az energiafogyasztás mind a megújuló erőművek termelése 1 éves ciklusban ismétlődik, az évszakoknak megfelelően.

Feladatunk, hogy addig csökkentsük az energiafogyasztást és növeljük a megújuló energiatermelést, amíg a kettő nem találkozik. Ha ez teljesült, a következő feladat, hogy nem elég az energiának éves szinten rendelkezésre állnia, napi, sőt órás szinten is rendelkezésre kell állnia.

Ahogy több fejezetben is utalunk rá, a villamos energia rendszer egy olyan rendszer, melynek egyensúlyát folyamatosan fenn kell tartani. Ez azt jelenti, hogy a fogyasztásnak (felhasznált teljesítmények) és a termelésnek (termelési teljesítmények) minden pillanatban, folyamatosan egyeznie kell. Ezt elképzelhetjük egyfajta mérlegként is, melynek karjain a teljesítmények vannak, a cél pedig az, hogy a mérleg folyamatosan egyensúlyban álljon. Kihívásként jelentkezik, hogy egy 100% megújuló rendszernél a mérleg mindkét fele folyamatosan változik, de be kell tudnunk úgy avatkozni, hogy összességében mégis teljesüljön az egyensúly.



Zalaegerszeg számára órás szintű modellt állítottunk föl, amely minden órában figyelembe veszi Zalaegerszeg aktuális:

- meteorológiai viszonyait (hőmérséklet, légnyomás, páratartalom, szélesség, napsütés)
- változóan elérhető megújuló energiaforrásait (nap, szél, víz, biomassza, biogáz)
- a tárolási lehetőségeit (épületszintű napi és szezonális)
- energiafogyasztási szokásait (villamos energia, fűtés)
- közlekedési rendszerét (autók és tömegközlekedés).

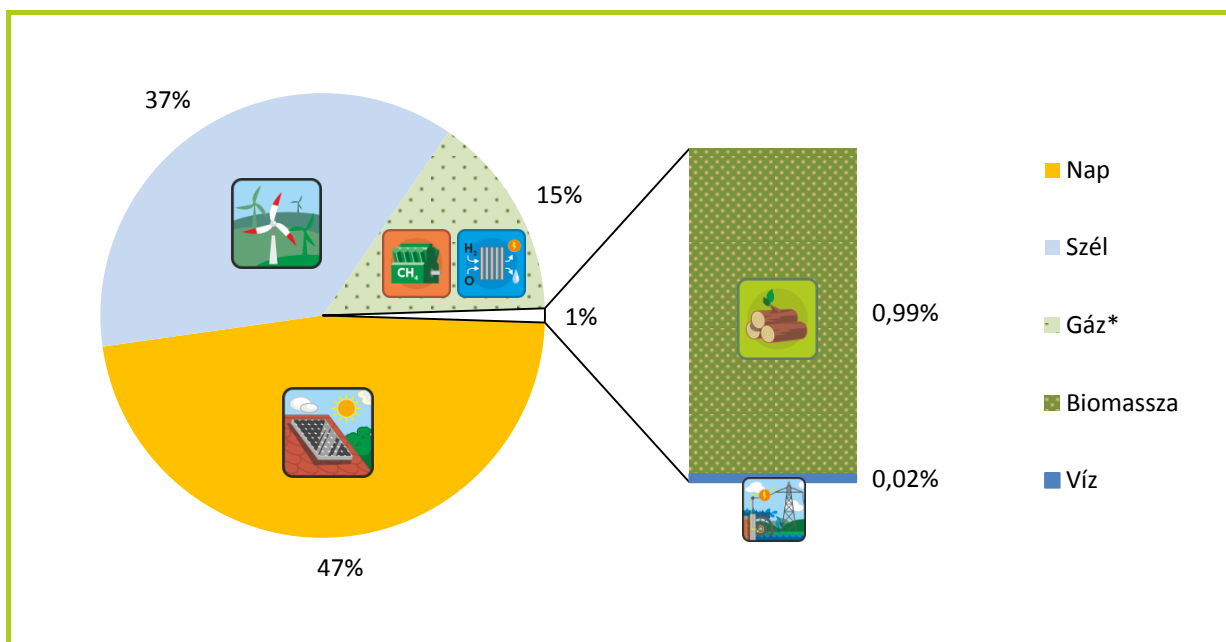
Az órás bontású modell feladata, hogy segítségével mind az éves szintű energia egyensúlyt, mind az órás szintű teljesítmény egyensúlyt kiszámítsuk és kiderüljön, hogy az energia:

- fogyasztók,
- termelők és
- tárolók

milyen összetételével valósulhat meg legkisebb költség mellett 2050-re a 100% energia önellátás, ami a fenntartható fejlődés egyik alappillére.

## 22.1 Az ideális eset forgatókönyve

Zalaegerszeg számára a gazdaságosság és megvalósíthatóság szempontjából legjobb megújuló energiaforrás mixet villamosenergia termelésre a következő ábra szemlélteti.



22.2 számú ábra: A Zalaegerszegrre tervezett megújuló energiaforrások villamos beépített teljesítményeinek aránya

\*Gáz: hidrogén + biogáz + szintetikus metán (nem földgáz)

A beépített teljesítmények számszerű értékét a következő táblázatban foglaltuk össze:

Energiaforrás	Beépített teljesítmény MW <sub>e</sub>	Arány a többihez képest
Nap	20 + 20 + 55 = 95*	47%
Szél	74	37%
Gáz**	10 <sub>a</sub> + 10 <sub>b</sub> + 10 <sub>c</sub> = 30	15%
Biomassza	2	0,99%
Víz	0,05	0,02%

22.1 számú táblázat: A legideálisabb erőmű összetétel Zalaegerszegen 2050-ben

\*földre telepített: 20 MW, közintézmények + ipar + vasút: 20 MW, lakóépületek: 55 MW

\*\*Gáz: hidrogén + biogáz + szintetikus metán (nem földgáz)

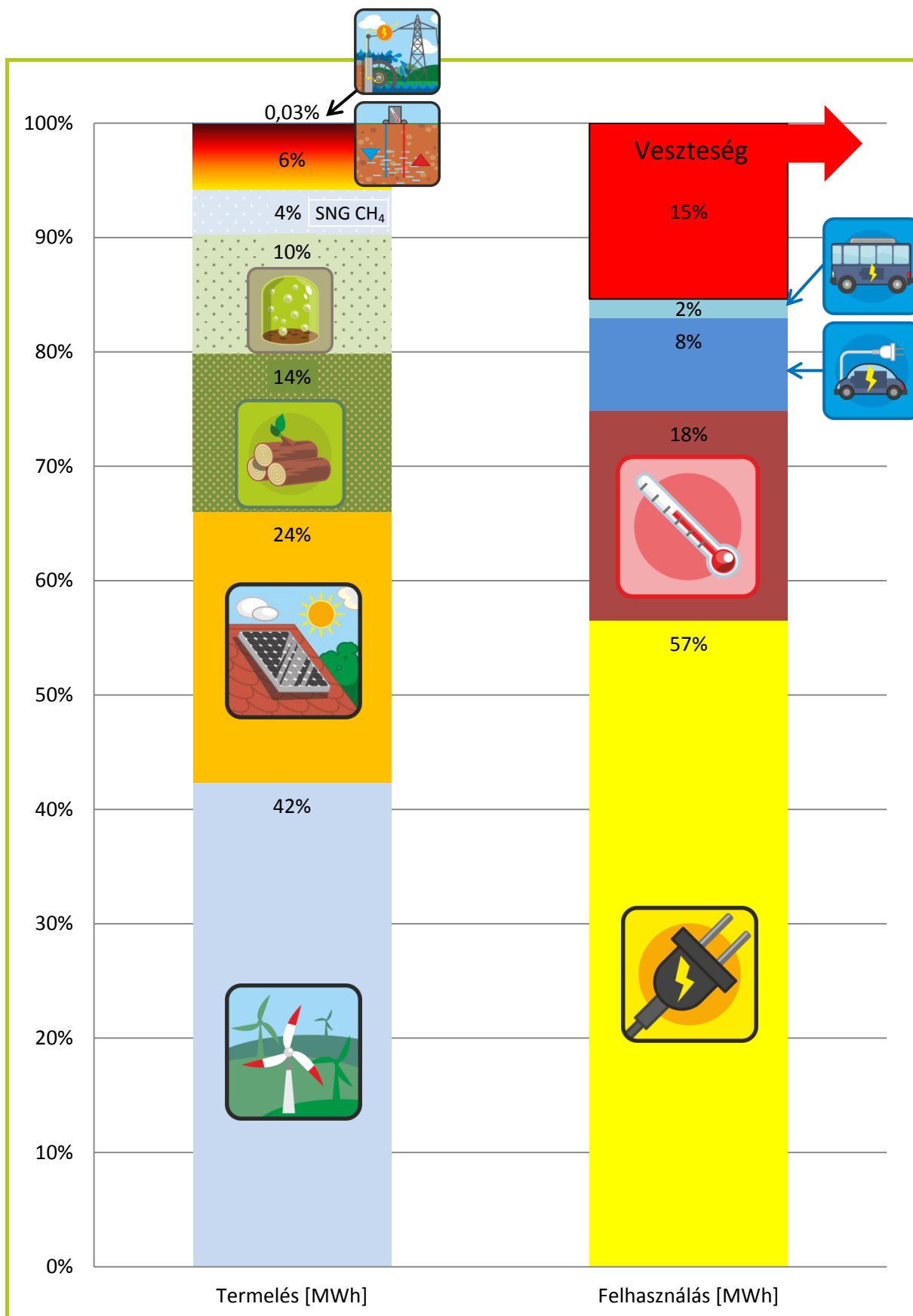
a: helyhez kötött üzemanyagcella

b: helyhez kötött gázmotor

c: haszongépjárművek belsőégésű motorjai megbízásos szerződésben

Az ábrákon látható, hogy a legnagyobb teljesítményben napelemes rendszereket kell majd építeni, összesen 95 MW-ot, de a legtöbb energiát mégsem ezek termelik majd, hanem a 74 MW-nyi szélérőművek, melyekből kisebb beépített teljesítmény szükséges. Ez abból adódik, hogy a szélérőművek úgynevezett csúcskihasználási óraszám - ami azt jellemzi, hogy egy erőmű az év mekkora hányadában termel energiát -, magasabb, mint a napelemeké. A termelt energia alapján a következő ábrán láthatjuk felsorolva a megújuló energiaforrásokat.





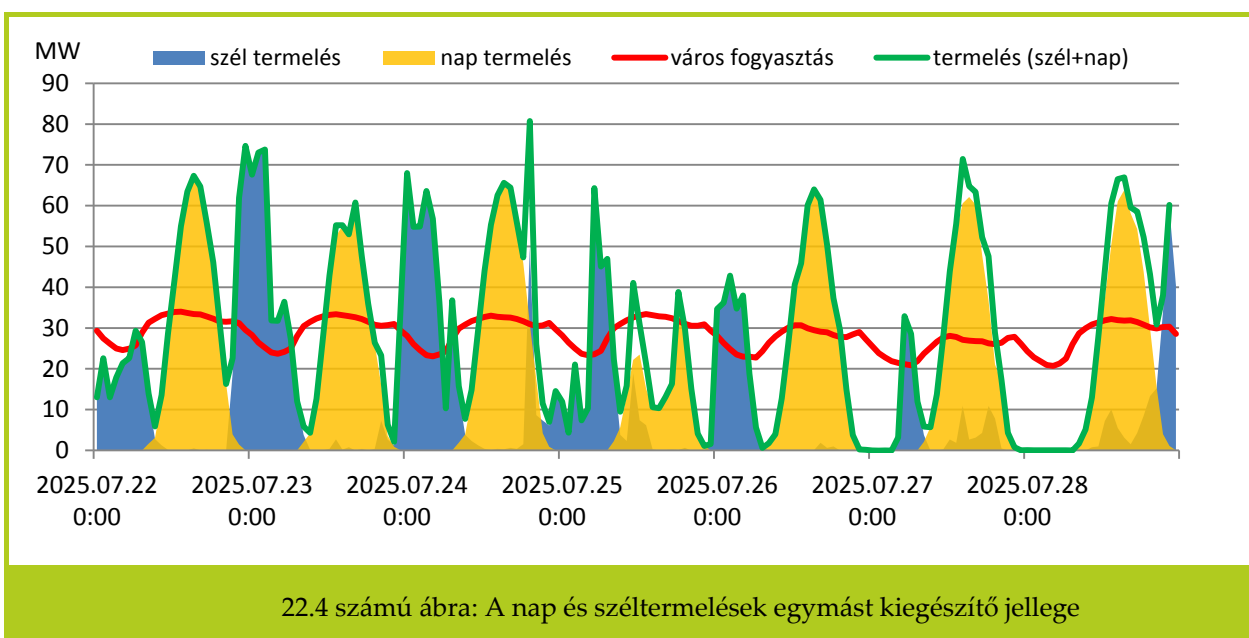
22.3 számú ábra: Zalaegerszeg energiatermelése és energiafelhasználása 2050-ben

## 22.2 A megújuló energiaforrások együttműködése

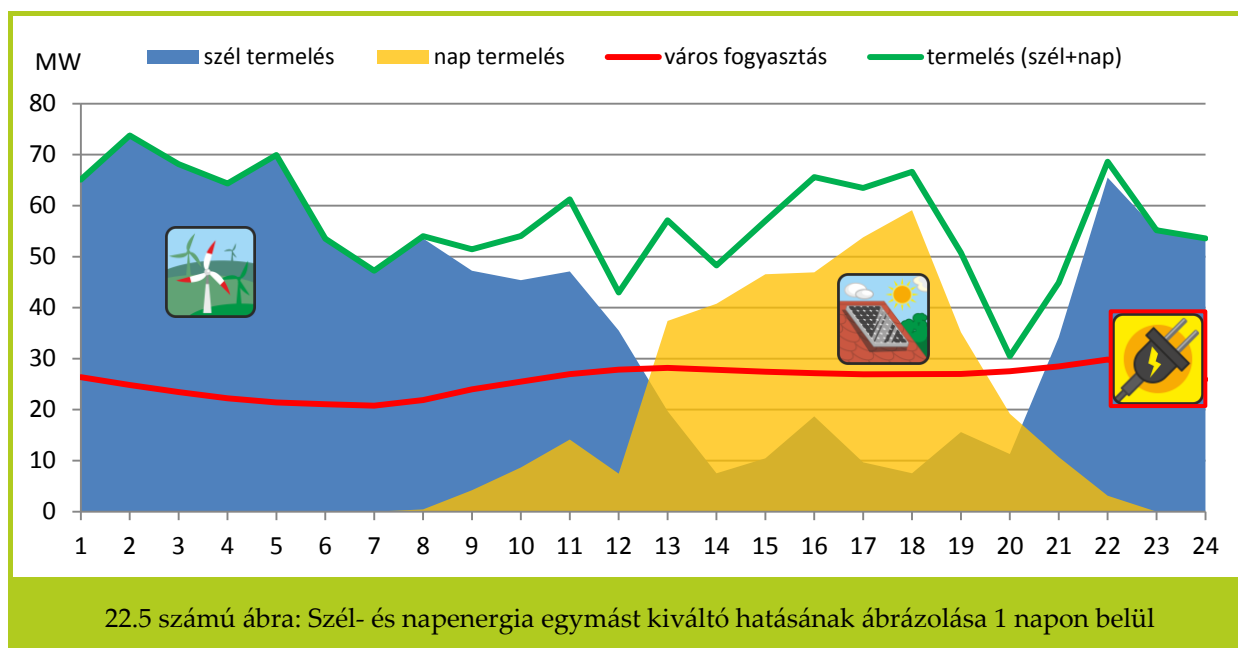
Nem azért javasolunk több különböző típusú erőművet is, mert minden lehetőséget meg akarunk mutatni, hanem azért mert a különböző megújuló energiaforrások különböző előnyei miatt jól ki tudják egészíteni egymást, és együtt stabilabb rendszer alkotnak. Végeredményben kisebb rendszer összköltség adódik.

### 22.2.1 Nap + szél

A jól megválasztott szél és naperőmű típusok kiegészítik egymás ingadozó termelését (kék és sárga terület), ezzel olcsóbbá válik a teljes rendszer, mert kevesebb villamosenergia-tárolásra van szükség. A használt megújuló erőműtípusok közül a nap és szél erőművek együttes használatának teljesítménykiegyenlítő hatását mutatja a következő ábra, amennyiben a szélerőművek legalább 120 m magasak.



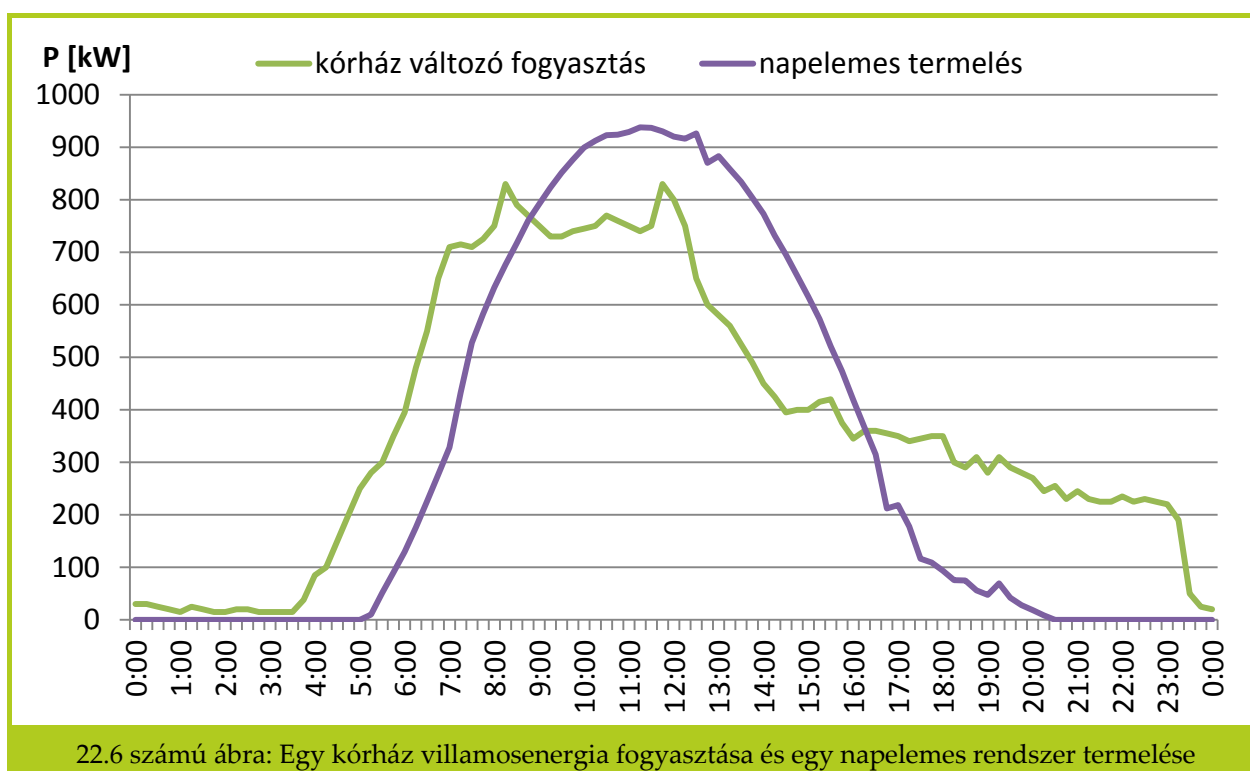
A napelemek értelemszerűen csak nappal termelhetnek, így éjszaka nem építhetünk rájuk, mint energiaforrásokra, ekkor valami mást kell használnunk. A szélerőműveket nem korlátozza semmilyen napi ciklusú jelenség, így azok megfelelő telepítés (oszlopmagasság) esetén jól ki tudják egészíteni a naperőműveket. Alacsonyabb szélerőművek esetén a jelenség nem mutatkozik, de erről a szélerőművekről szóló fejezetben bővebben is szólnunk. A következő ábrán kinagyítva mutatunk 1 napot, amikor a szél és napenergia egymást kiváltó hatása is szemléletesen látszódik.



### 22.2.2 Biogáz + nap

Egy másik vizsgálat, a biogáz és napelem energiaforrások együttműködését mutatja be. Ehhez fontos tisztázni, hogy a legtöbb épület energiafogyasztása két részből tevődik össze. Egy állandó (folyamatos fogyasztás), és egy változó részből. A következőkben ezen összetevőket vizsgáljuk meg egy kórház példáján szemléltetve.

Az 22.22.6 számú ábra segítségével két jelleggörbét hasonlítunk össze. Egy kórház 1 napos villamosenergia fogyasztásának jelleggörbéjét, egy napelemes rendszer 1 napos termelési jelleggörbéjével.

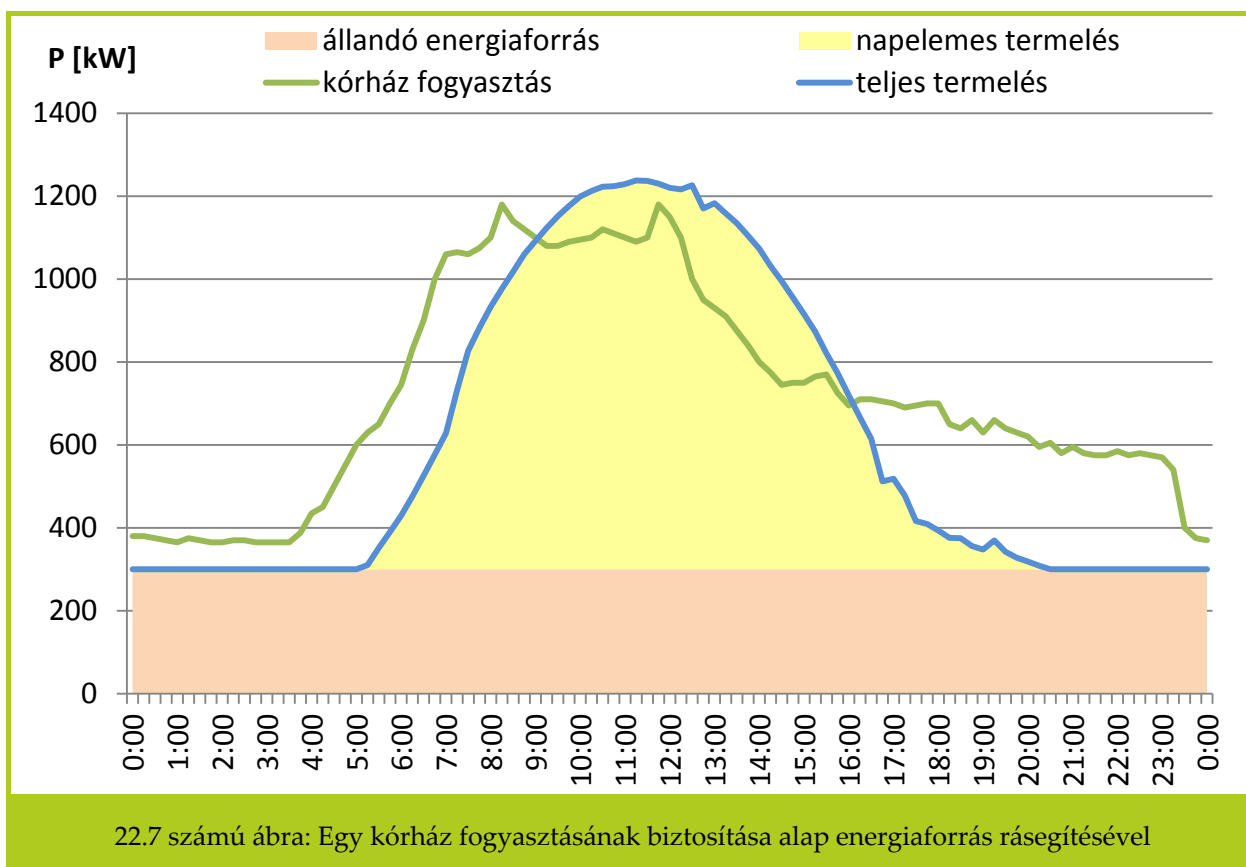


A fenti kórházi fogyasztásnál most csak a fogyasztás változó részét ábrázoltuk, hogy jobban látszódjon a kórház fogyasztási jellegének és a napelemek termelési jellegének egybeesése. Látható hogy a kórházak akkor fogyasztanak nagyobb teljesítményt, amikor a napelemek is épp (többet) termelnek. Ez alapján javasoljuk a zalaegerszegi kórházak fogyasztási jellegének megmérését, mert hasonló jelleggörbe esetén a napelemekkel termelt energia rendkívül gazdaságosan használható fel.

Jelen példában D-i tájolású napelemek termelését szemléltettük, de ha a napelemeket keleti és nyugati tájolásban helyezik el - például K-Ny-i napelem-tartó rendszerrel -, akkor a görbe kiszélesedik, így akkor még nagyobb egyezést tapasztalhatunk.

A 22.22.7 számú ábra a kórház teljes fogyasztását mutatja az állandó és az előbb ábrázolt változó rész összegét, ezért a kórház zöld görbéje feljebb tolódott. A két ábrát összehasonlítva azt mondhatjuk, hogy a 22.22.6 számú ábraáról az olvasható le jobban, hogy mekkora az eltérés napközben a folyamatos (alap) teljesítménytől, míg a 22.22.7 számú ábraáról az, hogy mekkora a kórház maximális és folyamatos (alap) teljesítmény felvétele.

A 22.22.6 számú ábra alapján az eltérés ennél a példa kórháznál kb. 800 kW, míg a 22.22.7 számú ábra alapján a maximális teljesítményfelvétel kb. 1200 kW, és a folyamatos teljesítmény fogyasztás kb. 400 kW. Azt már a 22.22.6 számú ábraánál megállapítottuk, hogy napelemek használatával a változó rész jó közelítéssel és gazdaságosan lefedhető. A 22.22.7 számú ábra alapján továbbá azt is láthatjuk, hogy a napelemes termelés egy egész nap üzemeltetett, állandó energiaforrással kiegészítve, a kórház egész napos energiaigényét fedezni tudja, így a kórház teljesen energia önellátóvá válhat. Ilyen állandó energiaforrás lehet például a közelben megtermelt bio- vagy depóniagáz is, melyet gázmotorral villamos energiává (és kapcsoltan akár hővé is) alakíthatunk.



Ha az állandó fogyasztást nem lehet kiváltani más energiatermelési móddal, a költségeken akkor is lehet csökkenteni, mert napelemek alkalmazása mellett az áramszolgáltatótól elegendő lesz sokkal kisebb villamos teljesítményt lekötni. Ez olyan villamosenergia tarifacsomagra való áttérést jelent az áramszolgáltatónál, ahol a kórház vállalja, hogy az eddigi mondjuk 1200 kW-os maximum helyett csak 6-700 kW maximális teljesítményt vételez a hálózatról (napelemek segítségével nincs szüksége többre a hálózat felől), cserébe az áramszolgáltató havi szinten akár milliós nagyságrendű költségeket tud elengedni. Azt persze észben kell tartani, hogy a napelemek termelése télen lecsökken.

Az intézmények által lekötött teljesítmény felülvizsgálatára a napelemektől és bármilyen beruházástól függetlenül is érdemes figyelmet fordítani és maximum 5 évente elvégezni, mert az intézmény berendezéseinek cserélődésével és működésének átalakulásával csökkenhet az intézmény által korábban felvett maximális teljesítmény, így feleslegessé válhat a korábban lekötött nagyobb érték. Ezt figyelemmel kísérve az intézményeknél, egy fejlesztési spirált indíthatunk el:

1. egy egyszerű szerződésmódosítással pénzt takaríthatunk meg,
2. amely pénzt aztán visszaforgathatunk olyan energetikai fejlesztésekbe, melyekkel további költségeket és nem utolsó sorban energiát takaríthatunk meg,
3. az energia megtakarítással pedig csökken a város energia igénye, amellyel máris közelebb kerül a 100%-os megújuló energia önellátáshoz.



### 22.3 Szélerőművek elvetésének forgatókönyve

A javasolt szélerőmű mennyiség csökkentése esetén más megújuló erőművek számának növelése válik szükségessé, ami jelen esetben csak a napelemek számának növelését jelentheti, mivel a többi fajta megújuló energiaforrásból nem áll rendelkezésre több kapacitás Zalaegerszeg területén. Az összesen 74 MW teljesítményű szélerőmű park napelemekkel történő helyettesítése további ~210 MWp teljesítményű ideálisan tájolt napelem elhelyezését tenné szükségesé. Ha ezt a mennyiségű napelemet az tervezett Északi Ipari Park, Tudományos és Technológiai park bővítésére szánt területen helyeznénk el, akkor annak összesen 3,6 km<sup>2</sup>-es területét félig elfoglalná, ami körülbelül 530 000 db napelem modult igényelne.

### 22.4 Geotermikus villamosenergia termelés forgatókönyve

A geotermikus energia villamosenergia termelésre való kihasználásának legfőbb akadálya az, hogy nagyon magas a költsége a várostól messze (15-20 km-re délre) eső magas hőmérsékletű formációktól és kutaktól induló távfűtési vezeték kiépítésének. Az önmagában csak villamosenergia termelő geotermikus erőmű megépítése nem gazdaságos.

## 23. Projektek finanszírozása, előkészítése

### 23.1 Pályázatok

A pályázatok bemutatásakor elsősorban a tanulmányban is szereplő javaslatok elérhető forrástérképére helyezük a hangsúlyt. A projektek finanszírozása tekintetében a leginkább kézenfekvőek az uniós, illetve hazai finanszírozási lehetőségek.

Első körben a pályázatok általános bemutatása következik, majd pedig az egyes épületenergetikai pályázatok előkészítését vesszük górcső alá. A fejezet végén található táblázatban nevesítésre kerülnek az egyes fejlesztési javaslatokhoz elérhető források is. Külön fejezet foglalkozik a rövid távú célkitűzésekben szereplő fejlesztési javaslatok elérhető pályázati forrásaival és előkészítésükkel. Jelen fejezet a 2016.01.08-ai állapot szerinti elérhető pályázatok és információk alapján készült.

#### 23.1.1 Hazai finanszírozási lehetőségek

- BM pályázatok

Az elmúlt évek gyakorlati tapasztalatait is figyelembe véve az alábbi megállapításokat tesszük a fenti pályázattal kapcsolatosan:

- a pályázatokat a költségvetési előirányzat terhére írják ki évente, általában nagyon kevés keretösszeggel (néhány 100 milliós)
- a pályázat előkészítését tekintve az egyszerűbb pályázatok közé tartozik, nincsenek energetikai indikátor vállalások, a pályázati adatlap az ebr42 rendszeren keresztül elérhető
- bele lehet tenni a műemlék jellegű épületeket is
- a pályázat tárgyát tekintve komplex, általában felújításokra vonatkozik
- támogatási intenzitás magas, 80-90%
- pozitív elbírálást jelent, ha a pályázat leadásának időpontjában már hatósági engedélyekkel rendelkezik az adott fejlesztés, és széleskörű energetikai felújításhoz kapcsolódik
- a nagyszámú beérkező pályázat és alacsony keretösszeg miatt a nyeresi esélyek nem magasak, ugyanakkor ajánlattal (és esetleg engedéllyel) rendelkező beruházási igény esetén – tekintve, hogy a pályázat kidolgozása gyors - érdemes beadni a pályázatot
- a költségvetési tételek alátámasztására 1 nyertes, és 2 ellenárajánlat adóval kell rendelkezni

- Otthon Melege Program

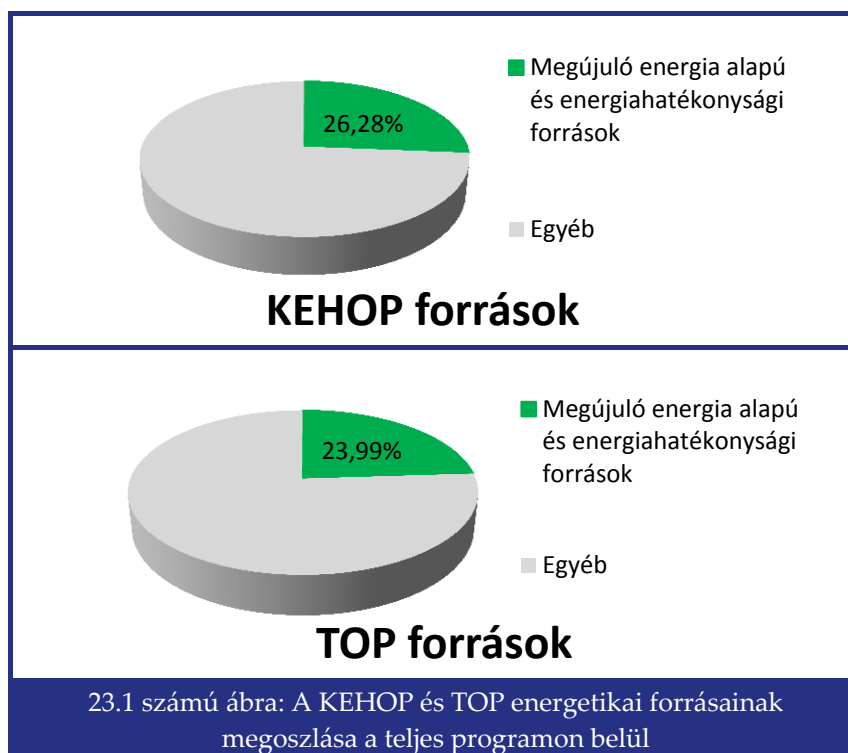
2016 tavaszától indul a korszerűtlen családi házak felújítását célzó pályázat. A 150 milliárd forintos támogatásból 2020-ig akár 3 millió ilyen ház is megújulhat. A kidolgozás alatt álló

pályázat keretében az épületek hőszigetelését, a nyílászárók cseréjét, valamint a villamoshálózat felújítását támogatják. A felújítási költség 40 százaléka lesz vissza nem térítendő, uniós támogatás, míg az önrész várhatóan 45% lesz. A maradék 15 százalék pedig kamatmentes, visszatérítendő támogatásból származik majd.<sup>549</sup>

### 23.1.2 Európai Uniós források

Az Európai Unió forrásait tekintve az alábbi programok tartalmazzák a tanulmányban is szereplő fejlesztési javaslatokhoz tartozó pályázati lehetőségeket (a későbbiekben részletesebben is bemutatásra kerülnek):

- KEHOP – Környezet és Energiahatékonysági Operatív Program
- TOP – Terület és településfejlesztési Operatív Program
- VP – Vidékfejlesztési Program
- INTERREG – Határon átnyúló együttműködési programok



A fenti ábra mutatja két operatív programon belül a megújuló, illetve energiahatékonysági pályázatokra elkülönített forrást a teljes forráshoz képest.

<sup>549</sup> Jelenlegi sajtóértesülések szerint a Kormány nem támogatja a lakossági szektor vissza nem térítendő támogatását.

## KEHOP Energiahatékonysági intézkedések

A Környezet és Energiahatékonyság Operatív Program az egyik legfontosabb az energetikai/környezetvédelmi témájú pályázatok körében.

A pályázatok várhatóan jövő év folyamán jelennek meg. Az OP alapján az alábbi kiírásokra lehet számítani:

### **I. Hálózatra termelő, nem épülethez kötött megújuló energiaforrás alapú zöldáram termelés elősegítése (preferálják a megújuló alapú kapcsolt hő – és villamos energia előállítását):**

Elsődleges cél itt olyan fejlesztések támogatása, amelyek a helyi erőforrásokhoz és igényekhez jobban alkalmazkodó lokális jellegű, decentralizált kis- és közepes termelőegységek létesítésére, valamint a magasabb határfokon történő energia előállításra irányulnak.

A megújuló energia projektek előkészítése is támogatható (műszaki, tervezési, pályázati dokumentációk elkészítésére, gazdasági és környezeti hatásvizsgálatok összeállítása, engedélyeztetéssel kapcsolatos eljárások elvégzése).

Kedvezményezettek típusai: gazdasági társaságok

Támogatható tevékenységek:

- **Biomassza hasznosítása:** a kis- és közepes kapacitású, térségfejlesztő hatással rendelkező, lokális rendszerek kerülnek támogatásra
- **Biogáz termelés és felhasználás:** a jelenleg rendelkezésre álló elsődleges anyagok (biológiailag lebomló hulladék, szennyvíziszap, állati trágya stb.) energetikai hasznosítása biogáz-előállítással villamos energia-termelés céljára; szennyvíz alapú biogáz termelés ösztönzése – a szabályozható energiatermelő berendezések beszerzésének támogatása révén (gázmotor, hálózati csatlakozás, szabályozás, illetve tisztítás, komprimálás).
- **Geotermikus energia alkalmazása**
- **Napenergia hasznosítása:** a nagyobb PV alkalmazásokat fokozatosan tervezik támogatni a technológiai fejlődés ütemének megfelelően (fajlagos PV árak fokozatosan csökkenő tendenciát mutatnak)
- **Vízenergia hasznosítása:** már meglévő duzzasztókban beépíthető, 10 MWe alatti teljesítményű vízerőművek, valamint a folyómedrekbe telepített, jellemzően néhány 100 kWe teljesítmény, ún. áramlásos és úsztatott turbinák létesítésének, illetve a meglévő vízerőművek hatékonyságnövelésének ösztönzése a cél.
- **Energia-tároló rendszerek:** a hálózat szabályozásához járulnak hozzá

## II. Épületek energiahatékonysági korszerűsítése megújuló energiaforrások alkalmazásának kombinálásával

Lakóépületek, központi költségvetési szervek, fejlettebb önkormányzatok tulajdonában álló középületek, továbbá állami közfeladatot ellátó nonprofit szervezetek épületek energiahatékonysági és megújuló energiaforrások alkalmazására irányuló korszerűsítésekre várható jelen programon belül pályázat.

A fejlettebb régióban található önkormányzatok részére az **önkormányzati tulajdonban lévő, lakófunkciót betöltő épületek energiahatékonyság növelő** beruházásainak, továbbá a **megújuló energiát előállító és használó rendszerek** elterjedésének támogatása a cél.

A projekt előkészítése is támogatható (műszaki, tervezési, pályázati dokumentációk elkészítése, gazdasági és környezeti hatásvizsgálatok összeállítása, épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról szóló 176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet szerinti energetikai minőségtanúsítvány készítésére, valamint az engedélyeztetéssel kapcsolatos eljárások elvégzésére).

Kedvezményezettek: közjogi vagy magánjogi szervezetek (lakosság), központi költségvetési szervek, állami közfeladatot ellátó nonprofit szektor (kivéve önkormányzat), egyházak, többségi állami tulajdonú gazdasági társaságok, fejlettebb régióban lévő helyi önkormányzatok, fejlettebb régióban lévő helyi önkormányzati többségi tulajdonú gazdasági társaságok

Támogatható tevékenységek:

- Épületek **hőtechnikai adottságainak javítása**, hőveszteségeinek csökkentése, **megújuló energiaforrások alkalmazása** (elsősorban napelemek, napkollektorok telepítése, biomassza, geotermikus energia hasznosítása, hőszivattyú alkalmazása)
- Intézmények **fűtési, hűtési és használati melegvíz**-rendszereinek korszerűsítése
- Épületen belüli **világítási rendszerek** korszerűsítése
- 2019 előtt támogatni tervezik központi költségvetési szervek részére, mintaprojekt jelleggel, a 2010/31/EU irányelv szerinti költségoptimum szintnél magasabb energiahatékonysági és megújuló energetikai szintet biztosító **új, közel nulla energiaigényű épületek létesítését is**



### III. Távhő és hőellátó rendszerek energetikai fejlesztése, illetve megújuló alapra helyezése

Kedvezményezettek: távhő-szolgáltatók, távhőtermelő gazdasági társaságok, gazdasági társaságok

A projektek előkészítése is támogatható (műszaki, tervezési, pályázati dokumentációk elkészítése, gazdasági és környezeti hatásvizsgálatok összeállítása, engedélyeztetéssel kapcsolatos eljárások elvégzése).

Az egyes távhőrendszerek energiahatékonysági fejlesztését, illetve megújuló alapra helyezését célszerű a távhőellátásban érintett épületállomány komplex energetikai korszerűsítéseivel összehangolni.

Távhőrendszerek fejlesztése során a kapcsolt energiatermelés prioritást kell, hogy élvezzen.

Támogatható tevékenységek:

- **Távhőrendszerek primer oldali energiahatékonysági korszerűsítései**, megújuló alapokra helyezése, valamint ezek kombinált fejlesztései (primer oldali energiahatékonyság korszerűsítés és megújuló alapra helyezés)
- **Hőellátó rendszerek energetikai fejlesztései** közjogi vagy magánjogi szervezetek által
- A hálózati veszteségek csökkentésére irányuló fejlesztések támogatása során többek között az **elosztórendszerek, a primer vezetékhálózatok cseréje, a magas vezetékű vezetékek hőszigetelése és föld alá helyezésével történő korszerűsítése, a hőközpontok felújítása, szétválasztása, szabályozó- és telemechanikai rendszerek beépítése, új fogyasztók bekapcsolása, a távhűtés fejlesztése, valamint új kooperációs és piacbővítő gerincvezetékek kiépítése** kiemelt fontosságú. Ezen belül hangsúlyt fektetünk az egymástól elkülönült távhő elosztói rendszerek hatékonyságnövelő összekapcsolására is.
- **Új, megújuló energiaforrás alapú távhőtermelő létesítmények kialakításának**, a régi elavult, rossz hatásfokú termelő egységek korszerűsítésének, energiahatékonyság növelésének, vagy kiváltásának és megújuló alapra helyezésének, valamint az új termelő egységek távhőrendszerre történő integrálásának az ösztönzése

#### **IV. Szemléletformálási programok**

Kedvezményezettek: civil szervezetek, egyházak, önkormányzatok, oktatási intézmények, központi költségvetési szervek.

Cél az olyan programok támogatása, melyek felhívják a figyelmet az energia- és klímatudatos viselkedések előnyeire, illetve az elért közönség tájékozottságát növelik saját energia-megtakarítási lehetőségeik kapcsán.

A programok fontos célja a lakosság szemléletformálása és érdeklődésének felkeltése az épületenergetikai programok iránt, ezzel is ösztönözve az állampolgárokat, hogy saját vagy egyéb pénzügyi forrásból (vissza nem térítendő támogatások nélkül) valósítsák meg azokat.

Támogatható tevékenységek:

- Széleskörű energia- és klímatudatos szemlélet kialakítását célzó programok
- Szemléletformálási programokat megvalósító hazai szervezetek, intézmények támogatása

#### **TOP pályázatok**

A tanulmány írásának időpontjában a TOP pályázatairól már több információt lehet tudni.

Az alábbi táblázat bemutatja a Smart City projekt szempontjából is kiemelendő felhívásokat.

A már megjelent pályázatok kék színnel kerültek megjelölésre. A TOP-6.5.1 és TOP-6.5.2 pályázati felhívás az alábbiakban részletesen is bemutatásra kerül.

Kód	Pályázat címe	Pályázat célja / Smart City fejlesztési cél kapcsolódás	Pályázó köre	Támogatás mértéke	Támogatható projektméret	Várható megjelenés (negyedév) / Beadási határidő
1.1.1	Ipari parkok, ipari területek fejlesztése	A helyi gazdaságfejlesztéshez szükséges önkormányzati üzleti infrastrukturális háttér és szolgáltatások fejlesztésének támogatása / <b><u>Tudományos és Technológiai Ipari park bővítése</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Helyi önkormányzat</li> <li>Önkormányzati vállalkozás</li> </ul>	25 – 100%	50 – 1000 MFt	2015. IV. 2017. II. 2019. II.
6.1.5	Gazdaságfejlesztést és munkaerő mobilitást ösztönző közlekedésfejlesztés	Olyan, a fenntartható közlekedés feltételeit megteremtő és erősítő közlekedésfejlesztési intézkedések megvalósítása, amely a gazdaságfejlesztést és a munkaerő mobilitást ösztönzi / <b><u>A pályázatban kiegészítő tevékenységként kerékpárforgalmi létesítmények fejlesztése</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Megyei Jogú Város Önkormányzata</li> <li>Konzorciumi partnerként: NIF Zrt, Magyar Közút</li> </ul>	max 100%	100 – 600 MFt	2016.01.19 – 2016.04.01..
6.4.1.	Fenntartható Városi Közlekedésfejlesztés	Olyan, a fenntartható közlekedés feltételeit megteremtő és erősítő közlekedésfejlesztési intézkedések megvalósítása, az éghajlatváltozás mérséklése, a széndioxid kibocsátás csökkentése, az élhető városi környezet kialakulása / <b><u>Kerékpárforgalmi úthálózat és létesítmények, közbringa rendszer</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Megyei Jogú Város</li> <li>Konzorciumi partnerként: többségi önkormányzati tulajdonban lévő gazdasági társaságok</li> </ul>	100%	50 - 997 MFt	2016.01.19 – 2016.09.01.
6.6.1	Egészségügyi alapellátás infrastrukturális fejlesztése	Az egészségügyi alapellátó-rendszer infrastrukturális fejlesztése az intézmények szolgáltatásainak és infrastrukturális feltételeinek korszerűsítését, a hozzáférés egyenlőtlenségeinek mérséklését célozza/ <b><u>Kiegészítő, önállóan nem támogatható tevékenységként lehetséges megújuló energiaforrásokra vonatkozó beruházás illetve energiahatékonysági intézkedések is</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Megyei Jogú Város</li> <li>Konzorciumi partnerként: helyi önkormányzatok, egyház, központi költségvetési szervek</li> </ul>	100%	10 – 353 MFt	2016.02.01 – 2016.09.30.
6.5.1.	Energiahatékonyság és megújuló-energiaforrás használat fokozása az önkormányzatoknál	Az alacsony széndioxid-kibocsátású gazdaságra való áttérés ösztönzése / <b><u>Közintézmények energetikai felújítása</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Helyi önkormányzat</li> <li>100% önkormányzati tulajdonú gazdasági társaságok</li> </ul>	100 %	15-400 MFt	2015 IV. 2017. I.

Kód	Pályázat címe	Pályázat célja / Smart City fejlesztési cél kapcsolódás	Pályázó köre	Támogatás mértéke	Támogatható projektméret	Várható megjelenés (negyedév) / Beadási határidő
6.5.2.	Önkormányzatok által vezérelt helyi közcélú energiaellátás megvalósítása megújuló energiaforrások felhasználásával	Az alacsony széndioxid-kibocsátású gazdaságra való áttérés ösztönzése / <b><u>Szennyvízből hőhasznosítás, Biomassza erőmű, Búslakpusztai Déli Energiapark</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Helyi önkormányzat</li> <li>▪ 100% önkormányzati tulajdonú gazdasági társaságok</li> </ul>	100 %	50-950 MFt	2016 IV. 2017. II.

### **TOP-6.5.1 Energiahatékonyság és megújuló-energiaforrás használat fokozása az önkormányzatoknál – pályázat bemutatása a felhívás tervezete alapján**

A pályázaton belül energiahatékonysági fejlesztésekre és az épületek megújuló energiafelhasználásának növelése kizárólag az alábbi önkormányzati tulajdonú épületek esetében támogatható:

- Alap- és középfokú oktatási intézmények és kapcsolódó épületeik: iskolaépület, kollégium, tornaterem, tanműhely
- Kulturális és művészeti oktatást végző intézmények
- Művelődési házak, színházak, egyéb rendszeresen használt közösségi terek
- Kulturális-, tudományos kiállítótermek, múzeumok, könyvtár, levéltár
- Klubok, foglalkoztatók
- Közigazgatási funkciót ellátó hivatali épületek
- Idősek otthona, pszichiátriai betegek otthona, szenvedélybetegek otthona, fogyatékos személyek otthona, valamint hajléktalanok otthona
- Közcélu, nem professzionális sporthoz kötődő sportlétesítmények, fedett uszodák, közcélu szabadidős létesítmények
- Szociális, egészségügyi- és köznevelési funkciót egyaránt ellátó épületek

#### **Előkészítésük**

- az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról szóló 176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet szerinti energetikai minőségtanúsítványra van szükség.
- megvalósíthatósági tanulmány készítése
- energetikai audit az aktuális állapotról, melyet a pályázatban megjelenő segédlet alapján kell elkészíteni
  - o ennek előkészítéséhez az alábbi adatok kellene: 3 évre visszamenőleges áram és gázzámla – a legjobb az éves elszámoló számla, részletes fotódokumentáció az épületről, az épületről építészeti és gépészeti alaprajzok, metszetek – amennyiben ez nem áll rendelkezésre, el kell készíteni

**Támogatás mértéke:** 100%

**Támogatás összege:** minimum 15 millió Ft, maximum 400 millió Ft



## Támogatható tevékenységek:

### *Önállóan támogatható tevékenységek*

Önkormányzati tulajdonú épületek energiahatékonyság-központú fejlesztése, **utólagos hőszigetelés** útján:

Épületek hőtechnikai jellemzőinek javítása a 7/2006 (V. 28.) TNM rendelet 6A§ szerinti értékek eléréséhez, külső határoló szerkezetek szigetelésével és korszerűsítésével (beleértve a pince- és tetőfödémeket), valamint **az épületek nyári, passzív hővédelmének** javításával

### *Önállóan nem támogatható, kapcsolódó tevékenységek*

- Fosszilis energiahordozó vagy biomassza alapú hőtermelő berendezések és kapcsolódó hőleadó rendszerek korszerűsítése:
  - hőtermelő berendezések beszerzése, telepítése
  - hőátviteli hálózat cseréje, felújítása, szigetelése
  - hőleadó berendezések cseréje
  - projektek kapcsán szükséges kéménytechnikai fejlesztések elvégzése
- Központi szellőző-, hűtési és légkondicionáló rendszerek korszerűsítése és kialakítása:
  - központi hűtő- és légkondicionáló berendezések kialakítása
  - meglévő, központi hűtő- és légkondicionáló berendezések cseréje korszerűbb rendszerre
  - hővisszanyerő berendezés beépítése
  - légcsatornák, vezetékek kialakítása, felújítása, szigetelése, illetve indokolt esetben cseréje
- Napkollektorok telepítése és hőközlő rendszerre kötése:
  - napsugárzás energiatartalmát felvevő berendezés és a kapcsolódó szerkezeti- és tartóelemek beszerzése és telepítése;
  - a tetőszerkezeti teherhordó elemek megerősítése;
  - az épületgépészeti rendszerben működéshez szükséges eszközök, berendezések vásárlása és telepítése (pl. kollektorköri vezérlőegység, termosztatikus szabályozószelep, tágulási tartály, hőcserélő melegvítároló, hőátadó rendszer gépészeti elemei, szigetelt csővezeték rendszer, szivattyú blokk)
- Napelemes, háztartási méretű (HMKE) PV rendszer kialakítása saját villamosenergia-igény kielégítése céljából:
  - napelemek és tartóelemeik beszerzése és telepítése;
  - a tetőszerkezeti érintett teherhordó elemek megerősítése;
  - a helyi elektromos rendszerhez illetve a hálózathoz való csatlakozáshoz szükséges elemek (pl. inverterek, kétirányú mérők) beszerzése és ezek kiépítésének költségei;
  - külön mérő- és szabályozó berendezések beszerzése;

- a havi villamosenergia-fogyasztási adatokat rögzítő mérőeszköz beszerzése és felszerelése
- Hőszivattyúrendszerek telepítése:
  - Thermal Response Test (TRT) elvégzése,
  - a berendezés telepítése, beüzemelés, primer és szekunder oldalak kialakítása;
  - hőszivattyú energiaellátását biztosító energiavételezési és csatlakozási pontok kialakítása, monitoring rendszer kialakítása és telepítése, amellyel a COP, SPF<sub>prim</sub> értékek számíthatók és ellenőrizhetők.
- Központi fűtőműre való csatlakozás megteremtése vagy hulladékhő-hasznosítást célzó berendezések kialakítása ill. meglévő hőfogadó felújítása:
  - Hőfogadó rendszer kialakítása/megújítása
  - Szigetelt hőtároló rendszer és kapcsolódó gépészet kiépítése
  - Szekunder oldali átépítések, felújítások
- Adott épülethez kapcsolódó, már meglévő, kül- és beltéri világítási rendszerek korszerűsítése, intelligens világítási rendszerek kiépítése:
  - Világítótest és kapcsolódó villamos és statikus szerkezeti elemek beszerzése, beszerelése
  - Vezérlés, automatika beszerzése, beépítése
- Önkormányzati Fenntartható Energia Akcióprogramok (SEAP) elkészítésének támogatása –amennyiben nem áll rendelkezésre

***Önállóan nem támogatható, kötelezően megvalósítandó tevékenységek***

- Akadálymentesítés – amennyiben releváns
- Azbesztmentesítés – amennyiben releváns
- Nyilvánosság biztosítása
- Képzési anyag kidolgozása, képzés tartása
- A beruházás során az alkalmazott technológiákat ismertető, információterjesztésre és szemléletformálásra alkalmas bemutatóhely (virtuális vagy fizikai) kialakítása és a nagyközönség számára térítésmentesen elérhetővé tétele (max 100 ezer Ft)
- Védett műemléki értékek megőrzése – amennyiben releváns

Elszámolható költségek TOP-6.5.1							
<b>I. Projektelőkészítési költség</b> <u>Előzetes tanulmányok, engedélyezési dokumentumok költsége (max 5%)</u> - MT - egyéb szükséges háttéranyagok, szakvélemények - műszaki tervek, kiviteli és tendertervek, ezek hatósági díja, tervellenőr költsége <u>Közbeszerzés költsége (max 1%)</u> - közbeszerzési szakértő díja - közbeszerzési eljárás díja	<b>II. Beruházási költségek</b> <u>Építéshez kapcsolódó költség</u> - felújítás - beüzemelési költségek <u>Eszközbekkerítés költsége</u> - bekerülési érték és azok egyes tételei - bekerülési érték - lízing díj <u>Immateriális javak beszerzésének költsége</u> - szoftver bekerülési értéke - lízing díj	<b>III. Szakmai megvalósításhoz kapcsolódó szolgáltatások költségei</b> <u>Műszaki ellenőri szolgáltatás költsége (max 1%)</u> <u>Egyéb műszaki jellegű szolgáltatások költsége</u> - egyéb mérnöki szakértői díjak - minőség-, környezet- és egyéb irányítási rendszerekhez kapcsolódó költségek <u>Képzéshez kapcsolódó költségek</u> - tananyag fejlesztése, kivitelezése - képzés költsége résztvevőnként <u>Egyéb szakértői szolgáltatási költségek</u> - felmérések, kimutatók, adatbázisok, kutatások, tanulmányok készítésének költsége <u>Kötelezően előírt nyilvánosság biztosításának költsége (max 0,5%)</u> <u>Projektszintű könyvvizsgálat költsége (max 0,5%)</u> <u>Egyéb szolgáltatási költség</u> - biztosítékok jogi, közjegyzői, bankköltségei - hatósági igazgatási, szolgáltatási díjak, illetékek - vagyonszolgáltatás díja	<b>IV. Szakmai megvalósításban közreműködő munkatársak költségei</b> <u>Szakmai megvalósításhoz kapcsolódó személyi jellegű ráfordítás</u> - munkabér - foglalkoztatást terhelő adók, járulékok - személyi jellegű egyéb kifizetések <u>Szakmai megvalósításhoz kapcsolódó útiköltség, kiküldetési költség</u> - utazási költség - helyi közlekedés költsége - napidíj	<b>V. Projektmenedzsment költségek (max 2,5%)</b> <u>Projektmenedzsment személyi jellegű ráfordítása</u> - munkabér - foglalkoztatást terhelő adók, járulékok - személyi jellegű egyéb kifizetések <u>Projektmenedzsmenthez kapcsolódó útiköltség, kiküldetési költség</u> - utazási költség - szállásköltség - helyi közlekedés költségei - napidíj <u>Projektmenedzsmenthez igénybe vett szakértői szolgáltatás díja</u> <u>Egyéb projektmenedzsment költség</u> - iroda, eszköz, immat javak bérleti költsége - anyag és kis értékű eszközök költsége	<b>VI. Általános (rezsi) költség (max 1%)</b> <u>Általános vállalat-irányítási költség</u> <u>Egyéb általános (rezsi) költség</u> - kommunikációs és postaforgalmi szolgáltatások költsége - közüzemi szolgáltatások költsége - általános vállalat-irányítási költség - őrzés költsége - karbantartás/állagmegóvás költsége - biztosítási költség - bankszámla nyitás és vezetés költsége - dokumentációs/archiválási költség	<b>VII. Adók, közterhek (ide nem értve a le nem vonható áfát)</b>	<b>VIII. Tartalék (max 10%)</b>
<b>Fajlagos költségkorlátok:</b> Az önállóan támogatható tevékenységek, a kapcsolódó választható- és a kötelezően alkalmazandó tevékenységek alkalmazásával általános esetben: 110.000 Ft/GJ éves szintű primerenergia-megtakarításra vetített bruttó, teljes beruházási költség támogatás kapható. Az önállóan támogatható tevékenységek, a kapcsolódó választható- és a kötelezően alkalmazandó tevékenységek alkalmazásával műemlékek, illetve a „közel nulla” épületenergetikai követelményeknek megfelelő épületek esetén: 130.000 Ft/GJ éves szintű primerenergia-megtakarításra vetített bruttó, teljes beruházási költség támogatható. Háztartási méretű PV napelemes rendszer telepítése esetén a fentiek felül 500.000 Ft/kW (a napelemes rendszerhez kapcsolódó inverter hálózati csatlakozási teljesítményére vetítve) maximális nettó beruházási költség támogatható.							
<b>SEAP kidolgozás maximális költsége:</b> - 10000 lakosig: 2 millió Ft - 30000 lakosig: 3 millió Ft - 30 000 lakos fölötti települések: 5 millió Ft Legalább három, egy térségben elhelyezkedő, együtt támogatást igénylő önkormányzat vagy megyei önkormányzat esetén: 7 millió Ft.							

Intézmény	Cím	Rendeltetés	Becsült költségek (nettó árak)			Megjegyzés
			Felújítás • hőszigetelés • ablakcsere • fűtőkorszerűsítés	Megújuló energia • napelemes rendszer		
Zalaegerszegi Gondozási Központ Idősek Gondozóháza	Landorhegyi u. 13/A	szociális intézmény	30 183 000 Ft	29 kWp	12 470 000 Ft	
Hevesi Sándor Színház	Kosztolányi tér 3.	színház	100 200 000 Ft	50 kWp	21 500 000 Ft	
Zalaegerszegi Öveges József Általános Iskola	Iskola utca 1.	iskola	60 000 000 Ft	50 kWp	21 500 000 Ft	
Zalaegerszegi Ady Endre Általános Iskola, Gimnázium és Alapfokú Művészeti Iskola	Kisfaludy Sándor u. 2.	iskola	37 570 000 Ft	50 kWp	21 500 000 Ft	a régi épület (Ady Endre u. 27.) felújítása, ami helyi védett építmény és ez plusz költségeket okozhat
Zalaegerszegi Belvárosi I. számú Óvoda Kis utcai Óvoda	Kis utca 8.	óvoda	17 360 000 Ft	29 kWp	12 470 000 Ft	
Zalaegerszegi Belvárosi I. számú Óvoda Mikes Kelemen utcai Tagóvoda	Mikes Kelemen u. 2/A.	óvoda	19 251 000 Ft	7 kWp	3 100 000 Ft	
Zalaegerszegi Belvárosi II. számú Óvoda Petőfi utcai Tagóvodája	Petőfi Sándor u. 25-29.	óvoda	96 500 000 Ft	18 kWp	7 740 000 Ft	az épület külső megjelenésének megtartása esetén a gazdasági mutatók nem teljesülnek, csak vakolható burkolattal
Zalaegerszegi Belvárosi II. számú Óvoda Szent László utcai Tagóvodája	Szent László utca 53.	óvoda	26 900 000 Ft	8 kWp	3 440 000 Ft	az utólagos tetőráépítéskor használt szigetelés vastagságának függvénye

23.1 számú táblázat: A TOP-6.5.1 pályázat feltételeit teljesítő épületek

## **TOP-6.5.2 Önkormányzatok által vezérelt helyi közcélú energiaellátás megvalósítása megújuló energiaforrások felhasználásával**

A fenti pályázat célja önkormányzatok tulajdonában lévő intézmények, épületek illetve infrastrukturális létesítmények saját (közcélú) energiaigényének kielégítése megújuló energiaforrásokból nyert energiával, amennyiben az egyes beruházások a fosszilis energiahordozókból származó ÜHG kibocsátás csökkentését szolgálják; továbbá a fejlesztések eredményeképpen helyi termelési folyamatok indulhatnak be és így közvetetten új munkahelyek jönnek létre.

Kizárólag 100% önkormányzati tulajdonú, vagy 100%-os önkormányzati tulajdonú gazdasági társaság kizárólagos birtokában lévő, közcéllal üzemeltetett intézmények, épületek és kapcsolódó infrastruktúrájuk saját (közcélú) energiaigényének kielégítése támogatott.

**Támogatás mértéke:** 100%

**Támogatás összege:** minimum 50 millió Ft, maximum 950 millió Ft

### **Speciális feltételek:**

- az adott épület vagy berendezés és kapcsolódó infrastruktúra a 2007-2013-as európai uniós programozási időszakban ROP vagy KEOP forrásból, ugyanolyan célú beruházásra már támogatásban részesült
- megvalósíthatósági tanulmány készítése a fejlesztésről, ami a felhívásnak megfelelő
- olyan projekt támogatható, ahol az energiatermelő rendszer üzemeltetését az Önkormányzat, vagy olyan közszolgáltató cég végzi, akivel az önkormányzat a 2012/21/EU bizottsági határozat szerinti közszolgáltatási szerződést kötött.
- BMR 0% - 15% közötti
- Intelligens rendszerek kiépítésének követelménye: minden energiatermelő beruházás során kötelező beépíteni a megtermelt energia mérését lehetővé tevő eszközöket

### **Támogatható tevékenységek köre**

#### ***Önállóan támogatható tevékenységek***

**a) Fosszilis tüzelőanyagot használó fűtőművek/erőművek átállítása biomassza alapú hő/villamos energia/ kapcsolt hő és villamos energia termelésre vagy új biomassza alapú fűtőművek/erőművek létrehozása. Cél a saját (közcélú) fűtési, hűtési, villamos energia igény kielégítése biomassza alapú megújuló energiával.**

- Fűtőművi/erőművi egység létesítése vagy átalakítása szilárd biomassza-alapú üzemvitelűre, a szükséges rendszertechnikai átalakításokkal. (Felhasznált biomassza lehet: mezőgazdasági fő- és melléktermék, kertészeti melléktermék, fás és lágyszárú energianövény, erdészeti fő- és melléktermék, egyéb nem veszélyes kategóriába tartozó ipari melléktermék/hulladék vagy ezek vegyes használata)
- A fűtőművi/erőművi egységtől a termelt villamos energia eljuttatása az energiaellátásba bevonni kívánt épületekhez való kapcsolódási pont(ok)ig és/vagy a villamos hálózati csatlakozási pontig (a csatlakozási pont kialakításával), és/vagy az előállított hőmennyiség hőfogyasztókhoz való eljuttatása a szekunder hálózatra történő kapcsolódási pont(ok)ig



- A geotermikus energia- termelési adatokat és az épületek fogyasztását (hő és/vagy villamos energia) mérő-rögzítő berendezések beépítése
- b) Meglévő geotermális kút hozamának növelése, meglévő geotermális energiahasználat bővítése, vagy igazolt hozammal rendelkező, fúrásra települő geotermális fűtőmű/erőmű kialakítása. Cél a saját (közcélu) fűtési, hűtési, villamos energia igény kielégítése geotermikus energiával.**
- A geotermális fűtőművi/erőművi egységtől a termelt villamos energia eljuttatása az energiaellátásba bevonni kívánt épületekhez való kapcsolódási pont(ok)ig és/vagy a villamos hálózati csatlakozási pontig (a csatlakozási pont kialakításával), és/vagy az előállított hőmennyiség hőfogyasztókhoz való eljuttatása a szekunder hálózatra történő kapcsolódási pont(ok)ig
  - Új termálkút (beleértve a próbafúrást is), visszasajtoló kút fúrása
  - Meglévő, ám nem hasznosított termálkút vizsgálata, felújítása, vízkúttá alakítása, és visszasajtoló kút létesítése (geotermikus kútpár kialakítása meglévő termálkút felhasználásával)
  - Kútgeofizikai felmérés, mintavétel, laboratóriumi vizsgálatok
  - Fluidum kitermelő rendszer, felhasználókhöz történő hőszállító rendszer kialakítása és bővítése
  - Kísérőgáz energetikai hasznosítása
  - Ideiglenes tárolómedence kialakítása, ideiglenes vízelhelyező rendszer kialakítása, összhangban a vízgazdálkodási törvény vonatkozó rendelkezéseivel
  - Geológiai vizsgálatok, szeizmikus mérések és hidrogeológiai, hőterjedési modellek készítése
  - Kútfej kialakítása és az ahhoz szükséges építmény (Pl. mérési állomás) és/vagy gépészeti beruházások
  - A geotermikus hasznosításhoz, hőátvitelhez szükséges szekunder oldali műszaki, gépészeti tervek, mintavizsgálatok, műszaki tervek elkészítése, valamint a fogyasztók rendszerbe történő bekapcsolása
  - A geotermikus energia-termelési adatokat és az épületek fogyasztását (hő és/vagy villamos energia) mérő-rögzítő berendezések beépítése
- c) Napenergia alapú villamos erőművek létrehozása saját (közcélu) villamosenergia-igény kielégítése céljából.**
- Napenergia hasznosító berendezések és azok rögzítő, tartó rendszere, a villamos hálózati csatlakozáshoz és a rendszerrel való műszakilag biztonságos működéshez szükséges eszközök és hálózati elemek (Pl. PV napelemek, tartó eszközök, állványok, inverter, akkumulátor amennyiben szükséges) beépítése
  - A termelt villamos energia eljuttatása az energiaellátásba bevonni kívánt épületekhez való kapcsolódási pont(ok)ig és/vagy a villamos hálózati csatlakozási pontig (a csatlakozási pont kialakításával)
  - A villamos energia-termelési adatokat és az épületek fogyasztását mérő-rögzítő berendezések beépítése.

***Önállóan nem támogatható, választható tevékenységek***

Önállóan nem, csak az önállóan támogatható tevékenységek pontban felsorolt tevékenységekkel együtt támogathatók az alábbi tevékenységek:

- a) **Az energiatermelő rendszerre csatlakozó épületek ellátását biztosító, biomassza előállításához, feldolgozáshoz, tároláshoz szükséges logisztikai rendszerek, épületek, berendezések, gépek beszerzése**
  
- b) **Önkormányzati Fenntartható Energia Akcióprogramok (SEAP) elkészítésének támogatása – amennyiben nem áll rendelkezésre:**
  - A szükséges adatgyűjtések, felmérések elvégzése, a stratégia kidolgozása.

***Önállóan nem támogatható, kötelezően megvalósítandó tevékenységek***

Önállóan nem, csak az önállóan támogatható tevékenységek pontban felsorolt tevékenységekkel együtt támogatható, kötelezően megvalósítandó tevékenységek:

- a) Akadálymentesítés – amennyiben releváns
- b) Nyilvánosság biztosítása
- c) Képzési anyag kidolgozása, képzés tartása
- d) A beruházás során az alkalmazott technológiá(kat) ismertető, információterjesztésre és szemléletformálásra alkalmas bemutatóhely (virtuális vagy fizikai) kialakítása és a nagyközönség számára térítésmentesen elérhetővé tétele (max. 100 ezer Ft)

**Elszámolható költségek TOP-6.5.2**

I. Projektelőkészítési költség	II. Beruházási költségek	III. Szakmai	IV. Szakmai	V. Projektmenedzsment	VI. Általános (rezsi)	VII. Adók, közterhek	VIII. Tartalék
<p><u>Előzetes tanulmányok, engedélyezési dokumentumok költsége (max 5%)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- MT</li> <li>- környezeti hatásvizsgálat, előzetes vizsgálat költsége, beleértve klímakockázati elemzés és kezelés, ökológiai állapotfelmérés, vizek állapotára gyakorolt hatás felmérése, esélyegyenlőségi megfelelési tanulmány és egységes környezethasználati engedélyhez kapcsolódó vizsgálat költsége</li> <li>- előzetes vizsgálat költsége, úgy mint szeizmikus vizsgálatok, geofizikai mérések kiértékelése, geológia, hidrogeológia, hőterjedési modell készítése</li> <li>- előzetes vizsgálat költsége, úgy mint próbakutak és talajminta vételezéshez elvégzett fúrások költségei</li> <li>- egységes környezethasználati engedélyhez kapcsolódó vizsgálat költsége</li> <li>- szükségletfelmérés, előzetes igényfelmérés, célcsoport elemzése, piackutatás, helyzetfeltárás költsége</li> <li>- egyéb szükséges háttér tanulmányok, szakvélemények</li> <li>- műszaki tervek (elvi engedélyes, vízjogi engedélyes, építési engedélyes tervek), kiviteli és tendertervek, ezek hatósági díja tervellenőr költsége</li> </ul> <p><u>Közbeszerzés költsége (max 1%)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- közbeszerzési szakértő díja</li> <li>- közbeszerzési eljárás díja</li> </ul>	<p><u>Ingatlan vásárlás költségei (max 2%)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ingatlan bekerülési értéke vagy ezen belül:</li> <li>- ingatlanhoz kapcsolódó vagyoni értékű jog megvásárlása</li> <li>- kisajátítási terv</li> <li>- értékbecslés</li> <li>- kártalanítási költség</li> <li>- ügyvédi díj</li> <li>- vezetékjogi kártalanítás</li> <li>- fennálló bérleti jog és a beruházással érintett ingatlan használatára vonatkozó jogviszony megszüntetésének költsége</li> </ul> <p><u>Ingatlanhoz kapcsolódó, tulajdonszerzéssel nem járó kártalanítási költség</u></p> <p><u>Terület-előkészítési költség (max 2%)</u></p> <p><u>Építéshez kapcsolódó költség</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- építés bekerülési értéke, vagy ezen belül:</li> <li>- új építés</li> <li>- átalakítás</li> <li>- bővítés</li> <li>- felújítás</li> <li>- beüzemelési költségek</li> </ul> <p><u>Eszközbeszerzés költsége</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bekerülési érték és azok egyes tételei</li> <li>- bekerülési érték</li> <li>- lízing díj</li> </ul> <p><u>Immateriális javak beszerzésének költsége</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vagyoni értékű jog bekerülési értéke</li> <li>- szoftver bekerülési értéke</li> <li>- lízing díj</li> <li>- egyéb szellemi termék bekerülési értéke</li> </ul>	<p><u>megvalósításhoz kapcsolódó szolgáltatások költségei</u></p> <p><u>Műszaki ellenőri szolgáltatás költsége (max 1%)</u></p> <p><u>Egyéb műszaki jellegű szolgáltatások költsége</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- egyéb mérnöki szakértői díjak</li> <li>- minőség-, környezet- és egyéb irányítási rendszerekhez kapcsolódó költségek</li> </ul> <p><u>Képzéshez kapcsolódó költségek</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- tananyag fejlesztése, kivitelezése</li> <li>- képzés költsége résztvevőnként</li> </ul> <p><u>Egyéb szakértői szolgáltatási költségek</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- felmérések, kimutatások, adatbázisok, kutatások, tanulmányok készítésének költsége</li> <li>- használatbavételi és/vagy üzemeltetési engedélyek költségei</li> </ul> <p><u>Kötelezően előírt nyilvánosság biztosításának költsége (max 0,5%)</u></p> <p><u>Projektszintű könyvvizsgálat költsége (max 0,5%)</u></p> <p><u>Egyéb szolgáltatási költség</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- biztosítékok jogi, közjegyzői, bankköltségei</li> <li>- hatósági igazgatási, szolgáltatási díjak, illetékek</li> <li>- vagyonbiztosítás díja</li> </ul>	<p><u>megvalósításban közreműködő munkatársak költségei</u></p> <p><u>Szakmai megvalósításhoz kapcsolódó személyi jellegű ráfordítás</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- munkabér</li> <li>- foglalkoztatást terhelő adók, járulékok</li> <li>- személyi jellegű egyéb kifizetések</li> </ul> <p><u>Szakmai megvalósításhoz kapcsolódó útiköltség, kiküldetési költség</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utazási költség</li> <li>- helyi közlekedés költsége</li> <li>- napidíj</li> </ul>	<p><u>Projektmenedzsment költségek (max 2,5%)</u></p> <p><u>Projektmenedzsment személyi jellegű ráfordítása</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- munkabér</li> <li>- foglalkoztatást terhelő adók, járulékok</li> <li>- személyi jellegű egyéb kifizetések</li> </ul> <p><u>Projektmenedzsmenthez kapcsolódó útiköltség, kiküldetési költség</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utazási költség</li> <li>- szállásköltség</li> <li>- helyi közlekedés költségei</li> <li>- napidíj</li> </ul> <p><u>Projektmenedzsmenthez igénybe vett szakértői szolgáltatás díja</u></p> <p><u>Egyéb projektmenedzsment költség</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- iroda, eszköz, immat javak bérleti költsége</li> <li>- anyag és kis értékű eszközök költsége</li> </ul>	<p><u>Általános (rezsi) költség (max 1%)</u></p> <p>Általános vállalat-irányítási költség</p> <p>Egyéb általános (rezsi) költség</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kommunikációs és postaforgalmi szolgáltatások költsége</li> <li>- közüzemi szolgáltatások költsége</li> <li>- általános vállalat-irányítási költség</li> <li>- őrzés költsége</li> <li>- karbantartás/ állagmegóvás költsége</li> <li>- biztosítási költség</li> <li>- bankszámla nyitás és vezetés költsége</li> <li>- dokumentációs/ archiválási költség</li> </ul>	<p><u>(ide nem értve a le nem vonható áfát)</u></p>	<p><u>(max 10%)</u></p>
<p>SEAP kidolgozás maximális költsége:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10000 lakosig: 2 millió Ft</li> <li>- 30000 lakosig: 3 millió Ft</li> <li>- 30 000 lakos fölötti települések: 5 millió Ft</li> </ul> <p>Legalább három, egy térségben elhelyezkedő, együtt támogatást igénylő önkormányzat vagy megyei önkormányzat esetén: 7 millió Ft.</p>							

## Vidékfejlesztési Program

A Vidékfejlesztési Program az agrárium, illetve általában a vidéki szereplők megerősítését célozza. A Program első pályázatai 2015 őszén jelentek meg, és az év végével folyamatosan nyitják meg a pályázási lehetőségeket. A VP pályázataira a vidéki térség indulhat, azaz az a település, ahol közigazgatási jogállástól (város/község) függetlenül:

- a népesség 10 ezer főnél kevesebb,
- 10 ezer fő feletti lakossággal rendelkező tanyás települések külterületei

A fentieknek megfelelően Zalaegerszeg tanyás külterületei számára lesz elérhető a pályázat. A helyi gazdálkodók tudnak indulni a korszerű (megújuló energiával kombinált) természáritók korszerűsítésére/létesítésre.

### Kisméretű terménytárolók és száritók beruházásai

Támogatható tevékenységek:

- terménytárolók építése (max. 5000 tonna kapacitásig), meglévők korszerűsítése, természáritók és tisztítók üzemeltetéséhez (épített vagy mobil) eszközök, technológiák és infrastruktúra fejlesztése
- meglévő természáritók és tisztítók energiafelhasználásának javítása, megújuló technológiák beszerzése, valamint kapcsolódó technológia és infrastruktúra felújítása
- a fiatal mezőgazdasági termelők gazdaságainak megerősítése, fejlesztése

Támogatásra csak a legfeljebb 350 000 Euro STÉ üzemmérettel rendelkezők jogosultak.

Feltétel a pályázáshoz:

- foglalkoztatotti létszám fenntartása
- energiahatékonyság javítását célzó beruházás esetén
  - o legalább 10% egységnyi energiahatékonyság javulás
  - o az adott technológiára vonatkozó releváns tanúsítvány és/vagy energetikai számítás megléte,
- biogáz technológia alkalmazása esetén a felhasznált gabonafélék, valamint a keményítő- és cukortartalmú növények (hulladékok, aratási maradványok, melléktermékek kivételével) aránya nem érheti el a betáplált inputanyagok mennyiségének 50%-át
- mezőgazdasági eredetű biomassza alapú megújuló energia megoldás alkalmazása esetén:
  - o az alapanyag csak Annex I. termék lehet
  - o ha a fő cél villamos energia előállítás, a technológia önfogyasztása felett keletkezett hő legalább 25%-ának saját gazdaságon belül hasznosítása
  - o nem kapcsolt hőenergia-termelést megvalósító technológia alkalmazása esetén a berendezés hatásfoka legalább 70%-os

- épületenergetikai korszerűsítések esetén:
  - o 176/2008. (VI. 30.) korm. rendelet szerinti energetikai minőségtanúsítvány megléte
  - o 2010/31/EU irányelv szerinti költség optimum elérése

Támogatás várható nagysága:

	<b>Egyéni beruházás</b>	<b>Kollektív beruházás</b>
Maximális alaptámogatás	330 000 Euro/projekt	1 000 000 Euro/projekt
Alaptámogatás intenzitás (KMR régió)	40+	+10 százalékpont
Alaptámogatás intenzitás (nem KMR régió)	50%	



## **INTERREG – Határon átnyúló együttműködési program**

Az EU által támogatott ETE program (Európai Területi Együttműködés) a szomszédos országok közös pályázati együttműködésére irányul. Az egyes országok közötti együttműködés megyei szinten van leosztva, azaz Zalaegerszeg számára az Ausztria-Magyarország és Szlovénia Magyarország határtérségének határon átnyúló együttműködési projektjeit segíti.

Pályázó köre:

- nemzeti, regionális és helyi közintézmények
- közintézményekkel azonos elbírálás alá eső intézmények
- non-profit szervezetek
- egyéb intézmények, amelyek a projektszinten közérdekű tevékenységet folytatnak, ide tartoznak például:
  - o állami, tartományi, illetve megyei szervek
  - o önkormányzatok
  - o egyetemek
  - o a többségében közintézmények által finanszírozott és ellenőrzött létesítmények
  - o közhasznú non-profit szervezetek és egyesületek

A pályázatokat közös partnerségben kell benyújtani. A partnerségnek legalább egy osztrák és egy magyar szervezet között kell létrejönnie, melynek során a partnerek egyikének vállalnia kell a vezető partner szerepét.

Támogatásra jogosult régiók:

*Ausztria-Magyarország programban:*

Ausztria: Észak-, Közép- és Dél-Burgenland, Bécs, a Bécs környéki területek déli része, Alsó-Ausztria déli része és Kelet-Stájerország

Magyarország: Győr-Moson-Sopron megye, Vas és Zala megye

*Szlovénia-Magyarország programban:*

Szlovénia: Podravje és Pomurje régió

Magyarország: Vas és Zala megye

A tanulmányban szereplő hidrogénos fejezetben kifejtett mintaprojekt jellegű hidrogén üzemanyag töltő állomást, annak előkészítését, országok közötti feltérképezését lehetne e programokon belül támogatni.

## 23.2 Projektek előkészítése

Egy sikeres energetikai pályázat kiindulópontja, annak megfelelő előkészítettsége. Sokszor nem elég hangsúlyozni, hogy a jó felkészülés az alapfeltétele annak, hogy eredményes pályázat szülessen, valamint annak kivitelezése is rendben – összhangban a tervekkel és pályázati kiírással – kerüljön megvalósításra. Mind a napelemes, mind a komplex (megújuló energiaforrás + energiahatékonysági beruházás) energetikai beruházás esetében bemutatásra kerülnek azon főbb pontok, melyek gyakorlati szempontból mutatják be a szükséges teendőket az önkormányzat számára.

### Pályázat előkészítésének általános folyamatábrája



#### 1. lépés: Lehet-e indulni a pályázaton?

Beleférnek-e a pályázói körbe?  
Adott-e olyan épület, ami belefér a pályázati kritériumokba?  
A kizáró feltételek relevánsak-e?

2. lépés: A pályázatban előírt és támogatott műszaki tartalom alapján a felújításra javasolt épület belefér-e a kritériumokba? (előzetes felmérés, fényképes dokumentáció, volt-e korábban felújítás, alaprajzok, metszetek ellenőrzése)

3. lépés: Műszaki tartalom kidolgozása – árajánlatok készítése

4. lépés: A pályázathoz tartozó soft költségek (előkészítési költségek, projektmenedzsment, műszaki ellenőrzés, audittal kapcsolatos költségek, nyilvánosság költségek) összeállítása

5. lépés: Végző költségvetés összeállítása

6. lépés: Pályázat benyújtása a Közreműködő Szervezethez



### 23.2.1 Napelemes pályázat előkészítése és megvalósítása

#### **1. Napelemes beruházás épületen, az épület energiaigényének kielégítésére**

Adott épület napelemes beruházásának előkészítésekor alapvető kérdés az épület benapozottsága, az árnyékolási kérdések, valamint a villamos energiafogyasztás. A legtöbb energetikai pályázathoz tartozik ún. indikátor vállalás (indikátorok lehetnek: üvegházhatású gázok kibocsátás csökkenése, megújuló energiahordozóból származó villamos energia termelés, megújuló energiahordozó felhasználás növekedése), melyeket már a pályázat beadásakor ki kell számolni, és a benyújtott értékeket nyertesség esetén tartani kell a fenntartási időszak végéig. Nem megfelelően előkészített, rosszul kiszámolt indikátor adatok, valamint nem megfelelő hozamú pl. napelemes rendszerek (pl. árnyékolva lett a rendszer, nem veszik észre, hogy le van kapcsolva stb.) azt eredményezhetik, hogy az indikátorokat nem sikerül tartani. Az ún. fenntartási jelentésben minden évben le kell adni a valós indikátor értékeket, amennyiben itt eltérés mutatkozik a vállalt értékektől, az azt jelenti, hogy a pályázó (önkormányzat) nem tudta tartani a vállaltakat, akár szabálytalansági eljárás is indulhat.

Amennyiben elenyésző adott épületen belül a fogyasztás – például mert csak időszakosan használják (1500 kWh éves fogyasztás alatti) -, pályázati szempontból eleve kizárt, ugyanis a mérhető energia megtakarítási értékeket/indikátorokat nem lehet vállalni, nem lehet indulni a pályázaton. Fontos, hogy műemlék-jellegű-e az épület, amennyiben igen, az megnehezíti, sokszor el is lehetetleníti a napelemes beruházást (örökségvédelmi hivatal jóváhagyását kell kérni). Helyi védelem alatt álló épületre az előbbi nem releváns. Van, hogy a pályázati kiírás eleve kizárja műemlék jellegű épület energiahatékonysági felújítását.

A legutóbbi napelemes pályázati kiírások esetében 500 ezer Ft/kW fajlagos költség került támogatásra, azt javasoljuk, hogy 400-450 ezer Ft/kW fajlagos költségű ajánlatot ne fogadjon az önkormányzat, nem fogják támogatni.

Előfordulhatnak olyan költségnövelő tényezők is, melyeket ha nem derítenek fel egy előzetes helyszíni felmérés alkalmával, később többletköltséget jelenthet a kivitelezésnél, és ezen költségeket pályázatból nem lehet elszámolni. (Például szigetelési kérdések - meg kell-e bontani, hálózat korszerűsítési kérdések – milyen állapotban vannak a vezetékek, statikai kérdések – milyen állapotban van a tető)

Egy jó napelemes projekt megvalósításához az alábbiak szükségesek:

Napelemes projektek – épületeken (50 kW alatt)		
Előkészítő szakasz – az ajánlat kiadásához	legutolsó 3 év éves villany elszámoló számlái	amennyiben a rendszer használati díjait és a villamos energia díjat külön-külön szolgáltatótól veszi, akkor mindkét szolgáltatótól szükségesek a számlák
	hálózathasználati szerződés	arra az épületre vonatkozóan, amire a napelemek kerülnek
	fényképek az adott épület tetőről és a padlásról	
	fényképek az épületről	itt lehetőleg minél nagyobb része látszódjon egyben az épületnek, az épület minden oldaláról legyen fotó
	fényképek a mérőóráról, megszakítókról és a mérőhelyről	
	fényképek D-DK-DNy irányba a lehetséges beárnyékolókról	árnyékolók lehetnek: fák, villanyoszlop, szomszéd épület stb.
	az épületről rendelkezésre álló építész tervrajzok	ezek közül a metszetek a legfontosabbak
	van-e villámvédelem az épületen?	ha van, erről pár fotó
Kivitelező szakasz	földhivatali térképmásolat	
	tulajdoni lap	
	eredeti aláírási címpéldány	
	csatlakozási terv	
	statikai szakvélemény	

## **2. Napelemes beruházás hálózatra történő energiatermelésre**

A legfontosabb, hogy legyen megfelelő terület a napelemes kiserőmű telepítéséhez. Ez lehet szabad földterület, vagy meglévő, eddig kihasználatlan (nem északi) tetőfelület. Fontos, hogy a kiválasztott felület –akár föld akár tető – statikailag elbírja a plusz terhet. Ezért statikai vizsgálat szükséges a telepítés előtt. Ezt sokszor már a pályázathoz is kérni szokták.

Másik fontos dolog, hogy a helyi villamos hálózat elbírja-e a rá terhelendő rendszer teljesítményét. Ha közvetlen a közcélú hálózatra táplálunk rá, akkor lényeg, hogy a megfelelően kiválasztott transzformátoron túl – amin a kiserőmű rátáplál a hálózatra - a közcélú hálózat is megfelelő teljesítmény átvitelre legyen képes.

Erre való az áramszolgáltató felé benyújtott kérelem – igénybejelentés – mely során az áramszolgáltató megvizsgálja a villamos hálózatot, hogy elbírja-e a plusz terhet.

Legyenek rendezettek a telepítendő hely tulajdonviszonyai! Az összes tulajdonrész képviselő személy hozzájárulása szükséges a beruházás véghezviteléhez.

A kiserőmű építése a jelenlegi szabályozás szerint az áramszolgáltatói engedélyezésen túl építési engedély köteles tevékenység KIVÉVE, ha a létesítményt ellátjuk visszatáplálás-gátló automatikával. (Erre most jött ki egy törvénymódosítás, ami 2016. január 1-től él).

(8) A Vet. 116. § (3) bekezdés a) és b) pontja helyébe a következő rendelkezések lépnek:

„Nem kell a Hatóság 115. §-ban meghatározott engedélyét kérni) a védett természeti terület és Natura 2000 terület kivételével a legfeljebb 0,5 MW névleges teljesítőképességű kiserőmű építéséhez, ha az nem táplál villamosműre”

A rendszer kiépítésének végén megfelelő villámvédelmi méréssel kell bizonyítani, hogy jó a rendszer. Ergó, a rendszerhez tartozó villámvédelmet ki kell építeni, ki kell egészíteni (ha már van)!

Az alábbiakat kell megvizsgálni az előkészítő szakaszban a jó ajánlat előkészítéséhez:

Első lépés:

- Elszámoló számlák (meglévő ingatlan)
- Térképmásolat
- Tervek – (helyszínrajz, Orto fotók pdf rajzok ) – épületek fotói
- Transzformátor fotó, gyári szám (meglévő ingatlan)

Földre telepítés esetén:

- Domborzat
- Talajmechanika
- Védettség – tájvédelmi – Natura 2000
- Villamos csatlakozási lehetőség

Tetőfelületre telepítés esetén:

- Műemlék védett épületek
- Trafóház – Trafó gyári szám – Épület távolsága a trafótól
- Tájolás – Tető, tetőállapota (Szekszárd tetőszigetelés)
- Helyszínrajz bekérése
- Szerződések bekérése (hálózathasználati)
- Üzemviteli megállapodás
- Statikai állapot

Transzformátorok fontossága:

- Gyári szám (igénybejelentés)
- jelenlegi betáplálás mérete (3×250 A)
- épületek távolsága a transzformátortól
- akadályok (beton út, parkok, patak)



- kell-e kábelt cserélni (régie a kábel?)
- bővíthetőség (van-e hely a trafóházban?)
- automatizálás szükségessége (szolgáltatók)

### 23.2.2 Komplex (épületenergetikai + megújuló energia) pályázat előkészítése

Komplex típusú pályázatoknál a legfontosabb mutatószám az ún. BMR – beruházás pénzügyi megtérülési rátája. A legtöbb ilyen jellegű pályázat 0-15% BMR-t enged meg. Miért ennyi? Ahol a BMR nagyon alacsony, vagy nulla, a beruházás nem térül meg gazdaságosan az élettartamra vetítve, ezért támogatják ezen fejlesztéseket pályázati forrásból.

A BMR értéke miből adódik ki? Jelenlegi (számlákkal igazolt) és jövőbeli tervezett energiafogyasztás különbségéből, illetve a megvalósítandó épületenergetikai technológiák költségeiből. Mi kell a BMR érték előzetes kiszámításához? Tervrajz, részletes fényképes dokumentáció, elszámoló számla, utolsó havi számla.

A fentiekből adódóan nem mindegy, hogy adott energetikai felújítandó épület milyen állapotban van, mennyi a jelenlegi energiafogyasztása, volt-e már korábban bármilyen hasonló fejlesztése stb.

Az eddigi gyakorlati tapasztalatok alapján komplex pályázatra a legideálisabb az az épület, ahol még nem volt – vagy kisebb mértékű volt csak - korábban energetikai felújítás; és nyílászáró csere, hőszigetelés, fűtőkorszerűsítés egyben megvalósulhat egy pályázaton belül. Minél nagyobb energiamegtakarítást eredményez a fejlesztés, annál jobb lesz a BMR értéke.

Problémák lehetnek az alábbi épületek:

- fafűtés van
- nyílászáró aránya a teljes felületből magas
- lapos tető vs nyeregtető: lapos tetőt 3× annyiba kerül hőszigetelni, mint a nyeregtetőt – rontja a BMR-t
- minél tagoltabb egy épület, annál nehezebb a BMR-t jól kihozni – többet kell szigetelni ugyanannyi energiamegtakarításhoz
- speciális nyílászárói vannak-e az épületnek (boltívek, háromszögek)
- műemlék vagy műemléki környezetben lévő épületek
- nem rendeltetésnek megfelelően használt épületek (nincs fűtve, nincs használva)

Ajánlat adáshoz szükséges dokumentumok:

- három év gáz és villanyszámlái, költségbecsléshez 1 év számlái, de lehetőleg egy éves elszámoló számla
- utolsó havi közüzemi számlák, melyek a fajlagos, aktuális fogyasztói díjat tartalmazzák
- Fényképek – emellett nagyon fontos a helyszíni felmérés is, minden esetben történjen meg a pontos árajánlathoz!!
  - o fontos, hogy látszódjon az épület egésze, ne csak részlete
  - o épület minden oldaláról legalább egy fénykép
  - o amennyiben lapos tetős, akkor pár fénykép a tetőről
  - o villanyóráról és gázóráról kép, látszódjon a villanyóra és gázóra száma
  - o fénykép a villanyóra szekrényről
  - o gépészeti helységről több fénykép
  - o hálózathasználati szerződés – villanyról és gázzal is
  - o tervrajzok – alaprajz, metszetek, rétegtérkép

A pályázathoz – költségvetéshez – pontos építész és gépész (fűtés és/vagy gáz) tervek szükségesek, mert

- csak így lehet pontos anyagkigyűjtést készíteni, amit árazni lehet. Fotókból készült becslést nem lehet felelősen lecsökkenteni, hogy teljesüljenek a pályázati mutatók
- csak pontos, aktuális építész tervekből (alaprakzok, metszetek, homlokzatok) lehet a kötelező energetikai számítást elkészíteni
- mert a tervdokumentáció általában kötelezően csatolandó melléklete az energetikai pályázatoknak.

## 23.3 Egyéb finanszírozási formák

### 23.3.1 Helyi finanszírozás

Magyarországon jelenleg nem tudunk igazoltan sikeres közösségi finanszírozású projektről. Valószínűleg ennek egyik oka, hogy Magyarországon a naperóművel termelt villamos energiáért kapható (nettó ~32,14 Ft) támogatott ár csak a viszonylag nehézkes és hosszadalmasnak mondható KÁT rendszerben (1-1,5 éves procedúra) érhető el. 50 kWp teljesítményig pedig csak az úgynevezett szaldós elszámolással lehet a kereskedelmi villany árát „visszanyerni”, de ehhez legalább annyi éves fogyasztás is kell, mint amennyit a napelem termel. A fogyasztási helyek nem összevonhatók tehát csak megtermelés helyén (gyakorlatilag a naperómű „közvetlen közelében”) adódó fogyasztást tudjuk kiváltani.

A SunMoney finanszírozási rendszer Magyarországon is jelen van azonban ennek hosszú távú megbízhatóságáról, elfogadottságáról nincsenek pontos információink. <http://www.sunmoney.net/fooldal> Az első tetőre telepített projekt Nemesvámoson valósult meg.<sup>550</sup>

### 23.3.2 Ausztria

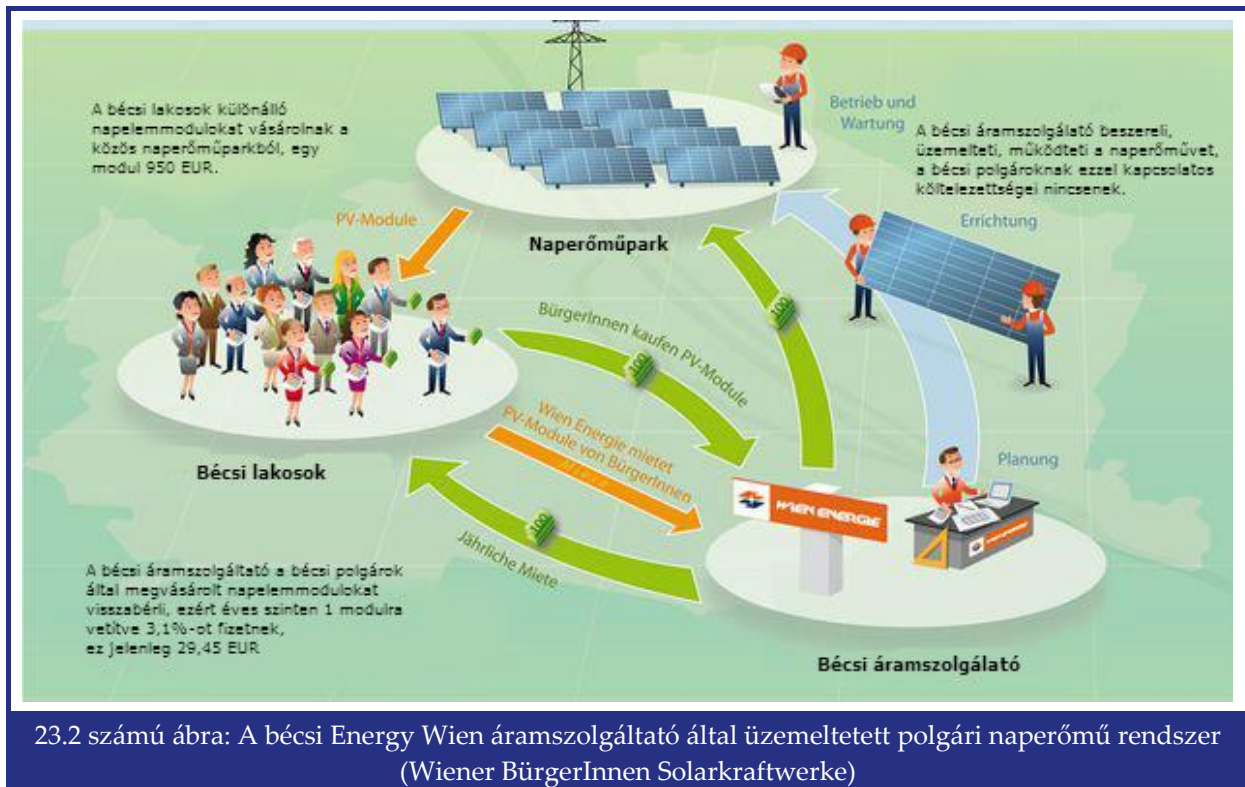
Az ausztriai közösségi naperómű kezdeményezések sikeresek és népszerűek elfogadottak a polgárok körében. Igaz náluk a támogatott átvételi vételár rendszer az ún. feed in tariff terjedt el háztartási és egyéb erőmű méreteken is. Magyarországon ilyen díjrendszer lett volna a METÁR ami mostanáig nem valósult meg.

Ausztriában általában a közösségi naperómű projektbe befizetett fix összegért (napelem modul egységár) a pénzintézetekhez hasonlóan éves fix hozamot kapnak (vissza bérleti díj) a tagok, nem villamos energiát, tehát a rendszer inkább hasonlít egy bankbetéthez mintsem a hagyományos naperóművek előnyeire. Ugyanakkor, a polgárok biztosak lehetnek benne, hogy a kapott összeg megújuló energiatermelésből származik, nem ismeretlen projektet finanszíroztak a pénzükből ráadásul a hozam meghaladja a banki hozamokat.

---

<sup>550</sup> Forrás:

[http://naperomu.club/index.php?page=Blog&category=none&article=elso\\_kozos\\_sunmoney\\_eromu\\_latogatas](http://naperomu.club/index.php?page=Blog&category=none&article=elso_kozos_sunmoney_eromu_latogatas)



23.2 számú ábra: A bécsi Energy Wien áramszolgáltató által üzemeltetett polgári naperőmű rendszer (Wiener BürgerInnen Solarkraftwerke)

Hasonló kezdeményezés az Osztrák SPAR áruházlánc naperőmű kezdeményezése is. Amit szintén az Energy Wien bonyolított le.<sup>551</sup>

### 23.3.3 Energiaszövetkezetek

A fenti ausztriai példához hasonló. Az Energiaszövetkezeteknek Németországban 130 000 (más forrás szerint 150e) tagja van, mintegy 1,2 milliárd Euro megújuló energia befektetés. Előnyei az energiaszövetségnek:

- demokratikus struktúrák, átláthatóak, alacsonyak a terjesztési költségei
- nélküle az elmúlt 15 évben a németországi gyors fejlődés a megújuló energia vonatkozásában nem lett volna lehetséges
- szerepük az elkövetkező években egyre fontosabb lesz az energetikában bekövetkező fordulat, és az energiaköltségek hosszú távú minimalizálása következtében – mivel a kötelező átvételi árak esnek, az energia és a tőkepiacok gyorsan változnak
- ez egyfajta befektetés –részt vehet bárki a termékek és technológiák piacán, meg lehet találni a legvonzóbb kritériumokat kamatozás, futamidő és kockázat tekintetében, függetlenül attól, hogy hol él az adott polgár

<sup>551</sup> Forrás: <https://www.buergerkraftwerke.at/eportal2/ep/channelView.do/pageTypeId/67349/channelId/-47875>  
2015. október 27.

## 23.4 Rövid távú célkitűzések (2017-ig) pályázati lehetőségei

A rövid távú célkitűzésekben szereplő fejlesztési javaslatokat a jelenleg elérhető (vagy OP, illetve tervezet szerinti) pályázatok szerint mutatjuk be.

Bár jelen fejezet készítésének időpontjában a TOP-6.5.1 pályázat még nem jelent meg, a közintézmények energetikai fejlesztése kiemelt fontosságú, és előkészítésükre is nagy hangsúlyt kell fektetni, hogy eredményes pályázat szülessen. A lenti táblázatban felsoroljuk azokat az épületeket, amelyek – a rendelkezésre álló információk alapján – a pályázaton jó eséllyel indulni tudnak.

Fejlesztési cél	Pályázati forrás
<u>Közintézmények energetikai felújítása</u> - Zalaegerszegi Gondozási Központ Idősek Gondozóháza - Hevesi Sándor Színház - Zalaegerszegi Öveges József Általános Iskola - Zalaegerszegi Ady Endre Általános Iskola, Gimnázium és Alapfokú Művészeti Iskola - Zalaegerszegi Belvárosi I. számú Óvoda Kis utcai Óvoda - Zalaegerszegi Belvárosi I. számú Óvoda Mikes Kelemen utcai Tagóvoda - Zalaegerszegi Belvárosi II. számú Óvoda Petőfi utcai Tagóvodája - Zalaegerszegi Belvárosi II. számú Óvoda Szent László utcai Tagóvodája	TOP-6.5.1 Energiahatékonyság és megújuló energiaforrás használat fokozása az önkormányzatoknál

Elsődlegesen energetikai auditot kell elvégezni a fenti épületeken (ahol még nem történt meg), ezt követően pedig a fejlesztési igényhez és nem utolsósorban a BMR-hez (lásd Komplex pályázatok előkészítésénél részben) igazodó árajánlatokat kell bekérni.

---

Fejlesztési cél	Pályázati forrás
Hőszivattyú a szennyvíztelepen	TOP-6.5.2 Önkormányzatok által vezérelt helyi közcélú energiaellátás megvalósítása megújuló energiaforrások felhasználásával
Búslakpusztai déli energiapark	
Biomassza fűtőmű 2-3 MW	

Jelenleg a fenti pályázatnak is csak a tervezete elérhető, részletesebb információk lásd a fentiekben. Előkészítéséhez a szükséges környezetvédelmi engedélyeken és műszaki terveken túl Megvalósíthatósági Tanulmányt kell kidolgozni. Az előkészítési költségek a pályázatban elszámolhatóak.



Az MT javasolt tartalmi elemei:

- vezetői összefoglaló
- a projektgazda és projektmenedzsmen bemutatója
- a projekt indoklása
- a jelenlegi helyzet ismertetése (helyszín és tulajdonosi szerkezet, jelenlegi energiaellátáshoz kapcsolódó termelés és működési energia anyagmérlege, jelenlegi működési költségek és bevételek)
- az energiaigény jellege, mértéke
- a kiválasztott változat indoklása
- tájpotenciál vizsgálat
- a fejlesztés részletes bemutatása (műszaki tartalom stb.)
- pénzügyi és műszaki ütemterv
- a megvalósításhoz szükséges hatósági és egyéb engedélyek, a projektet érintő szabályozási környezet bemutatása
- a projekt környezetvédelmi jelentősége
- kockázatelemzés

---

Fejlesztési cél	Pályázati forrás
Kerékpárút hálózat fejlesztése, közösségi kerékpár hálózat (közbringa rendszer)	TOP-6.4.1 Fenntartható Városi Közlekedésfejlesztés

A pályázatra az önkormányzatnak 997 millió Ft keret került elkülönítésre.

Beadási határidő: 2016.01.19. – 2016.09.01.

Támogatás összege: minimum 50 millió maximum 997 millió Ft.

Támogatás mértéke: 100%

A fenti fejlesztési céllal egybeeső támogatható tevékenységek:

**Önállóan támogatható:**

**Kerékpárosbarát fejlesztés**

- a) Teljes település vagy településrész közlekedési úthálózatának kerékpárosbaráttá alakítása kerékpárforgalmi létesítmények kijelölésével, építésével
- b) Települések, vagy településközpont és lakott területen kívül elérhető lakott településrész közötti kerékpárforgalmi útvonal kialakítása
- c) Országos közút teljes átkelési szakasza vagy annak egy funkcionális egysége mentén (pl. településközpont és a település szélén egy lakóterület közötti szakasza) létesül kerékpáros útvonal
- d) Lakott területen kívül elhelyezkedő munkahelyek és a település belterülete közötti kerékpárforgalmi útvonal kialakítása
- e) Közbringa-rendszer kiépítése, bővítése:
  - a. kötött gyűjtőhelyek, azaz a gyűjtőállomások kiépítése, meglévő rendszer bővítése

- b. a közcélú kerékpárok beszerzése
- c. a szükséges informatikai szolgáltatások beszerzése
- d. bevezető és népszerűsítő kampány megvalósítása (közbringa kiépítése, fejlesztése esetén ez kötelező!)
- e. igény szerint a gyűjtőállomásokhoz kapcsolódó térfigyelő rendszer kiépítése
- f. az üzemeltetéshez és karbantartáshoz szükséges infrastruktúra (pl. ügyfélszolgálati iroda, karbantartó műhely) kialakítása
- g. a rendszer működtetéséhez szükséges logisztikai feladatot ellátó (alternatív meghajtású vagy legalább Euro 6 besorolású) szállítójárművek beszerzése
- h. gyűjtőállomás(ok) környezetének kerékpárosbaráttá alakítása a gyűjtőállomás(ok) akadálymentes és biztonságos kerékpáros és gyalogos megközelítése és elhagyása érdekében (pl. forgalomcsillapítás, kisebb építések, kijelölések, forgalomtechnikai beavatkozások, szegélyek akadálymentesítése stb.)
- i. közbringa rendszer kiépítése kizárólag kerékpárforgalmi létesítmények – úthálózat fejlesztések – kialakításával együtt támogatható.

**Önállóan nem támogatható, kapcsolódó tevékenység:**

- meglévő kerékpárforgalmi létesítmény korszerűsítése
- kerékpárosbarát kiegészítő infrastrukturális elemek fejlesztése (kerékpártámaszok, kerékpárparkolók, egyéb kiegészítők és B+R kerékpártárolók építése)
- kerékpáros pihenőhely kiépítése 5 kilométernél hosszabb külterületi kerékpáros útvonal esetében
- kerékpárforgalmi létesítmény útfenntartó gépeinek a beszerzése, vagy meglévő gépekhez a kerékpárforgalmi létesítmény fenntartásához szükséges adapterek beszerzése
- kerékpáros útvonal mentén közvilágítás – javasolt a napelemes világítás kialakítása

---

Fejlesztési cél	Pályázati forrás
Geotermikus erőmű Pózván	KEHOP Hálózatra termelő, nem épülethez kötött megújuló energiaforrás alapú zöldáram termelés elősegítése
Új biogáz erőmű	
Zala folyóra, illetve a szennyvíztisztító elfolyó vizére telepíthető vízerőmű	
Biomassza erőmű (amennyiben nem indulnak TOP-on)	
Geotermális alapú távhő	KEHOP Távhő és hőellátó rendszerek energetikai fejlesztése, illetve megújuló alapra helyezése

A fentiek előkészítése: a kidolgozott műszaki tartalmat követően engedélyezési eljárások lefolytatása, és Megvalósíthatósági Tanulmány készítése.

Fejlesztési javaslat		Pályázati/egyéb forrás	Pályázó köre
Energiahatékonyság	Közüintézmények energetikai felújítása	<b>TOP 6.5.1</b> <u>Energiahatékonyság és megújuló energiaforrás használat fokozása az önkormányzatoknál</u>	Települési önkormányzat
	Magánszemélyek családi házaik, panelházak energetikai felújítása: <ul style="list-style-type: none"> <li>• hőszigetelés</li> <li>• nyílászáró csere</li> <li>• megújuló energiaforrás: <ul style="list-style-type: none"> <li>o biomassza</li> <li>o geotermikus energia</li> <li>o napelem</li> <li>o napkollektor</li> <li>o hőszivattyú</li> </ul> </li> </ul>	A <b>Nemzeti Épületenergetikai Stratégia</b> (NÉES) fogja meghatározni a nagyszabású lakossági energiahatékonysági felújítások állami támogatási rendszerét. Ennek forrásait a nemzetközi szén-dioxid-kvótakereskedelemből befolyt bevételek és a 2014-2020 közötti európai uniós tervezési időszak operatív programjai biztosítják. <b>KEHOP</b> <sup>552</sup> <u>Épületek energiahatékonysági korszerűsítése megújuló energiaforrások alkalmazásával kombinálásával, illetve új, közel zéró szén-dioxid kibocsátású épületek létesítése</u>	Magánszemélyek
Napenergia	Búslakpusztai Déli Energiapark	<b>TOP-6.5.2.</b> <u>Önkormányzatok által vezérelt helyi közcélú energiaellátás megvalósítása megújuló energiaforrások felhasználásával</u> <b>KEHOP</b> <u>Hálózatra termelő, nem épülethez kötött megújuló energiaforrás alapú zöldáram termelés</u>	Önkormányzat, gazdasági társaságok
Infrastruktúra	Elektromos autók parkolóhelyeinek kialakítása	<b>TOP 2. prioritástengely 1. intézkedés:</b> <u>A települési környezet integrált és környezettudatos megújítása.</u> Ezen belül a településközpont, településrészek megújítása kerül támogatásra. Fenntartható közter-rehabilitáció és közterület-felújítási fejlesztések alakíthatóak ki.	Települési önkormányzatok, kisebbségi önkormányzatok illetve ezek társulásai; magán- és önkormányzati tulajdonú gazdasági társaságok
Hulladék hő hasznosítás	Hőszivattyú a szennyvíztelepen	<b>TOP-6.5.2</b> <u>Önkormányzatok által vezérelt helyi közcélú energiaellátás megvalósítása megújuló energiaforrások felhasználásával</u>	Önkormányzat, gazdasági társaságok
Energia Tárolórendszer	Energiatárolók kialakítása	<b>KEHOP:</b> <u>Hálózatra termelő, nem épülethez kötött megújuló energiaforrás alapú zöldáram-termelés:</u> Energiatároló rendszerek	Villamos energia-termelői engedélyesek, különösen a megújuló energiaforrás-alapú villamos energia-termelői egységek a saját termelésük kiegyenlítésére, az átviteli rendszerirányító, az elosztói rendszerüzemeltetők, villamos energia-kereskedők
Vízenergia	Zala folyóra, illetve a szennyvíztisztító elfolyó vizére telepíthető vízerőmű	<b>KEHOP.</b> <u>Hálózatra termelő, nem épülethez kötött megújuló energiaforrás alapú zöldáram termelés</u> <u>Vízenergia hasznosítása:</u> a környezetvédelmi és vízgazdálkodási szempontokat figyelembe véve elsősorban a kisebb folyók szabályozhatóságában fontos szerepet betöltő, már meglévő duzzasztókban beépíthető, 10 MWe alatti teljesítményű törpe vízerőművek, valamint a folyómedrekbe telepített 100-500 kWe teljesítményű, ún. áramlásos és úsztatott turbinák létesítésének, illetve a meglévő vízerőművek hatékonyságnövelésének ösztönzése a cél.	Gazdasági társaságok
Geotermikus energia	Geotermikus energia alapú távhő rendszer	<b>KEHOP</b> <u>Távhő és hőellátó rendszerek energetikai fejlesztése, illetve megújuló alapra helyezése</u>	Gazdasági társaságok
Biomassza	Biomassza erőmű 2-3 MW	<b>TOP-6.5.2</b> <u>Önkormányzatok által vezérelt helyi közcélú energiaellátás megvalósítása megújuló energiaforrások felhasználásával</u> <b>KEHOP.</b> <u>Hálózatra termelő, nem épülethez kötött megújuló energiaforrás alapú zöldáram termelés</u>	Települési önkormányzatok, gazdasági társaságok

<sup>552</sup> Sajtóértesülések szerint a Kormány nem kívánja támogatni ezt a megoldást, lakossági szektornak kizárólag visszatérítendő támogatásban gondolkodnak.

Biogáz	Új biogáz erőmű	<b>KEHOP: <u>Hálózatra termelő, nem épülethez kötött megújuló energiaforrás alapú zöldáram-termelés:</u></b> <b>Biogáz termelés és felhasználás:</b> a jelenleg rendelkezésre álló elsődleges anyagok (biológiailag lebomló háztartási hulladék, szennyvíziszap, állati trágya stb.) energetikai hasznosítása biogáz-előállítással villamos energia-termelés céljára. A szennyvíz-alapú biogáz termelés ösztönzése esetén az 5. prioritási tengely célja a szabályozható energiatermelő berendezések beszerzésének támogatása (gázmotor, hálózati csatlakozás, szabályozás, illetve tisztítás, komprimálás), szennyvíz-kezelő berendezések beszerzésére (fermentorok, szubsztrátum tárolók) a KEHOP 2. prioritási tengelye nyújt lehetőséget.	Gazdasági társaságok
Közlekedés	Kerékpárutak építése, kerékpárutak mentén napelemes világítás, közbringa rendszer kiépítése	<b>TOP-6.4.1 Fenntartható Városi Közlekedésfejlesztés</b>	Megyei Jogú Város, önállóan nem, konzorciumi partnerként: többségi önkormányzati tulajdonban lévő gazdasági társaságok közösségi közlekedést közszolgáltatási szerződés alapján ellátó gazdasági társaságok, építetők (NIF Zrt, MK NZrt),
Szemléletformálás	Szemléletformálási programok – Smart City koncepció elfogadása a polgárokkal	<b>KEHOP <u>Szemléletformálási programok:</u></b> az energia és klímatudatos viselkedések előnyeire felhívó programok kerülnek támogatásra.	Civil szervezetek, önkormányzatok, oktatási intézmények, központi költségvetési szervek
Hidrogén	Hidrogénes töltőállomás előkészítése, építése	<b>Interreg határon átnyúló együttműködések</b> (Magyarország – Ausztria, Magyarország-Szlovénia)	Partnerségben kell benyújtani a pályázatot: minimum 1 magyar és 1 szlovén illetve 1 osztrák Közintézmény, önkormányzat, egyetemek, nonprofit szervezetek

## 24. Mellékletek

### 24.1 Ütemterv

Év	Javaslat
2016	Település energetikus állás megpályáztatása, feladatainak és jogköreinek kialakítása (Pl.: önálló adatbekérési jogkör)
2016	Önkormányzati épületek energetikai stratégia szempontú korszerűsítés lehetőségének <u>részletes</u> felülvizsgálata mely épületek alkalmasak az energia hatékonyság növelésre melyek nem
2016	Önkormányzati épületek energetikai stratégia szempontú korszerűsítésének megkezdése
2016	Energetikai szempontú részletes épületnyilvántartási rendszer kialakítása/kibővítése (rétegrendek, gépészeti rendszerek sémája, tervrajzok) az Önkormányzati épületekre
2016	Településrendezési terv és építési engedélyeztetés energetikai stratégia szerinti fokozatos bővítése, módosítása
2016	Északi ipari park völgyes területeire tervezett 500kW-os naperómű egységek megvalósításának megkezdése
2016	Műemlék épületek szerkezeteinek felülvizsgálata, mely épületek szigetelhetőek és melyek nem
2016	Magas hőmérsékletű hőszivattyú telepítése a szennyvíztelep elfolyó vizének hő hasznosítására
2016	Jégcsarnok déli tetőzetére naperómű telepítése
2016	Folyamatban lévő közterület felújítások EV-járművek szempontjainak megfelelő felülvizsgálata
2016	Smart City Zalaegerszeg kezdő minta projekt projekt kiválasztása (projekt kick of) kivitelezés megindítása
2016	A jellemzően napi 120km-nél nagyobb futásteljesítményű járművek esetén CNG járművek beszerzése PL Zala Depo számára
2016	Önkormányzati saját transzformátorral rendelkező intézményeknél (Pl. vízmű, szennyvíztelep) nagy kiterhelésű 20/0,4kV transzformátorainak energetikai felülvizsgálata gazdaságosság vizsgálata
2016	Önkormányzati intézményeknél (vízmű, szennyvíztelep) nagy óraszámúban működő szennyvízátemelő szivattyúk, levegőztetők, stb., üzemelésének energetikai felülvizsgálata (hidraulika, tömítettség stb) korszerűsítése mint gyors megtérülésű beruházás



2016	Az önkormányzati transzformátor és nagy óraszámú 10kW+ villanymotorok energetika korszerűsítésének megkezdése
2016	Néhány minta EV jármű lassú töltő kiépítése a belvárosban a parkolóhelyekhez vandál biztos Pl. Kossuth utca elejére
2016	Kvázi energia független ház (mintaprojekt) részletes kiviteli tervének elkészítése, helyszín megválasztása
2016	Szélerőművekhez szükséges szélmerések és élővilág megfigyelések megkezdése az északi helyszíneken, előkészület a kvótákra
2016	20000km+ éves futásteljesítményű járművek esedékes lecserélésekor CNG jármű/járművek beszerzése
2016	Geotermikus távfűtés tervezésének és engedélyeztetésének megkezdése
2017	A saját fogyasztáshoz szükségesnél legalább 1.2× nagyobb nem árnyékos déli tetőfelülettel rendelkező épületekre napelemes rendszer telepítése ár-érték szerint
2017	Kvázi energia független lakóház (mintaprojekt) megépítésének megkezdése
2017	Várható országos szélerőmű kvóta megjelenésére való felkészülés helyszín és technológia megválasztás megkezdése az első éves nagymagasságú szélmerési adatok alapján
2017	Várható országos szélerőmű kvóta megjelenésére való felkészülés elvi engedélyek beszerzése, ajánlattételi felhívások
2017	CO2 munkaközegű jégműtőgép telepítése a jégcsarnok felújításakor mint az egyik leggazdaságosabb többszörös hasznú intézkedés
2017	Zöld közbeszerzés bevezetése
2017	20000km+ éves futásteljesítményű gépjárművek lecserélésekor CNG üzemű gépjárművek beszerzése a felszabadult CNB kapacitásra
2017	30000km+ éves futásteljesítményű járművek helyett elektromos jármű/járművek beszerzése (napi legfeljebb 120 km) Pl.: városi polgárőrség cirkáló 6 éven belül megtérül
2017	Szolár kataszter elkészítése Zalaegerszegre passzív napenergia (ablakok) és PV rétegekkel
2017	Vízerőmű (pl. Dupla csavarturbina) építésnek előkészítése az Andrásidai duzzasztó műtárgynál
2017	Szélerőművek építésének megkezdése 1. ütem legfeljebb 20MW névleges teljesítmény országos kvóta esetén 40-50MW
2017	Búslakpusztai hulladék-feldolgozó tetőzetére telepített naperőmű kiépítése
2017	Napelemes fedett vasútállomás kialakításának véglegesítése
2017	Visszatápláló búslakpusztai biogáz üzem tervezésnek megkezdése
2017	Zalaegerszeg SmartCity okostelefon-alkalmazás ingyenes közzététele
2017	Búslakpusztai hulladékfeldolgozó tetőzetére telepített naperőmű, repowering leszerelt napelemek szociális vagy zajvédfalakra újra használata
2018	Kvázi energia független mintaház építésének befejezése, próbaüzem megkezdése

2018	Kvázi energia független mintaház befejezése kísérleti próbaüzem
2018	Ipari park távvezetékek alá tervezett kelet-nyugati elrendezésű ~38000db modulból álló naperómű (~10,5MWp) erómű megépítése
2018	Önkormányzati üzemeltetésű nagy köztér világításos parkolóban forgalomfüggő fényerő-szabályozott világítási rendszer próbaüzeme
2018	Második elektromos DC gyorstöltő kiépítése
2018	Kerékpár utak mellé szolgáltatások telepítése (önkiszolgáló szerelő állomás, vandál biztos pumpa, vízvétel)
2018	Szolár kataszter kibővítése hőszivattyús telepítési lehetőségek rétegével
2018	Önkormányzati épületek energetikai stratégia szempontú korszerűsítésének folytatása
2018	Kvázi energia független mintaház mérési adatai alapján a koncepció átdolgozása korszerűsítése
2018	Energiahatékonyság szempontjából nem vagy nem megfelelően korszerűsíthető Pl. Műemlék épületek távfűtésre csatlakoztatása
2018	Közösségi (társasházak, családi házak) energia önellátó épületkorszerűsítési program beindítása vagy állami hasonló program támogatása
2018	Önkormányzati napenergia támogató program megindítása
<b>2019</b>	50kW ORC erómű beépítése a Pózva korház területére, illetve a HMV rendszer előmelegítéséhez való csatlakoztatás
2019	Közösségi (társasházak, családi házak) energia önellátó épületkorszerűsítési program beindítása vagy állami hasonló program támogatása
2019	100% megújuló energia ellátás cselekvési terv aktualizálása, frissítése, javítása
2019	Településrendezési terv és építési engedélyeztetés energetikai stratégia szerinti fokozatos bővítése, módosítása
2019	Kvázi energia független minta lakópark tervezése, építés megkezdése
2019	Zalaegerszeg mérlegkör megalakításának megkezdése
2019	Az önkormányzat és közszolgáltatások személyautó flottáinak elsősorban REEV és ha gazdaságosabb BEV típusokra cserélése 1. ütem éves és napi futásteljesítmény szerint megválasztva a cserélendő járműveket
2019	Önkormányzati SmartGrid pilot projekt beindítása az önkormányzati tulajdonú létesítményekben
2019	Napelemes buszmegálló és Pedelec töltő minta projekt
2019	Vizslaparki 10 emeletes épület energia függetlenné tévő felújításának tervezése
2019	OSZTRÁK-SZLOVÉN Interreg részeként MO első hidrogéntöltő állomásának megpályázása
<b>2020</b>	1db Közösségi autó (CNG vagy EV) az új intermodális csomópontra (car sharing) pilot projekt megindítása
2020	Közösségi (társasházak, családi házak) energia önellátó épületkorszerűsítési program beindítása vagy állami hasonló program támogatása

2020	Kísérleti jelleggel a nagy hűtési igényű 250kW+ ipari és kereskedelmi egységek bevonása a napi szintű energia szabályozásba
2020	2MWe névleges biomassza erőmű és távfűtés vezeték tervezésének megkezdése
2020	Köztér világítási lámpaleltár frissítése, a legrégebbi lámpa típusok cseréje fényerő-szabályozott LEDes világításra
2020	Kvázi energia független minta lakópark átadása, Mikro Grid, Smart Grid tesztüzem megkezdése
2020	Visszatápláló biogáz üzem tervezésének és engedélyeztetésének megkezdése
2020	Gázkazánnal szerelt hőszivattyúra, vagy távfűtésre nem alkalmas középületekben mikro CHP (stirling) próbaüzem telepítése monitoringgal
2020	Park & Charge töltő minta parkolóház kialakítása
2020	Belváros nyilvános parkolóinak sűrű lefedése lassú kandeláber EV töltővel
<b>2021</b>	Köztér világítási lámpaleltár frissítése, lámpa típusok bővítése fényerő-szabályozott LED-es világításra, legrégebbi lámpák cseréje
2021	Zalaegerszeg SmartCity okostelefon-alkalmazás átfogó frissítése
2021	Közösségi felújítási program megkezdése 1. ütem monitoringgal
2021	Kiegyenlítő használt akkumulátor próbaüzem valódi háztartásokban
<b>2022</b>	EV járművek akkumulátorainak visszagyűjtésének megkezdése
2022	Köztér világítási lámpaleltár frissítése, a legrégebbi lámpa típusok cseréje fényerő-szabályozott LED-es világításra
2022	Park & Charge töltő újabb parkolóház kialakítása az ingázók számára
2022	Az önkormányzat és közszolgáltatások személyautó flottáinak elsősorban REEV és ha gazdaságosabb BEV típusokra cserélése 2. ütem
2022	Közösségi felújítási program megkezdése 2. ütem monitoringgal
2022	Önkormányzati SmartGrid projekt folytatása, CEMS kialakítása
2022	Interaktív napelemes buszmegálló és Pedelec töltő újabb változat
2022	Vízerőmű építésének megkezdése a Zalavíz szennyvíztelep kifolyó ágára
<b>2023</b>	Gázkazánnal szerelt hőszivattyúra, vagy távfűtésre nem alkalmas épületekben metán üzemű mikro CHP (stirling) tömeges telepítése
2023	Amennyiben szükséges vasúti pálya napelemes befedése ahol zajvédő funkciót is betölt mint többszörös hasznú intézkedés
2023	Közösségi felújítási program megkezdése 3. ütem
<b>2024</b>	100% megújuló energia ellátás cselekvési terv aktualizálása, frissítése, javítása
2024	Településrendezési terv energetikai stratégia szerinti bővítése, módosítása Pl. Nagy hűtési igényű létesítmények bevonhatóak legyenek a város szintű energia gazdálkodásba
2024	Bio-CNG buszok helyi átállítása (PL MODULO esetén) tisztán elektromos buszokra
2024	Önkormányzati SmartGrid projekt minden épületre kiterjesztése
2024	Interaktív napelemes buszmegálló és Pedelec töltő folytatása

2024	2014-2015 beszerzett EV és plug-in hibrid járművek lecserélése REEV típusokra (buszokat még nem)
2024	Közösségi felújítási program folytatása 4. ütem
2024	Amennyiben szükséges a vasút zajvédő falak tovább bővítése
<b>2025</b>	Minden utcában legalább 1 lassú kétirányú nyilvános töltő
2025	Közösségi felújítási program folytatása 5. ütem
2025	Legfeljebb 500m -en ként nyilvános kétirányú kandeláber töltő kiépítése
<b>2026</b>	2016 beszerzett EV és plugin hibrid járművek lecserélése REEV típusokra (buszokat még nem)
2026	Közösségi felújítási program folytatása 6. ütem
2026	EV akku második élete minta projekt megindítása mint legkisebb költségű napi energiatároló
<b>2027</b>	Szélerőművek építésének folytatása 2.üteme ~20MW névleges teljesítmény, közösségi finanszírozással
2027	Közösségi felújítási program folytatása 7. ütem
<b>2028</b>	Közösségi felújítási program folytatása 8. ütem
<b>2029</b>	100% megújuló energia ellátás cselekvési terv aktualizálása, frissítése, javítása
2029	Újabb kerékpárutak építése Pedelec töltőkkel és szolgáltatási pontokkal a régebbi kerékpárutak felújítása
2029	Közösségi felújítási program folytatása 9. ütem
<b>2030</b>	Sűrű beépítésű területekről 15 év+ napelemes rendszerek energiaigény szerinti felülvizsgálata, repowering régi rendszerek adományozása a rászorulóknak számára
2030	Közösségi felújítási program folytatása 10. ütem
2030	CEMS szoftver és hardver környezetének frissítése, pl.: a meteorológia előrejelzések pontosságának növelése
<b>2031</b>	Újabb kerékpáros/gyalogos felüljáró vagy alagútpálya a sínek fölött vagy alatt
2031	Közösségi felújítási program folytatása 11 ütem
<b>2032</b>	Közösségi felújítási program folytatása 12. ütem
<b>2033</b>	Közösségi felújítási program folytatása 13. ütem
<b>2034</b>	Közösségi felújítási program folytatása 14. ütem
2034	100% megújuló energia ellátás cselekvési terv aktualizálása, frissítése, javítása
2034	Önkormányzati SmartGrid projekt frissítése új szoftver és hardver környezettel
<b>2035</b>	2014-ben telepített lámpatestek frissítése újabb korszerűbb fényforrásokkal
2035	Közösségi felújítási program folytatása 15. ütem
<b>2036</b>	Zajvédő falakkal egybekötött naperőmű telepítések folytatása (vasút ) mint többszörös hasznú intézkedés
2036	2018 telepített lámpatestek frissítése újabb korszerűbb fényforrásokkal
<b>2037</b>	Biomassza fűtések elektrosztatikus szűrős típusokra cserélése vagy bővítése a háztartások szintjén is

2038	Mezőgazdasági gépek elektromos hajtáslánkra való módosításának ösztönzése
2039	100% megújuló energia ellátás cselekvési terv aktualizálása, frissítése, javítása
2039	Építőipari gépek elektromos hajtáslánkra való módosításának ösztönzése
2040	Magas hatásfokú téli tartalék erőművek telepítése a hálózatba legfeljebb 5 MW
2040	Power2Gas erőművek építésének megkezdése
2040	Szél erőművek 1. ütemének korszerűsítése Repowering
2040	Tisztán elektromos buszok átállítása hidrogén hajtóanyagú buszokra elsősorban a helyközi buszoknál
2040	Szél erőmű 3. ütem az akkor korszerű nagymagasságú (high altitude) szélenergia kinyerésére
2040	Power2Gas erőművek építésének befejezése, próbaüzem
2041	Városi buszok energiaellátó rendszerbe integrálása mint éjszakai áramforrások
2042	Hulladék szállító járművek energiaellátó rendszerbe integrálása mint tartalék áramforrások
2043	Minden utcában nyilvános vezeték nélküli kétirányú EV töltők kiépítésének megkezdése
2044	Önkormányzati SmartGrid projekt frissítése új szoftver és hardver környezettel
2045	2MWe-os Biomassza erőmű korszerűsítése és felújítása repowering
2046	Soros hibrid hajtásláncú gépek mint tartalék áramforrások csatlakoztathatóságának megteremtése
2047	Minden utcában nyilvános vezeték nélküli kétirányú EV töltők kiépítésének befejezése
2048	Megújuló energia alapú Smart Grid rendszer valós üzemű tesztelése finomhangolás megkezdése
2048	Soros hibrid hajtásláncú gépek mint tartalék áramforrások csatlakoztathatóságának megteremtése
2049	Megújuló energia alapú Smart Grid rendszer valós üzemű tesztelése hibáinak javítása
2050	100% Megújuló energia alapú Smart Grid rendszer éles üzemre való átállás



## 24.2 Távhő

Elavult kazánházak:



Zrínyi Miklós Gimnázium



Zrínyi Miklós Gimnázium



Ady Endre utcai iskola és gimnázium



Ady Endre utcai iskola és gimnázium





Petőfi Általános Iskola



Petőfi Általános Iskola



Petőfi utcai óvoda, bölcsőde



Dózsa György Általános Iskola





Kis utcai Óvoda



## ZG-3. sz. kút:



NAT által NAT-1-1217 számon AKKREDITÁLT VIZSGÁLÓLABORÁTORIUM

VÍZKUTATÓ VÍZKÉMIA KFT.  
1026 Budapest, Szilágyi E. fasor 43/b.  
Tel./Fax: (1)-2124157, (1)-2148937  
E-mail: posta@vizkemia.hu

MUNKASZÁM:  
**35180/1**

Megnevezés: **ZALAEGERSZEG**

Mintavételi pont: **Felszínen vett minta**

Minta: **ZG-3 sz. kút**

Vizhozam [l/p]: **745**

Talpm. [m]: **900,00**

Mintavétel dátuma: **2012.05.04.**

### VÍZVIZSGÁLATI EREDMÉNY

Kation	mg/l	mg é/l	Thán %	Anion	mg/l	mg é/l	Thán %
Na <sup>+</sup>	330	14,35	94,76	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	< 1,0	0,00	0,00
K <sup>+</sup>	3,2	0,08	0,54	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	< 0,02	0,00	0,00
Li <sup>+</sup>	0,02	0,00	0,02	Cl <sup>-</sup>	5	0,14	0,96
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	5,5	0,31	2,02	Br <sup>-</sup>	< 0,02	0,00	0,00
Ca <sup>2+</sup>	4,3	0,21	1,42	F <sup>-</sup>	0,01	0,00	0,00
Mg <sup>2+</sup>	1,5	0,12	0,81	F <sup>-</sup>	0,63	0,03	0,23
Fe	1,19	0,06	0,42	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	< 10	0,00	0,00
Mn	0,02	0,00	0,00	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	885	14,51	98,70
				CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>			
				PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,35	0,01	0,08
				S <sup>2-</sup>	0,10	0,01	0,04
össz.	345,73	15,14	100,00	össz.	891,09	14,70	100,00

Anionok- Kationok összesen: 1237 mg/l

Szabad CO <sub>2</sub> oldott/helyezési	-	mg/l	pH <sub>metr</sub>	8,0	pH <sub>egyensúlyi</sub>	7,7
Szabad CO <sub>2</sub> összes/hajlékonyító	0,3	mg/l	Korróziós index:	+ 0,3		
HBO <sub>2</sub>	0,48	B mg/l	m-lágosság	14,5	mmol/l	
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	23	SiO <sub>2</sub> mg/l	p-lágosság		mmol/l	
Antimon [Sb]	< 2,0	µg/l	Összes keménység	9	CaO mg/l	
Arsén [As]	3,3	µg/l	Karbonát keménység	9	CaO mg/l	
Bárium [Ba]	110	µg/l	Nem-karb. keménység	0	CaO mg/l	
Cink [Zn]	10	µg/l	Fajl. ef. vez. kép. 20°C	1210	µS/cm	
Higany [Hg]	< 0,5	µg/l	Bepárlási maradék 260°C		mg/l	
Kadmium [Cd]	< 0,2	µg/l	Bepárlási maradék 180°C	884	mg/l	
Króm [Cr]	< 2	µg/l	Össz. old. ásványi anyag	1330	mg/l	
Nikkel [Ni]	2,1	µg/l	KOF <sub>pt</sub>	2,4	O <sub>2</sub> mg/l	
Ólom [Pb]	< 2,0	µg/l	TOC	3,3	mg/l	
Réz [Cu]	< 10	µg/l	Fenolindex	< 5	µg/l	
Szélén [Se]	< 2,0	µg/l				
Cianid	< 5	µg/l	Hőmérséklet <sup>1</sup>	40,3	°C	

Fizikai tulajdonságok: Enyhén sárga, enyhén opálos, kevés üledék.

#### Értékelés / jelmaóvarázat:

[·] nem vizsgált alkotó

A vizsgált alkotók alapján a vizminta közepes oldott anyag tartalmú, nátrium-hidrogén-karbonátos jellegű, igen lágy termálviz, melynek jelentős a vas tartalma.

<sup>1</sup> Megjegyzés: a mintavevő által közölt adat



*Eötvös József*  
vizsgálta

Budapest, 2012.05.14.

VízKutató Vízkémia Kft. Vizsgálólaboratórium

*Óhmf*  
Szakács Imre  
laboratóriumvezető



NAT által NAT-1-1217 számon AKKREDITÁLT VIZSGÁLÓLABORATÓRIUM

VIZKUTATÓ VÍZKÉMIA KFT.  
1026 Budapest, Szilágyi E. fasor 43/b.  
Tel./Fax: (1)-2124157, (1)-2148937  
E-mail: posta@vizkemia.huMUNKASZAM:  
35180/1

Megnevezés: ZALAEGERSZEG Mintavétel módja: főáramkörű

Minta: ZG-3 sz. kút Mintavevő: Fáber László  
Talpmélység[m]: 900,00 Mintav. időpontja: 2012.05.04.

## GÁZVIZSGÁLATI EREDMÉNY

SZEPARÁLT GÁZ ÖSSZETÉTELE:

Gázalkotók	térfogat %	
	minta	levegőmentes
OXIGÉN	1,41	0,00
NITRÓGÉN	65,23	64,27
METÁN	32,43	34,74
SZÉN-DIOXID	0,92	0,99
ÖSSZESEN	100,00	100,00

GVVsz [ $l/m^3$ ]: 15,1 MVVsz [ $l/m^3$ ]: 4,90

VÍZBEN OLDOTT GÁZ ÖSSZETÉTELE:

Gázalkotók	minta	térfogat %	
		CO <sub>2</sub> mentes	levegőmentes
OXIGÉN	6,45	6,45	0,00
NITRÓGÉN	60,27	60,27	58,73
METÁN	33,28	33,28	41,27
SZÉN-DIOXID	0,00	0,00	0,00
ÖSSZESEN	100,00	100,00	100,00

GVVo [ $l/m^3$ ]: 18,6 MVVo [ $l/m^3$ ]: 6,18Fajlagos összes gáztartalom(GVV): 33,7  $l/m^3$ Fajlagos összes metántartalom(MVV): 11,1  $l/m^3$ Értékelés:

A 12/1997. (VIII.29.) KHVM rendelet értelmében az összes metántartalom szerint

a vizsgált minta a C. gázfokozatba tartozik.

A következő vizsgálat legkésőbb 2 év múlva esedékes.

Vizsgálati módszer: MSZ 448-43:1985

[ $l/m^3$ ] 20 °C hőmérsékleten, 1013 mbar nyomáson a 12/1997. (VIII.29.) KHVM rendelet szerint.Barabás János  
vizsgálta

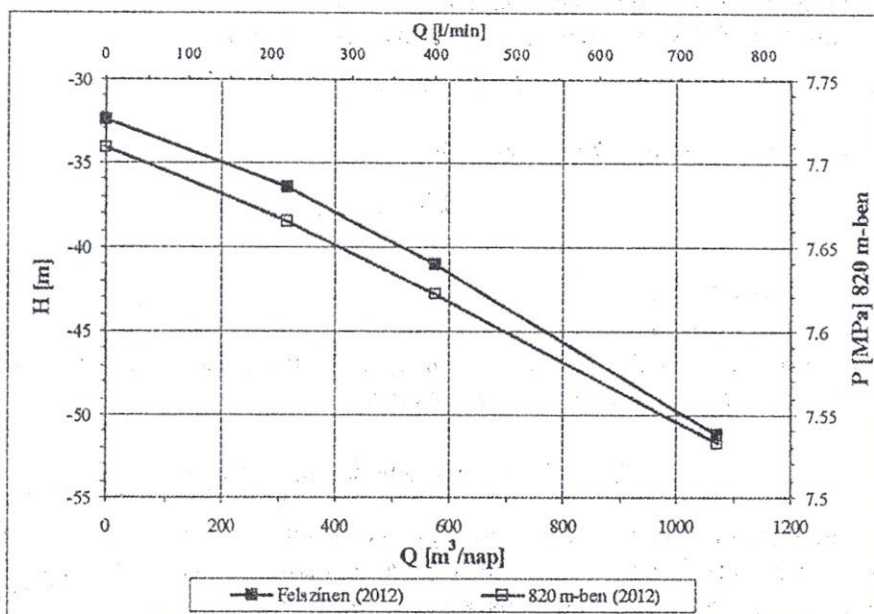
Budapest, 2012.05.11.

Szakács Imre  
laboratóriumvezető

Vizkutató Vízkémia Kft. www.vizkemia.hu

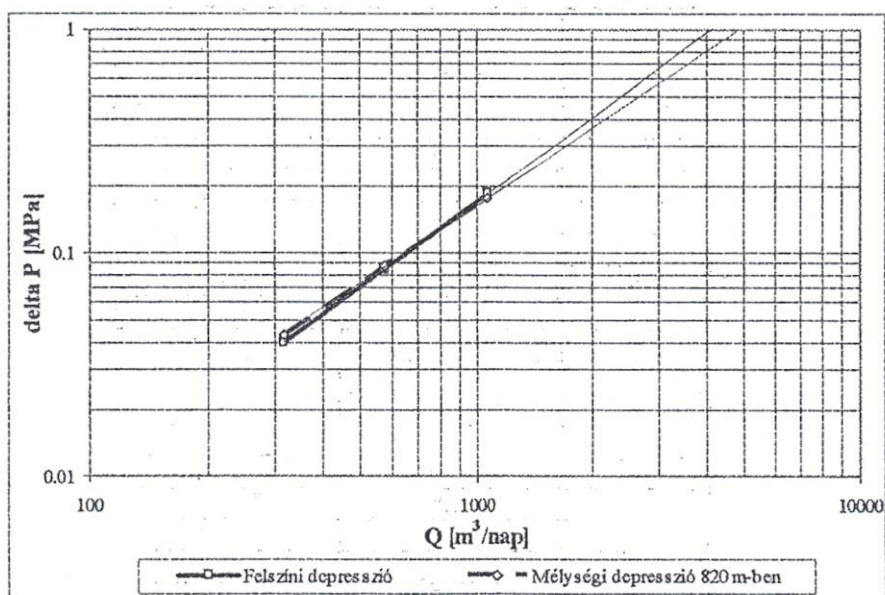


A 3. ábra a vízszint- és a nyomásmérés alapján szerkesztett felszíni (kék) és mélységi (piros) vízhozamgörbéket mutatja.



3. ábra Felszíni és mélységi vízhozamgörbék

A 4. ábra a kút felszíni és mélységi depresszióját ábrázolja a hozam függvényében (vastag vonal).



4. ábra Felszíni és mélységi depresszió  
A vékony vonal az illesztett vízhozamegyenlet.

## II. Vizszolgáltatási adatok (nyugalmi vízszint 2 hónap állás után)

Nyugalmi vízszint		A kifolyó víz		A szivattyúzással kitermelt víz		Fajlagos vízhozam
a terepszint felé(+) alatt -	m.B.f.	magassága a terepszinttől	menyisége	vízszintsüllyedés a terepszinttől mérve	menyisége	
m	m	m	l/min	m	l/min	l/min/m
-66,00	101,600			24,35	230	-5,52
				24,85	375	-9,11
				26,07	680	-17,03
				28,10	710	-18,73
				47,00	1700	-89,47

\* : Állandó üzemben max. kitermelhető

A kitermelt víz hőfoka: 98,00 °C

Talpfőmérséklet: 1712,70 m-ben 104,70 °C

Összes CH<sub>4</sub>: 4,420 l/m<sup>3</sup>

A legnagyobb vízhozamlépcső végén mért homoküledék: 0,000 g/m<sup>3</sup>

Szivattyúzási órák száma összesen a béléscső beépítése után:

- |                       |         |          |               |
|-----------------------|---------|----------|---------------|
| a) Kézi szivattyúzás: | óra     | -        | l/min         |
| b) Gépi szivattyúzás: | óra     | -        | l/min         |
| c) Kompresszorozás:   | 53 óra  | -        | 2100,00 l/min |
| d) Búvárszivattyúzás: | 122 óra | 230,00 - | 710,00 l/min  |

## III. Mellék munkák

cementszig. fűrőlyuk és végleges csőszakat között 0,00 m-től 1680,00 m-ig

cementszig. 368 φ és 244 φ csőszakatok között 0,00 m-től 59,00 m-ig

cementszig. 244 φ és 178 φ csőszakatok között 1013,00 m-től 1066,10 m-ig

Saruzárás: cement 1680,00 m-ben

Talplezárás: vakkarmentyű 1716,00 m-ben

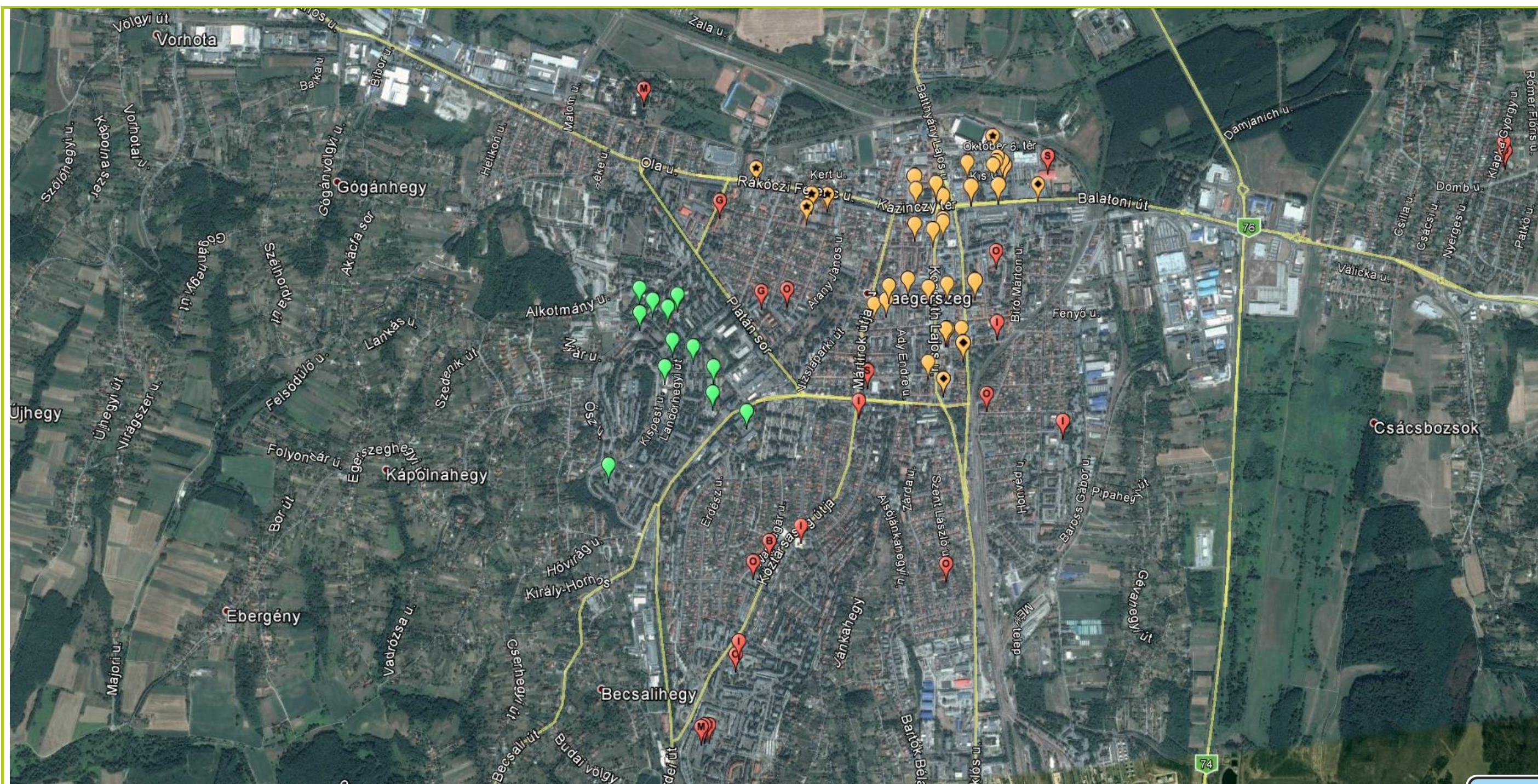
Feltöltés:



Zalaegerszeg geotermikus alapú távhőrendszerének hidraulikai számítása











Fogyasztó	Szakasz száma	Hosszúság L [m]	Átmérő DN	Tényleges átmérő D [m]	Hőigény Qter [kW]	Tömegáram m [kg/s]	Térfogatár- am V [m³/s]	sebesség w [m/s]	Reynolds- szám Re [-]	relatív érdesség k/D [-]	Csősúrlódás1	Csősúrlódás2	Csősúrlódás3	Hidraulikai ellenállás R [bar*s2/m6]	nyomásvesztés p [bar]	Üzemeltetés [eFt]	Beruházási költség éves leír	Ft/nyfm	Összköltség [eFt]
	1	250	65	0,0592	400	3,190	0,00319	1,159	1 524 538	0,00169	0,022544914	0,022536401	0,022536401	122473,152	1,246	167,14	620	62000	787,14
		250	80	0,0736	400	3,190	0,00319	0,750	1 226 259	0,00136	0,021390247	0,021383428	0,021383428	39124,889	0,398	53,39	700	70000	753,39
		250	100	0,0928	400	3,190	0,00319	0,472	972 550	0,00108	0,020294773	0,020292612	0,020292612	11650,993	0,119	15,90	800	80000	815,90
	2	10	65	0,0592	360	2,871	0,002871	1,043	1 372 085	0,00169	0,022561163	0,022551665	0,022551665	4902,244	0,040	4,88	24,8	62000	29,68
		10	80	0,0736	360	2,871	0,002871	0,675	1 103 633	0,00136	0,021413136	0,021405461	0,021405461	1566,608	0,013	1,56	28	70000	29,56
		10	100	0,0928	360	2,871	0,002871	0,424	875 295	0,00108	0,020327643	0,020324988	0,020324988	466,783	0,004	0,46	32	80000	32,46
	3	80	80	0,0736	760	6,061	0,006061	1,425	2 329 892	0,00136	0,021291987	0,021288603	0,021288603	12464,444	0,458	116,67	224	70000	340,67
		80	100	0,0928	760	6,061	0,006061	0,896	1 847 846	0,00108	0,020153102	0,020152498	0,020152498	3702,575	0,136	34,66	256	80000	290,66
		80	125	0,1178	760	6,061	0,006061	0,556	1 455 688	0,00085	0,019106634	0,019111696	0,019111696	1065,338	0,039	9,97	304	95000	313,97
	4	20	65	0,0592	480	3,828	0,003828	1,391	1 829 446	0,00169	0,022520488	0,022513439	0,022513439	9787,869	0,143	23,08	49,6	62000	72,68
		20	80	0,0736	480	3,828	0,003828	0,900	1 471 511	0,00136	0,021355799	0,02135023	0,02135023	3125,132	0,046	7,37	56	70000	63,37
		20	100	0,0928	480	3,828	0,003828	0,566	1 167 060	0,00108	0,020245214	0,020243704	0,020243704	929,833	0,014	2,19	64	80000	66,19
	5	10	65	0,0592	480	3,828	0,003828	1,391	1 829 446	0,00169	0,022520488	0,022513439	0,022513439	4893,935	0,072	11,54	24,8	62000	36,34
		10	80	0,0736	480	3,828	0,003828	0,900	1 471 511	0,00136	0,021355799	0,02135023	0,02135023	1562,566	0,023	3,68	28	70000	31,68
		10	100	0,0928	480	3,828	0,003828	0,566	1 167 060	0,00108	0,020245214	0,020243704	0,020243704	464,916	0,007	1,10	32	80000	33,10
	6	150	100	0,0928	1240	9,888	0,009888	1,462	3 014 906	0,00108	0,020091379	0,020091155	0,020091155	6921,196	0,677	281,38	480	80000	761,38
		150	125	0,1178	1240	9,888	0,009888	0,907	2 375 070	0,00085	0,019016073	0,019019746	0,019019746	1987,899	0,194	80,82	570	95000	650,82
		150	150	0,142	1240	9,888	0,009888	0,624	1 970 305	0,00070	0,01825339	0,018262443	0,018262443	749,952	0,073	30,49	660	110000	690,49
	7	20	100	0,0928	1000	7,974	0,007974	1,179	2 431 376	0,00108	0,020114891	0,020114544	0,020114544	923,900	0,059	19,70	64	80000	83,70
		20	125	0,1178	1000	7,974	0,007974	0,732	1 915 379	0,00085	0,019050509	0,019054877	0,019054877	265,543	0,017	5,66	76	95000	81,66
		20	150	0,142	1000	7,974	0,007974	0,504	1 588 955	0,00070	0,018299734	0,018310564	0,018310564	100,257	0,006	2,14	88	110000	90,14
	8	30	125	0,1178	2240	17,863	0,017863	1,639	4 290 450	0,00085	0,01895157	0,018953762	0,018953762	396,201	0,126	94,95	114	95000	208,95
		30	150	0,142	2240	17,863	0,017863	1,128	3 559 260	0,00070	0,018166309	0,018171661	0,018171661	149,245	0,048	35,77	132	110000	167,77
		30	200	0,191	2240	17,863	0,017863	0,623	2 646 152	0,00052	0,017046978	0,017061524	0,017061524	31,827	0,010	7,63	168	140000	175,63
	9	55	32	0,032	135	1,077	0,001077	1,339	951 884	0,00313	0,026624367	0,026602601	0,026602601	689226,153	0,799	36,16	99	45000	135,16
		55	40	0,04	135	1,077	0,001077	0,857	761 507	0,00250	0,025100292	0,025075512	0,025075512	212881,240	0,247	11,17	105,6	48000	116,77
		55	50	0,05	135	1,077	0,001077	0,548	609 206	0,00200	0,02374477	0,023717979	0,023717979	65980,438	0,076	3,46	114,4	52000	117,86
	10	270	125	0,1178	2375	18,939	0,018939	1,738	4 549 026	0,00085	0,018947001	0,01894908	0,01894908	3564,924	1,279	1018,34	1026	95000	2044,34
		270	150	0,142	2375	18,939	0,018939	1,196	3 773 769	0,00070	0,018160127	0,018165198	0,018165198	1342,725	0,482	383,56	1188	110000	1571,56
		270	200	0,191	2375	18,939	0,018939	0,661	2 805 629	0,00052	0,017037014	0,01705081	0,01705081	286,264	0,103	81,77	1512	140000	1593,77
	11	50	65	0,0592	360	2,871	0,002871	1,043	1 372 085	0,00169	0,022561163	0,022551665	0,022551665	24511,221	0,202	24,39	124	62000	148,39
		50	80	0,0736	360	2,871	0,002871	0,675	1 103 633	0,00136	0,021413136	0,021405461	0,021405461	7833,041	0,065	7,79	140	70000	147,79
		50	100	0,0928	360	2,871	0,002871	0,424	875 295	0,00108	0,020327643	0,020324988	0,020324988	2333,916	0,019	2,32	160	80000	162,32
	12	120	150	0,142	2735	21,810	0,02181	1,377	4 345 793	0,00070	0,018146606	0,018151054	0,018151054	596,302	0,284	260,13	528	110000	788,13
		120	200	0,191	2735	21,810	0,02181	0,761	3 230 904	0,00052	0,017015193	0,017027319	0,017027319	127,053	0,060	55,43	672	140000	727,43
		120	250	0,241	2735	21,810	0,02181	0,478	2 560 592	0,00041	0,016231292	0,016254275	0,016254275	37,922	0,018	16,54	816	170000	832,54
	13	130	80	0,0736	900	7,177	0,007177	1,687	2 759 083	0,00136	0,021274891	0,021272064	0,021272064	20238,987	1,043	314,61	364	70000	678,61
		130	100	0,0928	900	7,177	0,007177	1,061	2 188 238	0,00108	0,020128357	0,020127927	0,020127927	6009,348	0,310	93,41	416	80000	509,41
		130	125	0,1178	900	7,177	0,007177	0,659	1 723 841	0,00085	0,019070203	0,019074939	0,019074939	1727,846	0,089	26,86	494	95000	520,86
	14	120	50	0,05	340	2,711	0,002711	1,381	1 534 295	0,00200	0,023546747	0,023536423	0,023536423	142855,360	1,050	119,73	249,6	52000	369,33
		120	65	0,0592	340	2,711	0,002711	0,985	1 295 858	0,00169	0,022570709	0,022560628	0,022560628	58850,309	0,433	49,32	297,6	62000	346,92
		120	80	0,0736	340	2,711	0,002711	0,637	1 042 320	0,00136	0,021426573	0,021418386	0,021418386	18810,648	0,138	15,76	336	70000	351,76
	15	10	100	0,0928	1240	9,888	0,009888	1,462	3 014 906	0,00108	0,020091379	0,020091155	0,020091155	461,413	0,045	18,76	32	80000	50,76
		10	125	0,1178	1240	9,888	0,009888	0,907	2 375 070	0,00085	0,019016073	0,019019746	0,019019746	132,527	0,013	5,39	38	95000	43,39
		10	150	0,142	1240	9,888	0,009888	0,624	1 970 305	0,00070	0,01825339	0,018262443	0,018262443	49,997	0,005	2,03	44	110000	46,03
	16	20	50	0,05	300	2,392	0,002392	1,218	1 353 790	0,00200	0,023564284	0,023552552	0,023552552	23825,542	0,136	13,72	41,6	52000	55,32
		20	65	0,0592	300	2,392	0,002392	0,869	1 143 404	0,00169	0,022593581	0,022582089	0,022582089	9817,715	0,056	5,65	49,6	62000	55,25
		20	80	0,0736	300	2,392	0,002392	0,562	919 694	0,00136	0,021458739	0,021449294	0,021449294	3139,632	0,018	1,81	56	70000	57,81
	17	260	125	0,1178	1540	12,281	0,012281	1,127	2 949 684	0,00085	0,018987998	0,018991056	0,018991056	3440,494	0,519	267,94	988	95000	1255,94
		260	150	0,142	1540	12,281	0,012281	0,775	2 446 991	0,00070	0,018215532	0,018223035	0,018223035	1297,111	0,196	101,02	1144	110000	1245,02
		260	200	0,191	1540	12,281</													





A Zalaegerszegrre javasolt távfűtéses rendszerek által érintett intézmények elhelyezkedése



Távfűtésbe bevonandó épületek				Távfűtésbe nem bevonandó épületek					
	Távfűtés biomassza alapon		Távfűtés geotermikus alapon (kérdéses)		Bölcsőde		Iskola		Gondozási intézmény
	Távfűtés geotermikus alapon		Hőszivattyús fűtés (a visszasajtoló kút felé tartó termámvíz hőhasznosításával)		Óvoda		Művelődési, kulturális intézmény		Sportlétesítmény



1. melléklet

**H2Station® CAR-100**  
Hydrogen refueling for passenger vehicles  
70MPa Fast-fill | 50-100kg/day



The H2Station® CAR-100 is designed to enable a cost-effective deployment of hydrogen refueling station networks intended for the market introduction of fuel cell electric passenger vehicles.

All equipment necessary for the refueling is integrated into a compact station module allowing for easy transport and installation in only two days. Further local works are limited to securing a proper foundation and power supply. This significantly reduces both the investment cost and time from contract to start of operation, which is important when deploying station networks.

The CAR-100 can be configured to provide between 50 to 100 kg of hydrogen per day at various inlet pressures, enabling additional cost optimization to fit the exact needs and available hydrogen supply. At full utilization the CAR-100 is capable of providing hydrogen for almost 200 vehicles, which is sufficient for several years to come. As fuel sales in a network grows and reach a level feasible for larger stations the CAR-100 can easily be relocated to outskirts of the network.

The CAR-100 is based on 70MPa H2Station® technology from H2 Logic that is being used on a daily basis by fuel cell vehicles from several international car manufacturers. Extensive operation results from H2Station® have shown consistent refueling times of less than four minutes in accordance with the SAE J2601 standard and reliable operation with an availability of up to 100%.



© COPYRIGHT, ALL RIGHTS RESERVED H2 LOGIC A/S 2003-2012 – WWW.H2LOGIC.COM | Release version 23-09-2012

# Product specifications | H2Station® CAR-100

## CAPACITY

Average daily capacity* - base configurations	50 kg/day	75 kg/day	75 kg/day	100 kg/day
<i>Rated capacity at stated hydrogen supply pressure</i>	@2MPa inlet	@10MPa inlet	@2MPa inlet	@10MPa inlet
1 <sup>st</sup> hour instant capacity* <i>5.6 kg tank size example</i>	No. of refuelings	Standard: 2.5   Optional: up to 4		
	Hereof back-to-back	Standard: 0   Optional: 1		
<i>*Daily and instant capacity can be configured according to customer's need and available hydrogen supply</i>				

## REFUELING

Nominal refueling pressure	70MPa (15°C)
Quantity range	1-7 kg per refueling
Refueling time & protocol	Less than 4 minutes in accordance with SAE J2601
Refueling principle & pre-cooling	Automatic cascade pressure equalization Active pre-cooling down to -40°C
Refueling communication (optional)	SAE J2799
Dispenser placement	Integrated
Nozzle	WEH TK17 - Optional IR Optional heating & N2 venting to prevent nozzle icing
Activation & Measurement (optional)	Key-card activation with Coriolis mass flow meter
Hydrogen purity	SAE J2719

## DESIGN & OPERATIONS

Packaging	40 foot base container, insulated 50mm. Surface treatment corrosion class 4CM.
Exterior graphics & lightning (optional)	Applied graphical canvas on front and side surfaces Dispenser EX lightning &/or lightning of graphics
Dimensions & weight	L:12.2m W:2.5m H:3.9m   Approximate 30 Tons
Power supply	400VAC, 50Hz, 125Amp
Local site works	Flat foundation for station & vehicle grounding
Hydrogen supply	External hydrogen source 0.5-20MPa inlet pressure Optional external flushing panel for back-up supply
Operation environment	-20°C to 35°C Optional cold climate package down to -40°
Monitoring & Control system (optional)	HMI/Remote Online Control & Monitoring System
Service & maintenance	Mandatory periodic & warranty service package Optional Instant Service Response package

**CE** CE MARKED IN ACCORDANCE WITH EU DIRECTIVES & APPLICABLE STANDARDS

COMPLIANT WITH APPLICABLE SAE INTERNATIONAL HYDROGEN REFUELING STANDARDS [WWW.SAE.ORG](http://WWW.SAE.ORG)

### H2 LOGIC A/S

INDUSTRIPARKEN 34B | 7400 HERNING | DENMARK  
PHONE: +45 96 27 56 00 | FAX: +45 97 14 08 99  
E-MAIL: [INFO@H2LOGIC.COM](mailto:INFO@H2LOGIC.COM) | WEB: [WWW.H2LOGIC.COM](http://WWW.H2LOGIC.COM)



## 2. melléklet

Néhány, jelenleg hozzáférhető műszaki paraméter HFC buszokról és személyautókról

1.) A cseh HTC busz projekt az első volt a közép-európai régióban:

- név/gyártmány: TriHyBus (Skoda)
- hossz: 12 méter (a háromajtós, átlagos busz)
- üzemanyag-cella teljesítménye: 48 kW (PEM típusú FC)
- másodlagos energiaforrások (fékezési energia visszanyerhető):
  - Li-ion akkumulátor (max 100 kW, tárolt energia 26 kWh, 422 V)
  - 4 db szuperkapacitás, max. 200 kW, 17,8 F, max 780 V, tárolt energia 0,32 kWh)
- villamos motor: 120 kW-os asszinkron
- hidrogén tárolás: 4 db kompozit tankban, 350 bar-on; 20 kg H<sub>2</sub>
- saját súly / teljes súly: 14 t / 18 t
- hatótávolság egy tankolással: 250 km

Hamburg: Mercedes Citaro Fuel Cell Bus

- üzemanyag-cella teljesítménye: 2 x 70 kW
- on-board tárolt hidrogén: 35 kg
- hatótáv: 350 km
- garancia: 12000 óra vagy 5 év.

2.) HFC személyautók főbb paraméterei

Hyundai ix35 Fuel Cell

- TC teljesítménye: 100 kW
- Akkumulátor: 24 kW
- hatótáv: ~588 km,
- gyorsulás (0-100): 12,5 sec.
- végsebesség: 160 km/h
- üzemanyagtartály: 5,6 kg-H<sub>2</sub> (700 bar-on)

Toyota Mirai

- TC teljesítménye: 114 kW
- nyomaték: 335 Nm
- végsebesség: 175 km/h
- hatótáv: ~500 km,
- fogyasztás: ~1.01kg-H<sub>2</sub>/100 km
- tüzelőanyag-cella teljesítménysűrűsége: 3,1 kW/L
- max. kimenő feszültség: 650 V

## 25. Forrásjegyzék

### 1. Vezetői Összefoglaló

-

### 2. Ütemtervek

- <http://www.thewindturbine.com/nieuws/2014/07/solar-highway-in-nederland>
- <https://goo.gl/maps/6u22JMGs7Uk>
- <http://www.neumarkt.de/> 2015. szeptember 2.
- [https://veranstaltungen.fnr.de/fileadmin/veranstaltungen/2015/Biomasseheizkessel/Vortr%C3%A4ge/Emissionsrechtliche\\_Anforderungen\\_an\\_Biomasseanlagen\\_Stanev.pdf](https://veranstaltungen.fnr.de/fileadmin/veranstaltungen/2015/Biomasseheizkessel/Vortr%C3%A4ge/Emissionsrechtliche_Anforderungen_an_Biomasseanlagen_Stanev.pdf)

### 3. A jelenlegi helyzet bemutatása

- MEKH
- <http://statinfo.ksh.hu/Stainfo/themeSelector.jsp?page=1&theme=ZR>
- <http://statinfo.ksh.hu/Stainfo/themeSelector.jsp?page=1&theme=ZR>
- Zalaegerszeg Megyei jogú város lakáskonceptiója (2008-2012)
- Zalaegerszeg Megyei jogú város lakáskonceptiója (2008-2012)
- <http://statinfo.ksh.hu/Stainfo/themeSelector.jsp?page=2&szst=ZRK>
- <http://statinfo.ksh.hu/Stainfo/themeSelector.jsp?page=1&theme=ZR>
- <http://statinfo.ksh.hu/Stainfo/themeSelector.jsp?page=2&szst=ZRK>
- <http://statinfo.ksh.hu/Stainfo/themeSelector.jsp?page=2&szst=ODE>
- <http://www.origo.hu/auto/20140811-bosch-atlag-16-ezer-kilometert-autozunk-egy-ev-alatt.html>
- [http://hvg.hu/cegauto/20141027\\_Ezek\\_az\\_autok\\_igazabol\\_is\\_keveset\\_fogyasz](http://hvg.hu/cegauto/20141027_Ezek_az_autok_igazabol_is_keveset_fogyasz)
- [http://www.vezess.hu/hasznalt-auto/hasznalt\\_auto\\_kis\\_fogyasztas/43819/](http://www.vezess.hu/hasznalt-auto/hasznalt_auto_kis_fogyasztas/43819/)
- KSH
- [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021\\_Megujulo\\_energia/ch01.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Megujulo_energia/ch01.html)
- <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4485.pdf>

### 4. Kiegészítő javaslat a szennyvíztelep hőhasznosításához

-

### 5. Mintavárosok és működő térségek bemutatása

- FVM, 2009: A güssingi energia-önellátó modell – FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest. 2009. 10 p.
- Integration Regenerativer Energien und Elektromobilität (<http://goo.gl/GR5aj5>)
- <http://www.renewableenergyworld.com/articles/2014/11/a-small-town-in-germany-becomes-a-testing-ground-for-a-smart-grid.html>
- [http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/renewables-come-closer-to-covering-100-of-german-demand\\_100020738/#axzz3oMrPFWTi](http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/renewables-come-closer-to-covering-100-of-german-demand_100020738/#axzz3oMrPFWTi)
- Walter Shaffer, Salzburg Netz GmbH

### 6. Napenergia

- 2015. november 19. [http://www.dgs-thueringen.de/download/Infosheet\\_solar\\_specialist\\_course\\_PV.pdf](http://www.dgs-thueringen.de/download/Infosheet_solar_specialist_course_PV.pdf)



- <http://www.sunwindenergy.com/photovoltaics/trina-solar-new-efficiency-record-2125-multicrystalline-cell>Forrás: <http://www.itrpv.net/Reports/Downloads/2015/> 2015. november 19.
- [http://www.dyesol.com/media/wysiwyg/Documents/2015-asx-announcements/2015-12-08-World\\_Record\\_Efficiency\\_GER.pdf?utm\\_source=newsletter&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=PHOTON+Newsletter+-+International+edition+from+December+9%2C+2015+&newsletter=PHOTON+Newsletter+-+International+edition+from+December+9%2C+2015+](http://www.dyesol.com/media/wysiwyg/Documents/2015-asx-announcements/2015-12-08-World_Record_Efficiency_GER.pdf?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=PHOTON+Newsletter+-+International+edition+from+December+9%2C+2015+&newsletter=PHOTON+Newsletter+-+International+edition+from+December+9%2C+2015+)
- <http://www.pv-tech.org/news/solar-frontiers-record-efficiency-22.3-cis-cell-faces-global-market-challen> 2015.12.09.
- <http://www.superiorsolar.com.au/wp-content/uploads/2011/05/PM-PowerPlus-Hail-test-ENG.pdf> 2015.óktóber 7.
- <https://www.ise.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/photovoltaische-module-und-kraftwerke/themen/photovoltaische-kraftwerke/fue-leistungen/charakterisierung-von-pv-modulen/charakterisierung-von-pv-modulen-elektrolumineszenz-tests-an-pv-modulen> 2015. október 6.
- [http://www.pvtest.de/index\\_en.html](http://www.pvtest.de/index_en.html) 2015. október 6.
- <http://www.photon.info/newsletter/document/91414.pdf>
- <http://www.pv-magazine.com/investors/module-price-index/#axzz3nngUkXRT>
- <https://www.ise.fraunhofer.de/de/downloads/pdf-files/aktuelles/photovoltaics-report-in-englischer-sprache.pdf> 2015. november 19.
- <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/47342.wss> 2015. október 6.
- <http://ec.europa.eu/ten/transport/maps/doc/axes/pp06.pdf> 2015. szeptember 2.
- <http://www.railway-technology.com/features/featuremichel-kerkhof-of-eneco-discusses-the-dutch-rail-networks-renewable-revolution-4647194/> 2015. szeptember 2.
- <http://www.neumarkt.de/> 2015. szeptember 2.
- [http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/indian-railways-plans-1-gw-of-solar-projects\\_100018375/#axzz3kaEwWJIU](http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/indian-railways-plans-1-gw-of-solar-projects_100018375/#axzz3kaEwWJIU) 2015. szeptember 2.
- <http://www.wspgroup.com/Globaln/UK/Whitepapers/rail/The%202030%20UK%20Railway%20White%20Paper%20February%202015%20-%20Updated%20-%20med%20res.pdf> 2015. szeptember 2.
- <http://www.civicsolar.com/product/sunpreme-maxima-gxb340-340w-double-glass-frameless-solar-panel> 2015.09.02.
- <http://www.thewindturbine.com/nieuws/2014/07/solar-highway-in-nederland> (helyszín: <https://goo.gl/maps/6u22JMGs7Uk>)
- <http://www.theguardian.com/environment/2011/jun/06/tunnel-solar-belgium-rail>  
<http://www.gizmag.com/solar-rail-tunnel-completed/18881/>
- <http://www.solarcentury.com/uk/media-centre/worlds-largest-solar-powered-bridge-london-blackfriars-station-makes-britains-biggest-brew/> (helyszín: <https://goo.gl/maps/mmeAhMFChny>)
- <http://www.wind-works.org/cms/index.php?id=342> <http://www.roheline.ee/files/energia/worner.pdf>  
Helyszín: <https://goo.gl/maps/6brR7rBGdKP2>
- [http://www.fhwa.dot.gov/real\\_estate/publications/alternative\\_uses\\_of\\_highway\\_right-of-way/rep03.cfm](http://www.fhwa.dot.gov/real_estate/publications/alternative_uses_of_highway_right-of-way/rep03.cfm)  
Helyszín: <https://goo.gl/maps/LbSQ7u6usGy>
- <http://www.lew-netzservice.de/CNP/AKTUELLES/AKTUELL20140604.ASP> 2015.
- [http://tecsol.blogs.com/mon\\_weblog/2015/05/cezas-la-centrale-solaire-de-tous-les-superlatifs-sort-de-terre.html](http://tecsol.blogs.com/mon_weblog/2015/05/cezas-la-centrale-solaire-de-tous-les-superlatifs-sort-de-terre.html) 2015. október 1.
- [http://www.pv-tech.org/editors-blog/europes\\_largest\\_solar\\_park\\_squeezing\\_out\\_maximum\\_energy\\_from\\_the\\_minimum\\_la](http://www.pv-tech.org/editors-blog/europes_largest_solar_park_squeezing_out_maximum_energy_from_the_minimum_la) 2015. október 1.
- [http://www.pv-tech.org/editors-blog/europes\\_largest\\_solar\\_park\\_squeezing\\_out\\_maximum\\_energy\\_from\\_the\\_minimum\\_la](http://www.pv-tech.org/editors-blog/europes_largest_solar_park_squeezing_out_maximum_energy_from_the_minimum_la) 2015. október 1.
- <http://www.hpegllc.com/Projects/solarpower.html>

- <http://www.rbbelectrical.co.uk/solar-trackers.php>
- <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php> 2015.09.30
- <http://www.gamechangeracking.com/#!pour-in-place-gallery/ck1h> 2015. október 7.
- [http://media.wix.com/ugd/a02ae3\\_6084f289a745430f97f6a4f2cbe6692a.pdf](http://media.wix.com/ugd/a02ae3_6084f289a745430f97f6a4f2cbe6692a.pdf) 2015. október 7.
- [http://media.wix.com/ugd/a02ae3\\_6084f289a745430f97f6a4f2cbe6692a.pdf](http://media.wix.com/ugd/a02ae3_6084f289a745430f97f6a4f2cbe6692a.pdf) 2015. október 7.
- [http://www.solarpraxis.de/fileadmin/user\\_upload/Unternehmen/Dokumente/PR\\_Kombikraftwerk\\_engl\\_130422.pdf](http://www.solarpraxis.de/fileadmin/user_upload/Unternehmen/Dokumente/PR_Kombikraftwerk_engl_130422.pdf)2015. október 7.
- <http://www.hpegllc.com/Projects/solarpower.html>
- <http://www.thesolarclothcompany.com/solutions/solar-cloth/>
- <http://www.thesolarclothcompany.com/gallery/>
- <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1026145&page=14>
- <http://www.thesolarclothcompany.com/gallery/>
- <http://gbssmag.com/2013/04/onyx-solar/>
- <http://www.onyx-solar.com/>
- [http://www.fototherm.com/images/certificazioni/seriecs/scheda\\_tecnicafototherm-cs.pdf](http://www.fototherm.com/images/certificazioni/seriecs/scheda_tecnicafototherm-cs.pdf) 2015. november 19.
- <http://www.2sol.ch/>
- <http://solarwall.com/en/products/pvthermal/pvt-photo-gallery.php> 2015.
- <http://solarwall.com/en/products/pvthermal/pvt-photo-gallery.php> 2015.
- <http://web.cut.ac.cy/wp-content/uploads/sites/13/2014/08/2-4-TRIPANAGNOSTOPOULOS-BISTS-PVT.pdf>
- [http://www.savosolar.fi/images/Savo\\_FracTherm\\_Technical\\_datasheet\\_EN.pdf](http://www.savosolar.fi/images/Savo_FracTherm_Technical_datasheet_EN.pdf)
- <http://solar-district-heating.eu/Portals/0/NewFolder/SDHplus%20Brochure%20Download.pdf> 2015. november 22.
- <http://solar-district-heating.eu/Portals/0/NewFolder/SDHplus%20Brochure%20Download.pdf> 2015. november 22
- <http://solar-district-heating.eu/Portals/0/NewFolder/SDHplus%20Brochure%20Download.pdf>
- [http://porto.polito.it/2606554/1/PhD\\_Noussan\\_final.pdf](http://porto.polito.it/2606554/1/PhD_Noussan_final.pdf) 2015. november 22.
- <http://solar-district-heating.eu/LinkClick.aspx?fileticket=gGYLyhgsWhc%3D&portalid=0> 2015. november 22.
- <http://solar-district-heating.eu/LinkClick.aspx?fileticket=gGYLyhgsWhc%3D&portalid=0> 2015. november 22.
- <http://www.sdh-online.solites.de/Tool/2> 2015. november 22.
- <http://www.naturenergie-bayern.com/?p=2799> 2015. november 25.
- <http://www.thuesolar.de/referenzen/kollektoren-nach-mass/> 2015.november 25.
- <http://www.naturkraftheizung.com/> 2015. november 25.
- [http://www.comune.grottaminarda.av.it/download/5\\_Particolare%20pannelli%20e%20chiller.pdf](http://www.comune.grottaminarda.av.it/download/5_Particolare%20pannelli%20e%20chiller.pdf) 2015.
- [http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Solar\\_Vakuueroehrenkollektoren\\_165868.html?img=0&layout=galerie](http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Solar_Vakuueroehrenkollektoren_165868.html?img=0&layout=galerie) <http://www.ikz.de/1996-2005/2002/10/0210026.php> 2015. november 25.
- [http://www.savosolar.fi/images/Savo\\_FracTherm\\_Technical\\_datasheet\\_EN.pdf](http://www.savosolar.fi/images/Savo_FracTherm_Technical_datasheet_EN.pdf)
- [http://www.savosolar.fi/images/Savo\\_FracTherm\\_Technical\\_datasheet\\_EN.pdf](http://www.savosolar.fi/images/Savo_FracTherm_Technical_datasheet_EN.pdf)

## 7. Szélenergia

- 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról
- [http://ktvktvf.zoldhatosag.hu/menu/ugyfelinformacio/ugyintezesi\\_hataridok.htm](http://ktvktvf.zoldhatosag.hu/menu/ugyfelinformacio/ugyintezesi_hataridok.htm)
- FISKUS O. 2005: Szélenergia és természetvédelem – Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Természetvédelmi Hivatala, Budapest, 2005. 29 p.

- ZALA MEGYE, 2010: Egyeztetési dokumentáció – Zala megye területrendezési terve módosítása, Zala megye Önkormányzata, Budapest, 2010. 162 p.
- TÓTH P. 2012: Győr-Moson-Sopron megye szélenergia-termelés potenciáljának vizsgálata térinformatikai módszerekkel – Szakdolgozat, ELTE TTK Földrajz és Földtudományi Intézet Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék, Budapest, 2012. 87. p.
- FISKUS O. 2005: Szélenergia és természetvédelem – Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Természetvédelmi Hivatala, Budapest, 2005. 29 p.
- [www.rwe.com](http://www.rwe.com)
- HÖFER ET AL. 2014: Sunak, Y.; Siddique, H.; Madlener, R.; Höfer, T. – Wind farm siting using a spatial hierarchy process approach: A case study of the Städteregion Aachen
- <http://www.theguardian.com/environment/2013/apr/15/high-court-buffer-zones-windfarms>
- HÖFER ET AL. 2014: Sunak, Y.; Siddique, H.; Madlener, R.; Höfer, T. – Wind farm siting using a spatial hierarchy process approach: A case study of the Städteregion Aachen
- [http://mstudioblackboard.tudelft.nl/duwind/Wind%20energy%20online%20reader/Static\\_pages/tower.htm](http://mstudioblackboard.tudelft.nl/duwind/Wind%20energy%20online%20reader/Static_pages/tower.htm)
- [http://mstudioblackboard.tudelft.nl/duwind/Wind%20energy%20online%20reader/Static\\_pages/park\\_effect.htm](http://mstudioblackboard.tudelft.nl/duwind/Wind%20energy%20online%20reader/Static_pages/park_effect.htm)
- [http://mstudioblackboard.tudelft.nl/duwind/Wind%20energy%20online%20reader/Static\\_pages/park\\_effect.htm](http://mstudioblackboard.tudelft.nl/duwind/Wind%20energy%20online%20reader/Static_pages/park_effect.htm) alapján Havas M.
- <http://www.nrel.gov/news/features/2012/1995>
- <http://www.windpowermonthly.com/article/1363936/senvion-launches-low-wind-34mw-turbine-140-metre-rotor>
- <http://www.nrel.gov/news/features/2012/1995>
- <http://www.enercon.de/en/products/ep-4/e-126-ep4/>
- <http://www.sunwindenergy.com/wind-energy/enercon-presents-new-4-mw-turbine>
- ENERCON, 2015: New 4MW platform - Windblatt Magazine, Enercon, Germany, 2015. 15 p.
- <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-09-15/senvion-takes-on-nordex-with-low-wind-turbine-to-boost-share>
- <http://www.nordex-online.com/en/produkte-service/wind-turbines/n131-30-mw.html>
- [http://www.nordex-online.com/en/news-press/news-detail.html?tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=2661&cHash=730bd0d9fc](http://www.nordex-online.com/en/news-press/news-detail.html?tx_ttnews%5Btt_news%5D=2661&cHash=730bd0d9fc)
- <http://www.energy.siemens.com/co/en/renewable-energy/wind-power/platforms/d3-platform/wind-turbine-swt-3-3-130.htm#content=Technical%20Specification>
- <http://www.windpowermonthly.com/article/1314048/siemens-unveils-33mw-turbine>
- MCKENNA, R. ET AL. 2015: Hollnaicher, S. – Ostman, P. v. d. Leye - Fichtner, W. – Cost potentials for large onshore wind turbines in Europe, Energy, Germany, 2015. pp. 217-229
- MIKKELSEN, T. 2012: Remote sensing of wind – Technical University of Denmark. 2012. 36.p.
- [http://www.ecofys.com/files/files/ecofys-2013-position-paper-on-lidar-use\\_02.pdf](http://www.ecofys.com/files/files/ecofys-2013-position-paper-on-lidar-use_02.pdf)
- <http://www.zephirlidar.com/products/zephir-300/>
- <http://www.wind-farm-analytics.com/wp/lidar-studies/>
- [http://www.ammonit.com/images/stories/download-pdfs/DataSheets/RemoteSensing/EN\\_PS\\_Ammonit\\_AQ510windfinder.pdf](http://www.ammonit.com/images/stories/download-pdfs/DataSheets/RemoteSensing/EN_PS_Ammonit_AQ510windfinder.pdf)
- <https://www.linkedin.com/pulse/congratulations-all-ammonit-first-aq510-advanced-sodar-colin-france>
- <http://www.vaisala.com/en/energy/Weather-Measurement/Remote-Sensing-Systems/Pages/Triton.aspx>
- <http://www.ews-consulting.com/en/news/items/sodar-wind-measurement-usa.html>
- DTI, 2004: Cooperative energy: lessons from Denmark and Sweden”, Global Watch Mission Report, Pera Innovation Ltd., UK. 2014. 92 p.
- EU, 2014: Subsidies and costs of EU energy – Final report – Ecofys by order of European Commission. 2014. 71 p.

- PROMMER, M. – FIDLÓCZKY, J. 2014: Útmutató szélérőmű parkok telepítésének bírálatához – Bükki Nemzeti Park Igazgatóság. Eger. 2014. 22 p.
- PROMMER, M. – FIDLÓCZKY, J. 2014: Útmutató szélérőmű parkok telepítésének bírálatához – Bükki Nemzeti Park Igazgatóság. Eger. 2014. 22 p.
- PROMMER, M. – FIDLÓCZKY, J. 2014: Útmutató szélérőmű parkok telepítésének bírálatához – Bükki Nemzeti Park Igazgatóság. Eger. 2014. 22 p.
- [http://ventderaison.eu/commun/documents/annexe\\_4\\_6\\_Fauvillier.pdf](http://ventderaison.eu/commun/documents/annexe_4_6_Fauvillier.pdf)
- [http://www.biotope.fr/sites/biotope.fr/files/documents/biotope\\_chirotech\\_fr.pdf](http://www.biotope.fr/sites/biotope.fr/files/documents/biotope_chirotech_fr.pdf)
- <http://www.biotope.fr/en/innovation/aviscan-radars>
- <http://www.biotope.fr/en/innovation/chirotechc>
- <http://www.detect-inc.com/avian.html>

## 8. Biogáz/biometán termelés prognózis

- A. Wellinger IEA Bioenergy task 37 Algal Biomass
- A. Wellinger IEA Bioenergy task 37 Algal Biomass
- L. Leible at al. KIT Scientific Report 7691 Biogas aus Landschaftspflegegras
- Green Gas Grids European Biomethane Roadmap ([www.greengasgrids.eu](http://www.greengasgrids.eu) )
- [www.biogest.at](http://www.biogest.at)
- [www.sepuran.com](http://www.sepuran.com)
- M. Beil előadás VDI Biomethane Conference Frankfurt 2013 március 19-20.
- Dr. Kovács Attila előadás Biometán Konferencia Szeged, 2013. október 10.
- Dr. Kovács Attila előadás Biometán Konferencia Szeged, 2013. október 10.

## 9. Energiahatékonyság

- [http://zaol.hu/data/cikk/170/825/cikk\\_1700825/KAT\\_7695.jpg](http://zaol.hu/data/cikk/170/825/cikk_1700825/KAT_7695.jpg)
- [http://www.lighthouseww.com/myfiles/image/Im\\_W%20Comparison%20Graph%20DifLightSourceswf800x600\(1\).jpg](http://www.lighthouseww.com/myfiles/image/Im_W%20Comparison%20Graph%20DifLightSourceswf800x600(1).jpg)
- [http://electroiq.com/content/dam/eiq/online-articles/2012/02/1202SSTfuryDay3F6.gif/\\_jcr\\_content/renditions/cq5dam.thumbnail.319.319.png](http://electroiq.com/content/dam/eiq/online-articles/2012/02/1202SSTfuryDay3F6.gif/_jcr_content/renditions/cq5dam.thumbnail.319.319.png)
- <http://www.cree.com/News-and-Events/Cree-News/Press-Releases/2014/March/300LPW-LED-barrier>
- [http://www.energycircle.com/sites/default/files/imagecache/Inline\\_Full\\_Width/images/stories/20253/led-light-efficiency-chart.png](http://www.energycircle.com/sites/default/files/imagecache/Inline_Full_Width/images/stories/20253/led-light-efficiency-chart.png)
- <http://www.leotek.com/education/documents/Leotek.LED.Streetlight.Guide.V7-101613.pdf>
- [http://www.semi.org/en/sites/semi.org/files/Yole\\_LED\\_cost\\_slide\\_SEMI-SST\\_LED\\_preview%5B1%5D.jpg](http://www.semi.org/en/sites/semi.org/files/Yole_LED_cost_slide_SEMI-SST_LED_preview%5B1%5D.jpg)
- [http://www.theclimategroup.org/\\_assets/files/LED\\_report\\_web1\(3\).pdf](http://www.theclimategroup.org/_assets/files/LED_report_web1(3).pdf)
- [http://www.tvilight.com/products/citysense\\_street\\_light\\_sensor/](http://www.tvilight.com/products/citysense_street_light_sensor/)
- <https://youtu.be/pCfVWA3bKcc>
- <http://hg.hu/cikkek/varos/16392-aramot-termelo-kozvilagitast-fejleszt-a-ge-magyarorszagon>
- [http://www.gelighting.com/LightingWeb/na/images/94439-GE-LightGrid-Wireless-Lighting-Control-Systems-Brochure\\_tcm201-65709.pdf](http://www.gelighting.com/LightingWeb/na/images/94439-GE-LightGrid-Wireless-Lighting-Control-Systems-Brochure_tcm201-65709.pdf), <http://goo.gl/tPAXL3>
- <http://www.solarlink.de/solarstrassenkubus.htm> Termék elérhetősége 2015. augusztus 27-én
- <https://store.bisol.com/solar-lights/solar-light-ssl-53.html> Termék elérhetősége 2015. augusztus 27-én
- <http://www.congaia-solarworld.com/english/solar-unit-eco/> Termék elérhetősége 2015. augusztus 27-én
- <http://www.1asolar.com/Solar-LED-Street-Lights-Parkin/Solar-Road-Light-Frankfurt-30-Watt-Power-LED-Warm-white::1298.html?XTCsid=d7ba01a476a6a3bbfafa92762a3e991c> Termék elérhetősége 2015. augusztus 27-én
- [http://www.ejot.hu/?p=dubelek&sp=h4\\_eco](http://www.ejot.hu/?p=dubelek&sp=h4_eco) 2015. december 1. (egy hagyományos dűbel ára is ennyi)
- [http://www.ejot.hu/?p=dubelek&sp=h4\\_eco](http://www.ejot.hu/?p=dubelek&sp=h4_eco)

- [http://www.franz-drepper.de/news/?tx\\_news\\_pi1%5Bnews%5D=5&tx\\_news\\_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx\\_news\\_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=4950e9757e838af95b7d27c89b5afe0f](http://www.franz-drepper.de/news/?tx_news_pi1%5Bnews%5D=5&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=4950e9757e838af95b7d27c89b5afe0f)
- [http://www.ursa.hu/hu-hu/termekek/ursa-asvanygyapotok/Documents/PL-URSA\\_DF\\_32\\_PLATINUM.pdf](http://www.ursa.hu/hu-hu/termekek/ursa-asvanygyapotok/Documents/PL-URSA_DF_32_PLATINUM.pdf)
- <http://www.isover.hu/wp-content/uploads/2011/06/isover-arlista-2012-j%C3%BAnius15.pdf>
- [http://www.glashandbuch.de/catalog/1\\_7\\_pilkington\\_spacia\\_-\\_vakuumglas/5cc3bd7b-2cd9-4753-8c54-0a5b8f85f06b.aspx](http://www.glashandbuch.de/catalog/1_7_pilkington_spacia_-_vakuumglas/5cc3bd7b-2cd9-4753-8c54-0a5b8f85f06b.aspx) 2015. november 20.
- <http://www.warmekante.info/systemuberblick/repräsentative-psi-werte/> 2015. november 20.
- [http://www.siga.ch/fileadmin/user\\_upload/Web\\_Englisch/42.\\_Downloads/Pruefzeugnisse/FEN\\_ift-Pruefnachweis\\_EN.pdf](http://www.siga.ch/fileadmin/user_upload/Web_Englisch/42._Downloads/Pruefzeugnisse/FEN_ift-Pruefnachweis_EN.pdf) 2015. november 20.
- [http://www.energieagentur-regio-freiburg.de/fileadmin/user\\_upload/Aktuell/2013/hilzinger\\_Energieberater\\_Seminar2013.pdf](http://www.energieagentur-regio-freiburg.de/fileadmin/user_upload/Aktuell/2013/hilzinger_Energieberater_Seminar2013.pdf) 2015. november 20.
- [http://www.energieagentur-regio-freiburg.de/fileadmin/user\\_upload/Aktuell/2013/hilzinger\\_Energieberater\\_Seminar2013.pdf](http://www.energieagentur-regio-freiburg.de/fileadmin/user_upload/Aktuell/2013/hilzinger_Energieberater_Seminar2013.pdf) 2015. november 20.
- [http://www.energieagentur-regio-freiburg.de/fileadmin/user\\_upload/Aktuell/2013/hilzinger\\_Energieberater\\_Seminar2013.pdf](http://www.energieagentur-regio-freiburg.de/fileadmin/user_upload/Aktuell/2013/hilzinger_Energieberater_Seminar2013.pdf) 2015. november 20.
- [http://www.reku.net.pl/images/warto\\_wiedziec/rekuperator\\_dzialanie.gif](http://www.reku.net.pl/images/warto_wiedziec/rekuperator_dzialanie.gif)
- <http://www.edyskas.mojabudowa.pl/?menu=pokaz&miesiac=1&rok=2010>
- <http://gunnpegelow.com/2011/04/18/titan-air-designs-quality-efficient-equipment/>
- [http://energotrade.hu/pdf/energotrade\\_solanova\\_leiras.pdf](http://energotrade.hu/pdf/energotrade_solanova_leiras.pdf)
- [http://www.alibaba.com/product-detail/Single-room-ventilation-systems-with-heat\\_50001679488.html](http://www.alibaba.com/product-detail/Single-room-ventilation-systems-with-heat_50001679488.html)
- <http://www.premivent.com/>
- <http://www.internorm.com/hu/termekek/studio/i-tec-innovaciok/i-tec-szelloztetes.html>
- [http://www.kardoslabor.hu/media/documents/zehnder\\_comfoair\\_70\\_felhasznalasi\\_leiras.pdf](http://www.kardoslabor.hu/media/documents/zehnder_comfoair_70_felhasznalasi_leiras.pdf)
- [http://www.hausderzukunft.at/hdz\\_pdf/events/20131021\\_vernetzungsworkshop\\_01\\_tagungsband.pdf](http://www.hausderzukunft.at/hdz_pdf/events/20131021_vernetzungsworkshop_01_tagungsband.pdf)
- <http://www.gap-solutions.at/en/solutions/gapskin/>
- [http://download.nachhaltigwirtschaften.at/hdz\\_pdf/endbericht\\_1150\\_plusfassaden.pdf](http://download.nachhaltigwirtschaften.at/hdz_pdf/endbericht_1150_plusfassaden.pdf)
- <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/141309.pdf>
- <http://www.gap-solutions.at/en/references/references/>
- [http://www.ibo.at/de/documents/IBOmagazin1\\_15\\_web.pdf](http://www.ibo.at/de/documents/IBOmagazin1_15_web.pdf)
- [http://www.giwog.at/fileadmin/kundendaten/downloads/ref\\_liebenauer/san\\_liebenauerHauptstrasse.pdf](http://www.giwog.at/fileadmin/kundendaten/downloads/ref_liebenauer/san_liebenauerHauptstrasse.pdf)
- <http://www.apartmenttherapy.com/10-bright-ideas-for-led-lighting-190699>
- <http://ukled-ltd.co.uk/news/new-filament-technology-range/>, <https://grabcad.com/questions/ptc-creo-newbie-how-can-i-model-a-simple-light-bulb>
- [http://www.diytrade.com/china/pd/12309377/CE\\_Dimmable\\_Led\\_Filament\\_3\\_5W\\_A60\\_Frosted\\_Light\\_Bulb.html](http://www.diytrade.com/china/pd/12309377/CE_Dimmable_Led_Filament_3_5W_A60_Frosted_Light_Bulb.html)
- <http://www.dach-net.de/de/flachdach/lichtkuppel.html>
- <http://www.on-light.de/home/news/article/lichtkuppel-angen-fuer-die-kunst.html>
- <http://www.salazarch.com/index.php#mi=2&pt=1&pi=10000&s=20&p=0&a=0&at=0>
- [http://gotsun.com/solar-light-tubes/slt\\_roof-2/](http://gotsun.com/solar-light-tubes/slt_roof-2/)
- <http://www.bobvila.com/articles/solar-tubes/#.VlCHm3YvdhE>
- <https://www.youtube.com/watch?v=BpvDFuKBnXE>
- <http://www.wascoskylights.com/product-category/fiber-optic-daylighting/>
- <http://gbdmagazine.com/2013/parans-skylight/>
- <http://cdn2.hubspot.net/hub/173237/images/linecard-lightlouver.jpg?t=1432228546298>
- <http://www.onesa.com/manufacturers/lightlouver>



- <http://www.advancedglazings.com/>
- <http://epiteszforum.hu/galeria/nke-sportkozpont-tarnoczky-tamas-attila-terve/131286>
- <http://www.econation.be/en/lightcatcher-cases/on-the-workfloor/>
- <http://www.just-rooflights.com/solatube-energy-care-optima-250mm-350mm.html>
- [http://www.one-stop-shop.org/sites/default/files/FORM\\_26\\_tubular%20daylighting%20device.pdf](http://www.one-stop-shop.org/sites/default/files/FORM_26_tubular%20daylighting%20device.pdf)
- <http://www.abg-fh.com/bauen/aktuelle-projekte/speicherstrasse.html>
- [http://www.ee.architektur.tu-darmstadt.de/media/architektur/fachgruppe\\_c/ee/forschung\\_dissertationen\\_4/ordner/Kurzbericht\\_Aktiv-Stadthaus\\_engl.pdf](http://www.ee.architektur.tu-darmstadt.de/media/architektur/fachgruppe_c/ee/forschung_dissertationen_4/ordner/Kurzbericht_Aktiv-Stadthaus_engl.pdf)
- [http://www.forschungsinitiative.de/fileadmin/user\\_upload/Netzwerk\\_Effizienzhaus\\_Plus/Frankfurt\\_am\\_Main/Steckbrief\\_21\\_Aktivstadthaus\\_Frankfurt\\_2015.pdf](http://www.forschungsinitiative.de/fileadmin/user_upload/Netzwerk_Effizienzhaus_Plus/Frankfurt_am_Main/Steckbrief_21_Aktivstadthaus_Frankfurt_2015.pdf)
- <http://www.detail.de/architektur/themen/die-zukunft-des-wohnens-aktiv-stadthaus-in-frankfurt-025264.html>
- <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/pdf/vortrag-tu.pdf>
- <https://www.flickr.com/photos/unibrennt/sets/72157622949124582/>
- <http://brightngreen.com/power>
- [http://www.gap-solutions.at/fileadmin/user\\_upload/Downloadarea/Technische\\_Unterlagen\\_Public/gap\\_skin/Broschuere\\_GAP.skin.pdf](http://www.gap-solutions.at/fileadmin/user_upload/Downloadarea/Technische_Unterlagen_Public/gap_skin/Broschuere_GAP.skin.pdf)
- [https://books.google.hu/books?id=GPvyaA\\_8PqkC&pg=PA85&lpg=PA85&dq=Weiters+wurde+jede+Wohnung+mit+einer+Komfortlüftung](https://books.google.hu/books?id=GPvyaA_8PqkC&pg=PA85&lpg=PA85&dq=Weiters+wurde+jede+Wohnung+mit+einer+Komfortlüftung)
- [http://download.nachhaltigwirtschaften.at/hdz\\_pdf/endbericht\\_1150\\_plusfassaden.pdf](http://download.nachhaltigwirtschaften.at/hdz_pdf/endbericht_1150_plusfassaden.pdf)
- [http://map.mfgi.hu/tvz\\_1248/](http://map.mfgi.hu/tvz_1248/)
- [http://www.dts-ups.com/Files/downloads/doc\\_130023.pdf](http://www.dts-ups.com/Files/downloads/doc_130023.pdf)
- [www.odooproject.hu](http://www.odooproject.hu)
- <http://www.emilieproject.eu/eng/pilot-actions/infrasun.aspx>
- <http://www.condair.hu/m/0/brochure-sh2-h-em-130313.pdf>
- [https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/comparative-study-arenas\\_EN.pdf](https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/comparative-study-arenas_EN.pdf)
- [https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/comparative-study-arenas\\_EN.pdf](https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/comparative-study-arenas_EN.pdf)

## 10. Hőszivattyúk

- [http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare\\_energien/waermepumpen/publikationen/energie\\_ee\\_wp\\_liste.pdf](http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare_energien/waermepumpen/publikationen/energie_ee_wp_liste.pdf)
- <http://www.waermepumpe.de/sg-ready/>
- [https://www.waermepumpe.de/fileadmin/user\\_upload/waermepumpe/02\\_Waermepumpe/Qualitaetssicherung/UEbersicht\\_SG\\_Ready-Antraege\\_Stand\\_17.08.2015\\_.pdf](https://www.waermepumpe.de/fileadmin/user_upload/waermepumpe/02_Waermepumpe/Qualitaetssicherung/UEbersicht_SG_Ready-Antraege_Stand_17.08.2015_.pdf)
- <http://geoweb2.sbg.ac.at/thermomap/index.html?lang=hu> 2015. november 11.
- <http://www.bauweise.net/grundlagen/technik/waermepumpe/quellen/waermequelle.htm>
- [http://www.noventec.de/fileadmin/noventec\\_user\\_upload/pdf/Erdwaermekorb.pdf](http://www.noventec.de/fileadmin/noventec_user_upload/pdf/Erdwaermekorb.pdf)
- [http://xn--energiepfhle-ocb.com/pdf/Energiepfaehle\\_Vortrag-CEP\\_Stuttgart.pdf](http://xn--energiepfhle-ocb.com/pdf/Energiepfaehle_Vortrag-CEP_Stuttgart.pdf)
- [http://xn--energiepfhle-ocb.com/pdf/Energiepfaehle\\_Vortrag-CEP\\_Stuttgart.pdf](http://xn--energiepfhle-ocb.com/pdf/Energiepfaehle_Vortrag-CEP_Stuttgart.pdf)
- [http://xn--energiepfhle-ocb.com/pdf/Energiepfaehle\\_Vortrag-CEP\\_Stuttgart.pdf](http://xn--energiepfhle-ocb.com/pdf/Energiepfaehle_Vortrag-CEP_Stuttgart.pdf)
- <http://www.geothermie.de/fileadmin/useruploads/Notiz3.pdf>
- <http://www.geothermie.de/fileadmin/useruploads/Notiz3.pdf>
- [http://xn--energiepfhle-ocb.com/pdf/Energiepfaehle\\_Vortrag-CEP\\_Stuttgart.pdf](http://xn--energiepfhle-ocb.com/pdf/Energiepfaehle_Vortrag-CEP_Stuttgart.pdf)
- [http://map.mfgi.hu/tvz\\_1248/](http://map.mfgi.hu/tvz_1248/) 2015. november 11.
- <http://www.stiebel-eltron.co.uk/hot-water/information-planning/reference-cases/north/heat-pump-case-studies/gshp-aberdyfi/>
- <http://www.ecofriendlyinstallations.com/>

- <http://www.tracto-technik.com/>
- <http://www.kaeufportal.de/energie/erdwaermepumpen/tiefenbohrung/#0>
- <http://www.durr-thermeco2.com/de/projekte/item/387-nahwaermenetz-stadt-lauterecken>
- <http://www.durr-thermeco2.com/de/projekte/item/831-nahwaermenetz-marktgemeinde-dollnstein>
- <http://www.durr-thermeco2.com/de/projekte>
- [http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare\\_energien/waermepumpen/publikationen/energie\\_ee\\_wp\\_liste.pdf](http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare_energien/waermepumpen/publikationen/energie_ee_wp_liste.pdf)

### 11. Geotermikus energia alapú villamosenergia termelés

- <http://www.bihon.ro/miza-transgex-certificatele-verzi/1399377>
- <http://www.enerdot.lv/GB%20-%20Green%20Machine%20presentation.pdf>
- <http://www.gmk.info/references.html>
- [http://www.ahkungarn.hu/fileadmin/ahk\\_ungarn/Dokumente/Bereich\\_HF/Dienstleistungen/Kooperation\\_sboersen/2013-10-14\\_EE2013/Praesentation\\_Knapek.pdf](http://www.ahkungarn.hu/fileadmin/ahk_ungarn/Dokumente/Bereich_HF/Dienstleistungen/Kooperation_sboersen/2013-10-14_EE2013/Praesentation_Knapek.pdf)

### 12. Geotermális alapú távhőellátás

-

### 13. Villamos energia

- <http://isccompanies.com/january-2010-saving-electrical-costs/>
- <http://www.acpd.co.uk/sei/s/1488/eup%20directive%20for%20ac%20motors.pdf>
- <http://www.topten.eu/uploads/File/Recommendations%20Circulation%20Pumps%20March%202011.pdf>
- [http://europump.net/uploads/20111208\\_EuP\\_Lot\\_11\\_circulators\\_-\\_general\\_explanations\\_EEI\\_-\\_modified\\_versionV3\\_1\\_\\_for\\_website.pdf](http://europump.net/uploads/20111208_EuP_Lot_11_circulators_-_general_explanations_EEI_-_modified_versionV3_1__for_website.pdf)
- <http://net.grundfos.com/Appl/WebCAPS/Grundfosliterature-4609551.pdf>
- <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:191:0026:0034:EN:PDF>,
- <http://www.acpd.co.uk/sei/s/1488/eup%20directive%20for%20ac%20motors.pdf>
- <http://www.leonardo-energy.org/drupal/node/446>
- [http://www.transzformator.info/Meresijegyzo\\_konyvek/40194\\_2.JPG](http://www.transzformator.info/Meresijegyzo_konyvek/40194_2.JPG)
- <http://www.egeec.apec.org/dmsdocument/452>
- [http://www.energy.siemens.com/us/pool/hq/power-transmission/Transformers/Distribution%20Transformers/Oil-filled%20Distribution%20Transformers/Produktfoto\\_DistributionTra\\_1.jpg?\\_ =1439384710505](http://www.energy.siemens.com/us/pool/hq/power-transmission/Transformers/Distribution%20Transformers/Oil-filled%20Distribution%20Transformers/Produktfoto_DistributionTra_1.jpg?_ =1439384710505)
- <http://abbib.cloudapp.net/public/default/product/9AAC30400792/preview>
- <http://www.schneider-electric.com/en/product-image/204558-minera-ground-mounted>
- <http://www.energy.siemens.com/hq/en/power-transmission/transformers/distribution-transformers/distribution/fit-former-reg.htm>
- [https://www.youtube.com/watch?v=\\_rkGxetL6X8](https://www.youtube.com/watch?v=_rkGxetL6X8)

### 14. Közlekedés

- Szakértői tanulmány az EMAH- „Öko-mobilitás elősegítése az osztrák-magyar határtérségben” – BalCon Consulting
- Zalaegerszeg Megyei Jogú Város Integrált Településfejlesztési Stratégia 2014-2020
- <http://zaol.hu/hirek/a-kerekparut-immar-vegiger-a-kossuth-utcan-1427878>
- [http://zalamedia.hu/zalamedia\\_statikus/egerszeg/20130319/index.html](http://zalamedia.hu/zalamedia_statikus/egerszeg/20130319/index.html)
- Arthur D. Little; The Future of Urban Mobility 2.0  
[http://www.uitp.org/sites/default/files/members/140124%20Arthur%20D.%20Little%20%26%20UITP\\_Future%20of%20Urban%20Mobility%202%200\\_Full%20study.pdf](http://www.uitp.org/sites/default/files/members/140124%20Arthur%20D.%20Little%20%26%20UITP_Future%20of%20Urban%20Mobility%202%200_Full%20study.pdf)
- <http://projekte.abg-fh.com/projekte/europaquartett/aktuelles.php?document=1570>

- [http://www.mcc-berlin.net/uploads/media/Creutzig\\_Decarbonizing\\_urban\\_transport\\_in\\_European\\_cities\\_2013.pdf](http://www.mcc-berlin.net/uploads/media/Creutzig_Decarbonizing_urban_transport_in_European_cities_2013.pdf)
- Dr. Felix Creutzig TU Berlin: [https://www.adac.de/infotestrat/tests/fahrrad-zubehoer-sport/pedelec\\_2013/default.aspx](https://www.adac.de/infotestrat/tests/fahrrad-zubehoer-sport/pedelec_2013/default.aspx)
- <http://bike-sharing.blogspot.hu/2012/08/bike-sharing-creates-job.html>
- [http://www.psnzrt.hu/files/kerekparos\\_program\\_2012.pdf](http://www.psnzrt.hu/files/kerekparos_program_2012.pdf)
- [http://www.oresundsomcykelregion.nu/wp-content/uploads/2012/10/jan\\_gehl.pdf](http://www.oresundsomcykelregion.nu/wp-content/uploads/2012/10/jan_gehl.pdf)
- <http://derstandard.at/1293370817921/Autofreie-Siedlungen-Das-Wohnen-mit-Rad-neu-erfinden>
- Osztrák kerékpáros érdekképviselő ajánlása:
- <http://lobby.ig-fahrrad.org/download/13> 2015. augusztus 20.
- Az Egyesült Királyság elektromos járművek töltőhálózat stratégiája - <https://www.gov.uk/government/publications/making-the-connection-the-plug-in-vehicle-infrastructure-strategy>
- <http://www.forschungsinitiative.de/effizienzhaus-plus/modellvorhaben/netzwerk/> 2015.08.14
- [http://de.slideshare.net/Vattenfall\\_de/e-solcarprofharaldschwarzpdf65858081](http://de.slideshare.net/Vattenfall_de/e-solcarprofharaldschwarzpdf65858081)
- <http://insideevs.com/mobility-house-presents-vehicle2coffee/>
- <http://www.endesa.com/en/saladeprensa/noticias/new-bidirectional-charging-point>
- <http://www.zsw-bw.de/en/support/news/news-detail/lithium-ionen-zellen-aus-uhl-mit-spitzenwerten.html> <http://www.sonnenbattery.com/en/home/>
- [http://www.oxisenergy.com/uploads/Alise\\_presser\\_final.pdf](http://www.oxisenergy.com/uploads/Alise_presser_final.pdf)
- <http://www.oxisenergy.com/blog/battery-that-will-operate-at-minus-80-degrees-in-the-offing>
- <http://www.oxisenergy.com/blog/unesco-and-oxis-to-release-lithium-sulfur-battery-storage-by-2016>
- <http://saeindustrynews.org/2015/03/24/nissan-leaf-battery-reliably-outperforms-critics-and-alternatives-video-pure-green-cars/>
- <http://www.reportsnreports.com/reports/358796-global-grid-to-vehicle-v2g-market-2015-2019.html>
- <http://www.ratp.fr/en/upload/docs/application/pdf/2015-06/ratp-bus2025-anglais-fiches-a4-ed3-150526.pdf> 2015. szeptember 24.
- [http://balintinfo.hu/torokbalint\\_elektromos\\_autobusz\\_tesztetes\\_2012.htm](http://balintinfo.hu/torokbalint_elektromos_autobusz_tesztetes_2012.htm) 2015. szeptember 24.
- <http://www.globalmasstransit.net/archive.php?id=17408> 2015. szeptember 22.
- <http://byd-auto.net/vehicles/k9/index.php> 2015. szeptember 25.
- [http://magyarbusz.info/kitekinto/2013-11-12/Innovacio\\_Magyarorszagrol\\_%E2%80%93\\_az\\_Evopro\\_csoport\\_buszgyartoi\\_tervei#sthash.zK0WHpWC.RCTsZhTf.dpbs](http://magyarbusz.info/kitekinto/2013-11-12/Innovacio_Magyarorszagrol_%E2%80%93_az_Evopro_csoport_buszgyartoi_tervei#sthash.zK0WHpWC.RCTsZhTf.dpbs) 2015. szeptember 25.
- <https://www.levego.hu/en/news/2015/04/first-step-to-a-hungarian-electric-bus-driven-future> 2015. szeptember 20.
- <https://www.solaribus.com/vehicle/urbino-12-electric>
- <http://www.amtu.org/infoweb/jornades/11aJornada/11J-01-01-MF.pdf>
- <http://ebusco.eu/en/news>
- <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2373.pdf>
- [http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-fachworkshop-hybrid-oberleitungsbusse-lambrecht-puetz.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-fachworkshop-hybrid-oberleitungsbusse-lambrecht-puetz.pdf?__blob=publicationFile)
- [https://www.transportmeasures.org/wp-content/uploads/2014/07/NTM\\_Nylund\\_290414.pdf](https://www.transportmeasures.org/wp-content/uploads/2014/07/NTM_Nylund_290414.pdf)
- <http://www.igverkehrkoeniz.ch/media/6de30bbb72e2c87cffff84a9a426365.pdf>
- <http://evtopia.org/wp-content/uploads/2014/11/BYD-k9-bus010.png>
- <http://www.autoszektor.hu/hu/content/elektromos-szemetszallito-autot-terveztek-unios-tamogatassal-debrecenben>
- <http://eng.unideb.hu/userdir/vmt2/index.php/hu/projektek.html>
- [http://debrecen2.szuperinfo.hu/wp-content/blogs.dir/10/files/2014/10/DSZU\\_002\\_00\\_1010.pdf](http://debrecen2.szuperinfo.hu/wp-content/blogs.dir/10/files/2014/10/DSZU_002_00_1010.pdf)
- <http://www.qwic.nl/en-GB/product-compare.html>
- <http://www.qwic.nl/en-GB/electric-bicycles/15-emoto-87-4p-li-ion.html>

- [http://www.bmw-motorrad.com/com/en/index.html?content=http://www.bmw-motorrad.com/com/en/individual/news/2011/urban\\_mobility.jsp](http://www.bmw-motorrad.com/com/en/index.html?content=http://www.bmw-motorrad.com/com/en/individual/news/2011/urban_mobility.jsp)
- <http://www.zelectricvehicle.com/>
- [https://www.press.bmwgroup.com/global/pressDetail.html?title=bmw-motorrad-equips-police-in-sardinia-s-capital-with-15-bmw-c-evolution-scooters-after-barcelona&outputChannelId=6&id=T0215242EN&left\\_menu\\_item=node\\_\\_6629](https://www.press.bmwgroup.com/global/pressDetail.html?title=bmw-motorrad-equips-police-in-sardinia-s-capital-with-15-bmw-c-evolution-scooters-after-barcelona&outputChannelId=6&id=T0215242EN&left_menu_item=node__6629)
- <http://gas2.org/wp-content/uploads/2015/08/plug-in-hybrid-natural-gas-armored-truck.jpg> 2015.08.14
- [http://www.inventev.com/Home\\_Page.html](http://www.inventev.com/Home_Page.html)
- <http://www.inventev.com>
- <http://www.uioenergi.uio.no/english/research/news-and-events/news/2015/car-sharing-greens-the-city.html> 2015. augusztus 20.
- <https://www.flinkster.de/kundenbuchung/process.php?proc=stadtauswahl> 2015. augusztus 20.
- <http://www.nfc-ready.eu/20130402800/800-continental-tests-nfc-access-for-electric-vehicle-car-sharing-fleet.html>
- [http://www.continental-corporation.com/www/pressportal\\_com\\_en/themes/press\\_releases/3\\_automotive\\_group/interior/press\\_releases/pr\\_2015\\_03\\_12\\_jointventure\\_en.html](http://www.continental-corporation.com/www/pressportal_com_en/themes/press_releases/3_automotive_group/interior/press_releases/pr_2015_03_12_jointventure_en.html)
- Benders, R. M. J. – Dijkman, T.J. 2010: Comparison of renewable fuels based on their land use energy densities – Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2010. 14. pp. 3148-3155
- Meyer, I. – Sommer, M. W. 2014: Employment effects of renewable energy supply – A meta analysis. Policy Paper no. 12. – European Union. 2014. 39. p.
- Kraatz, S. et al. 2013: Energy intensity and global warming potential of corn grain ethanol production in Wisconsin (USA) – Food and Energy Security. 2013. 2 (3). pp. 207-219
- Meyer, I. – Sommer, M. W. 2014: Employment effects of renewable energy supply – A meta analysis. Policy Paper no. 12. – European Union. 2014. 39. p.
- Wild-Scholten de, M.J. (Marsika) 2013: Energy payback time and carbon footprint of commercial photovoltaic systems – Solar Energy Materials & Solar Cells. 2013. 119. pp. 296-305

## 15. Gazdaságfejlesztés energetikai vonatkozásai

- EU, 2015: Changing the future of energy: Civil society as a main player in renewable energy generation – European Union. EESC-2014-04780-00-0204-TCD-TRA. 2015.
- Calzada Álvarez et. al., 2009, 25-26.o.
- BEZDEK, R. (2009): Green Collar Jobs in the U.S. and Colorado, American Solar Energy Society, Boulder, Colorado
- DG TREN (1999): Meeting the Targets and Putting Renewables to Work 2008, Monitoring and Modelling Initiative on the Targets for Renewable Energy – MITRE, Brüsszel
- THOLLANDER, P. – PALM, J., 2013: Thollander, P. – Palm, J. – Improving energy efficiency in industrial energy systems: an interdisciplinary perspective in barriers, energy audits, energy management, policies, and programs – Springer. London. 2013.
- EWEA, 2012: Green growth: the impact of wind energy on jobs and the economy – European Wind Energy Association. 2012.
- STEINBERG, D. ET AL. 2012: Steinberg, D. – Porro, G. - Goldberg, M. – Preliminary analysis of the jobs and economic impacts of renewable energy projects supported by the § 1603 treasury grant program preliminary analysis of the jobs and economic impacts of renewable energy projects supported by the § 1603 treasury grant program; 2012.
- EPIA. Job creation - fact sheet; 2012
- BEZDEK, R. (2007): Economic and Jobs Impacts of the Renewable Energy and Energy Efficiency Industries: U.S. and Ohio, Roger H. Bezdek of Management Information Services Inc. for American Solar Energy Society, 2007.

- [http://vallalkozas.hulladekboltermek.hu/zold\\_vallalat/nisp/](http://vallalkozas.hulladekboltermek.hu/zold_vallalat/nisp/)
- [http://www.ellenmacarthurfoundation.org/case\\_studies/kalundborg-symbiosis](http://www.ellenmacarthurfoundation.org/case_studies/kalundborg-symbiosis)
- [http://www.ellenmacarthurfoundation.org/case\\_studies/kalundborg-symbiosis](http://www.ellenmacarthurfoundation.org/case_studies/kalundborg-symbiosis)
- [http://nisp.hu/img/files/Maltha\\_horeca.pdf](http://nisp.hu/img/files/Maltha_horeca.pdf)
- [http://nisp.hu/hu/jo\\_gyakorlatok/egy\\_gyumolcsozo\\_egyuttmukodes](http://nisp.hu/hu/jo_gyakorlatok/egy_gyumolcsozo_egyuttmukodes)
- <http://www.mv.helsinki.fi/home/lsaikku/publications/Julkaisu,%20englanti.pdf>
- <https://www.clarke-energy.com/natural-gas/greenhouse-chp/>
- <https://www.clarke-energy.com/wp-content/uploads/Greenhouse-Power.pdf>
- <https://www.clarke-energy.com/natural-gas/greenhouse-chp/>
- <http://www.businesswire.com/news/home/20120822005895/en/GE-Houweling%E2%80%99s-Tomatoes-Unveil-Greenhouse-Combined-Heat>
- <http://www.bmw.com/com/en/insights/corporation/bmwi/sustainability.html>
- <http://www.phoenixsolar-group.com/business/us/en/about-us/news/detail.Volkswagen-Chattanooga-Powers-Up-Largest-Solar-Park-in-Tennessee.8abb13d2-81f4-405b-ae45-204e1a75320f.html>
- <http://timreview.ca/article/602>
- <http://iisit.org/Vol6/IISITv6p421-436VanDerWalt634.pdf>
- <http://www.helsinki-living-lab.fi/what-is-a-living-lab/>
- [http://www.eurosportello.eu/sites/default/files/Living%20Lab%20brochure\\_jan09\\_en\\_0.pdf](http://www.eurosportello.eu/sites/default/files/Living%20Lab%20brochure_jan09_en_0.pdf)

## 16. Hidrogén-energetika szerepe és lehetőségei

- [www.siad.com](http://www.siad.com)
- T-Mobile
- Messer Hungarogáz
- Messer Hungarogáz
- <http://www.power-eng.com/articles/print/volume-113/issue-6/features/hydrogen-cools-well-but-safety-is-crucial.html>
- CUTE Project, hycologne.de, Aberdeen City Council
- [http://www.fuelcellenergy.com/assets/PID000156\\_FCE\\_DFC3000\\_r3\\_hires.pdf](http://www.fuelcellenergy.com/assets/PID000156_FCE_DFC3000_r3_hires.pdf)
- [www.apple.com/environment/renewable-energy/](http://www.apple.com/environment/renewable-energy/)
- Zero Regio Project
- NOW GmbH
- <http://www.powertogas.info/>
- Fuel Cell Today, 2013
- [www.pressroom.toyota.com](http://www.pressroom.toyota.com)
- Ballard: Economics of Fuel Cell Solutions for Material Handling
- US Fuel Cell Council
- [www.eon.com/en/media/news](http://www.eon.com/en/media/news)
- <http://www.northseapowertogas.com>
- Onno Florisson: A step towards the hydrogen economy by using the existing natural gas grid (the NATURALHY-project)
- <http://www.waterpowermagazine.com/features/featurepumped-storage-the-future-in-germany-4291865/>
- German Trade & Invest
- Fuel Cell Today (2013): Water Electrolysis & Renewable Energy Systems. Royston.
- Hydrogen Delivery Technical Team Roadmap, U.S. DRIVE Partnership, 2013
- <http://www.nrel.gov/docs/fy13osti/51995.pdf>
- California Hydrogen Business Council (2015): Power-to-Gas - The Case for Hydrogen White Paper
- Az USA Tűzvédelmi Egyesülete tanulmánya alapján
- Hydrogen-Compressed Natural Gas (HCNG) Transport Fuel. Topic Paper #25. (2012)
- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)



- US DoE National Renewable Energy Laboratory: Blending Hydrogen into Natural Gas Pipeline Networks: A Review of Key Issues. 2013.
- O. Florisson
- Kontakt-Elektro Kft., 2014.
- Hydorgenics, CET H2
- Dimitrios Tsiplakides: PEM water electrolysis fundamentals.
- HFC JU (2013) Call for proposal: SP1-JTI-FCH.2013.2.3: Large capacity PEM electrolyser stack design.
- Prof. V. Fateev (2013.): High pressure PEM electrolyzers: efficiency, life-time and safety issues. Fraunhofer ISE, Freiburg.
- Everett Anderson (2012.): Recent Advances in Cost & Efficiency for PEM Electrolysis. H2FC-Fair, Hannover Messe.
- Az elektrolizálókra vonatkozó szabvány: ISO 22734-1:2008 Hydrogen generators using water electrolysis process -- Part 1: Industrial and commercial applications.
- Szóbeli adatközlés: Hydorgenics GmbH képviselője, 2014.02.19. Budapest: HFC busz konferencia.
- Dr Hans Jörg Fell (Statoil Hydro, 2009): On-site hydrogen production by water electrolysis – status and trends.
- F. Barbir
- ITM Power: Hydrogen Mass/Volume Lookup Table és saját számítás
- Mirela Atanasiu: Introduction to portfolio of energy demonstration projects. FCH JU, 2013
- Ludwig-Bölkow Systemtechnik, 2010.)
- International Energy Agency: Technology Roadmap - Hydrogen and Fuel Cells. 2015.
- Enertrag: Wasserstoff – weniger Gefahr als Benzin
- 26/2006. (V.5.) GKM rendelet az autógáz töltőállomás építésének és üzemeltetésének szabályairól
- 54/2014. (XII.5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról
- US Doe
- Aberdeen City Council
- Wahl István (2014.02.19): Innovative modular city bus concept for zero emission transport. Előadás. privátbankár.hu
- <http://www.netinform.net/h2/h2stations/imgview2.aspx?id=92>
- [www.petrol.si](http://www.petrol.si)
- H2Logic A/S
- Georg Frank (Daimler A.G, NEW IG): FCH 2 JU: Industrial Perspectives. Brüsszel, 2014.03.05
- FCH JU: Development of Water Electrolysis in the European Union. Final Report, 2014
- Nikolaos Lymperopoulos: Commercialisation of Energy Storage in Europe. FCH JU, 2015.
- [motornature.com](http://motornature.com) és [hafencity.com](http://hafencity.com)
- <https://www.enertrag.com/projektentwicklung/hybridkraftwerk.html>
- [www.enertrag.com](http://www.enertrag.com)
- [http://www.thelivingmoon.com/41pegasus/04images/New\\_Tech/Shell\\_Hydrogen\\_01a.jpg](http://www.thelivingmoon.com/41pegasus/04images/New_Tech/Shell_Hydrogen_01a.jpg)
- Ludwig-Bölkow Systemtechnik
- Nemzeti Alkalmazkodási Központ: Hazai Dekarbonizációs Útitervezés – a magyar gazdaság szénmentesítésének 2050-ig tartó ütemterve.
- FCH JU: Joint Press Release, 2014. november 12.
- FCH JU: Fuel Cell Electric Buses – Potential for Sustainable Public Transport in Europe, 2015.
- International Energy Agency: Technology Roadmap Hydrogen and Fuel Cells. 2015.
- FCH JU: Development of Water Electrolysis in the European Union. Final Report, 2014
- International Energy Agency: Technology Roadmap Hydrogen and Fuel Cells. 2015.
- SOFC: Solid Oxide Fuel Cell.
- US Fuel Cell & Hydrogen Energy Association.
- OMV
- HyCentA

## 17. Biomassza

- <http://www.zalaerdo.hu>
- <http://www.mecsekerdo.hu/index.php?pg=glossary>
- [http://www.zalaerdo.hu/hu\\_zalaegerszeg.php](http://www.zalaerdo.hu/hu_zalaegerszeg.php)
- OMSZ. <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/Klimavaltozas/ch03s02.html>
- [http://guntamatic.si/uploads/esogunt/public/document/4-preisliste\\_2012\\_web\\_neu\\_sl.PDF](http://guntamatic.si/uploads/esogunt/public/document/4-preisliste_2012_web_neu_sl.PDF)
- [http://www.propellets.at/wpcms/wp-content/uploads/201405e\\_pp\\_kg.pdf](http://www.propellets.at/wpcms/wp-content/uploads/201405e_pp_kg.pdf)
- [http://www.ultralowdust.eu/fileadmin/user\\_upload/public/Final-Project-Seminar/ WSED2014\\_High-efficiency-low-emissions\\_Presentations.ZIP](http://www.ultralowdust.eu/fileadmin/user_upload/public/Final-Project-Seminar/ WSED2014_High-efficiency-low-emissions_Presentations.ZIP)
- [https://veranstaltungen.fnr.de/fileadmin/veranstaltungen/2015/Biomasseheizkessel/Vortrag%20C3%A4ge/Emissionsrechtliche\\_Anforderungen\\_an\\_Biomasseanlagen\\_Stanev.pdf](https://veranstaltungen.fnr.de/fileadmin/veranstaltungen/2015/Biomasseheizkessel/Vortrag%20C3%A4ge/Emissionsrechtliche_Anforderungen_an_Biomasseanlagen_Stanev.pdf)
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Biomasseheizkraftwerk>
- <https://www.linzag.at/cms/media/linzagwebsite/dokumente/lag/kraftwerke/Umwelterklaerung2013.pdf>
- <http://www.enfo.hu/gis/korinfo/>
- Zalaegerszeg Települési Környezetvédelmi Programja
- [http://doktori.nyme.hu/486/1/DOKTORI\\_F\\_I.pdf](http://doktori.nyme.hu/486/1/DOKTORI_F_I.pdf)
- [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/376805/Review\\_of\\_biomass\\_performance\\_standards.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/376805/Review_of_biomass_performance_standards.pdf)
- [http://www.holzenergie.ch/uploads/media/57\\_Bulletin\\_D\\_01.pdf](http://www.holzenergie.ch/uploads/media/57_Bulletin_D_01.pdf)
- [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/376805/Review\\_of\\_biomass\\_performance\\_standards.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/376805/Review_of_biomass_performance_standards.pdf)
- [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/376805/Review\\_of\\_biomass\\_performance\\_standards.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/376805/Review_of_biomass_performance_standards.pdf)
- <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148112003564>
- [http://www3.epa.gov/chp/documents/biomass\\_chp\\_catalog\\_part7.pdf](http://www3.epa.gov/chp/documents/biomass_chp_catalog_part7.pdf)
- <http://adbioresources.org/wp-content/uploads/2013/07/Harco-Lammers.pdf>
- dr. Örvös Mária: Levegőtisztaság-védelem, Hulladékégetők füstgáztisztítása
- <http://humusz.hu/onkormanyzat/d-nia>
- <http://www.vgfszaklap.hu/lapszamok/2005/aprilis/a-hullad%C3%A9khasznos%C3%ADt%C3%B3m%C5%B1-technol%C3%B3giai-rendszere>
- Patkó István: Hulladékgazdálkodás
- Bánhidy János Települési hulladékok energetikai hasznosításának jelenlegi helyzete és távlatai című előadása
- dr. Örvös Mária: Levegőtisztaság-védelem, Hulladékégetők füstgáztisztítása
- <http://css.escwa.org.lb/SDPD/3781/D1-P5.pdf>
- [http://humanokologia.tatk.elte.hu/wp-content/uploads/2014/05/Revai\\_Matyas\\_Szentgotthard\\_hulladek.pdf](http://humanokologia.tatk.elte.hu/wp-content/uploads/2014/05/Revai_Matyas_Szentgotthard_hulladek.pdf)
- <http://www.cronachemaceratesi.it/2013/09/04/addio-inceneritore-si-spegne-il-camino-del-cosmari/372279/>
- <http://www.eew-energyfromwaste.com/de>
- ILSR 114 létesítmény adatai alapján, <http://www.incineratorfree.com/wp-content/uploads/2010/01/recycling-jobs-report-for-delaware-resource-management-2.pdf>
- Prof. Dr. Kerstin Kuchta Waste to Energy című előadása, University of Applied Sciences, HAW Hamburg
- <http://www.aksd.hu/biohulladek-gyujtes-barna-kuka/>
- <http://www.donegalnow.com/news/ten-more-towns-to-receive-brown-bins/33952>
- [http://www.hulladek.gyor.hu/kiadvanyok/Korszeru\\_hulladekgyujtesi\\_rendszer\\_2010.\\_marciusatol\\_-\\_Csaladi\\_hazas\\_kornyezet.pdf](http://www.hulladek.gyor.hu/kiadvanyok/Korszeru_hulladekgyujtesi_rendszer_2010._marciusatol_-_Csaladi_hazas_kornyezet.pdf)
- Borkai Zsolt Polgármester Előterjesztése, Tájékoztató az önkormányzati beruházások jelenlegi helyzetéről

- Tájékoztató a Győr és térsége hulladékgazdálkodási rendszer megvalósításáról,  
[http://onkormanyzat.gyor.hu/data/files/kozgyulesek/2.\\_tjk.\\_a\\_hulladekgazd.rendsz.\\_megval..pdf](http://onkormanyzat.gyor.hu/data/files/kozgyulesek/2._tjk._a_hulladekgazd.rendsz._megval..pdf)

## 18. Vízenergia hasznosítás

- [https://www.mannheim.de/sites/default/files/institution/1035/ebs\\_imagebroschuere\\_2012.pdf](https://www.mannheim.de/sites/default/files/institution/1035/ebs_imagebroschuere_2012.pdf)
- <http://flussstrom.exfa.de/>
- <http://www.bega-wasserkraft.de/referenz/referenzkarte.html>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Wasserrad>
- [http://www.kommen.nrw.de/\\_database/\\_data/dataainfopool/vortrag\\_wasserrad.pdf](http://www.kommen.nrw.de/_database/_data/dataainfopool/vortrag_wasserrad.pdf)
- [http://www.wipro-dresden.de/data/Spiewack\\_2.pdf](http://www.wipro-dresden.de/data/Spiewack_2.pdf)
- [http://www.spaansbabcock.com/case\\_history/hydro\\_power/alhampton\\_.aspx](http://www.spaansbabcock.com/case_history/hydro_power/alhampton_.aspx)
- [http://www.xn--iws-una.de/wp-content/uploads/Praxishandbuch\\_IWS%C3%96\\_30.10.2014.pdf](http://www.xn--iws-una.de/wp-content/uploads/Praxishandbuch_IWS%C3%96_30.10.2014.pdf)
- <http://www.rehart-power.com/en/reference-projects/hydropower-screw-type-sh/herrenhof-sh.html>
- <http://www.rehart-power.com/en/reference-projects/hydropower-screw-type-sh/untermuenkheim-sh.html>
- <http://www.wiesentbote.de/2015/04/15/rhein-main-donau-ag-nimmt-fischfreundliche-wasserkraftschnecke-neuses-an-der-regnitz-offiziell-in-betrieb/>
- <http://www.zek.at/hydro/news/kw-bruckmuehlwehr-liefert-energie-fuer-klaeranlage/?stage=Stage>
- <http://www.wiesentbote.de/2015/04/15/rhein-main-donau-ag-nimmt-fischfreundliche-wasserkraftschnecke-neuses-an-der-regnitz-offiziell-in-betrieb/>
- <http://www.zek.at/hydro/news/kw-bruckmuehlwehr-liefert-energie-fuer-klaeranlage/?stage=Stage>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Fischtreppe>
- <https://www.youtube.com/watch?v=UxIFdtKri4I>
- [http://www.xn--iws-una.de/wp-content/uploads/Praxishandbuch\\_IWS%C3%96\\_30.10.2014.pdf](http://www.xn--iws-una.de/wp-content/uploads/Praxishandbuch_IWS%C3%96_30.10.2014.pdf)
- <http://zaol.hu/belfold/terv-van-mar-csak-penz-kellene-hozza-1441496>
- <http://www.sgw.at/fischaufstiegsschnecke/index.htm>
- <http://www.rehart-power.com/en/reference-projects>
- <http://greenbugenergy.com/how-we-do-it/archimedes-screw-generators>
- <http://www.tagesanzeiger.ch/zuerich/Strom-aus-Wasserwirbeln-in-der-Glatt-/story/23885091>
- <http://www.fischfreundlicheswehr.de/en/pilot-system-in-buehlau.html>
- [http://pwl-anlagentechnik.de/wp-content/uploads/2014/04/13pwl\\_Lamellenturbine\\_WEB.pdf](http://pwl-anlagentechnik.de/wp-content/uploads/2014/04/13pwl_Lamellenturbine_WEB.pdf)

## 19. Smart Grid rendszerek

- <http://www.greentechmedia.com/research/report/home-energy-management-systems-2013-2017>
- <https://docs.zigbee.org/zigbee-docs/dcn/09-4841.pdf>
- Anda, M. – Temmen, J. 2014: Smart metering for residential energy efficiency: The use of community based social marketing for behavioral change and smart grid introduction – *Renewable Energy*. 2014. 67. pp. 119-127
- <https://play.google.com/store/apps/details?id=hu.trendency.eonvsz>
- <http://www.reseauver.com/recharger-carte.en.html>
- <https://play.google.com/store/apps/detail>
- <http://www.evchargehub.com/>
- <http://www.plugshare.com/>
- [http://www.ted.com/talks/alex\\_laskey\\_how\\_behavioral\\_science\\_can\\_lower\\_your\\_energy\\_bill/transcript#t-198431](http://www.ted.com/talks/alex_laskey_how_behavioral_science_can_lower_your_energy_bill/transcript#t-198431)
- Festinger, L. (1954). A theory of social comparison processes. *Human Relations*, 7: 117–40.
- [www.opower.com](http://www.opower.com)
- Allcott, H. (2011). Social norms and energy conservation. *Journal of Public Economics*, in press; Ayers, I., Raseman, S. and Shih, A. (2009). *Evidence from two large field experiments that peer comparison feedback can*

- reduce residential energy usage*. NBER Working Paper Series, Working Paper 15386; Cooney, K. (2011). *Evaluation Report: Opower SMUD Pilot, Year 2*. Navigant Consulting.
- Behaviour Change and Energy Use – Government of the United Kingdom (<https://goo.gl/fCuOZs> PDF)
  - Schultz, P.W., Nolan, J.M., Cialdini, R.B. et al. (2007). The constructive, destructive, and reconstructive power of social norms. *Psychological Science*, 18: 429–34.
  - Wilson C, Dowlatabadi H. Models of decision making and residential energy use. *Annu Rev Environ Resour* 2007; 32:169–203
  - Pollitt MG, Shaorshadze I. The role of behavioural economics in energy and climate policy. In: Fouquet R, editor. *Handbook on Energy and Climate Change*. Edward Elgar; 2013.
  - <http://www.conrad.de/ce/de/product/684997/VOLTCRAFT-SEM-3600BT-Smart-Energymeter-mit-App-Steuerung-Energiekostenmessgeraet-023-3680-W-Datenspeicher-fuer-90-Tag>
  - <https://www.ecobee.com/wp-content/themes/ecobeev2/images/content/buy/smart-plug-quater.jpg>
  - <http://meterplug.com/>
  - <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:32006L0032>
  - [http://docbox.etsi.org/workshop/2011/201104\\_smartgrids/07\\_PILOTPROJECTS/SierraWireless\\_DAMOUR\\_ElectricalVehicleChargingStations.pdf](http://docbox.etsi.org/workshop/2011/201104_smartgrids/07_PILOTPROJECTS/SierraWireless_DAMOUR_ElectricalVehicleChargingStations.pdf)
  - <http://smart.prolan.hu/wp-content/uploads/2010/09/Smart-Metering-Brochure1.pdf>

## 20. Energiatárolás

- [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017\\_62\\_villamosenergetikai\\_rendszerek/ch01s03.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_62_villamosenergetikai_rendszerek/ch01s03.html)
- <http://oldradio.tesla.hu/szetszedtem/304boylertav/kapcsolok.htm>
- <http://www.pge.com/en/mybusiness/save/energymanagement/casestudies/index.page>,
- [http://www.pge.com/includes/docs/pdfs/mybusiness/energysavingsrebates/incentivesbyindustry/cs\\_ikea.pdf](http://www.pge.com/includes/docs/pdfs/mybusiness/energysavingsrebates/incentivesbyindustry/cs_ikea.pdf)
- <http://www.rmr.hu/?q=node/20>, [http://conf.uni-obuda.hu/energia2007/10\\_NagyJozsef.pdf](http://conf.uni-obuda.hu/energia2007/10_NagyJozsef.pdf)
- SUCCAR ET AL 2008: Succar, S., Williams, R. H. (2008). Compressed air energy storage: theory, resources, and applications for wind power. *Princeton Environmental Institute Report*, 8. pp. 81
- ULMANN et. al. 2012: Kushnir, R., Dayan, A., (2012). Temperature and pressure variations within compressed air energy storage caverns. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 55(21), 5616-5630.
- KUSHNIR, R. 2008: R. Kushnir, A. Ullmann, A. Dayan, Steady periodic gas flow around a well of a CAES plant, *Transp. Porous Media* 73 (1) (2008) 1–20.
- ZAKERI, B. 2015: Benham Zakeri, Sanna Syri - Electrical energy storage systems: A comparative life cycle cost analysis – Renewable and Sustainable Energy Reviews, Department of Energy Technology, Aalto University, Finland. 2015. pp. 569-596
- SIOSHANSI, R. 2011: Sioshansi, R. Denholm, P., Jenkin, T. - A comparative analysis of the value of pure and hybrid electricity storage. *Energy Econ* 2011; 33(1):56–66.
- CHI-JEN, Y. 2011: Chi-Jen Yang, Robert B., J. - Opportunities and barriers to pumped-hydro energy storage in the United States, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 15, Issue 1, January 2011, 839-844 p.
- SLOCUM H. ET AL 2013: Fennell G., E. Düндar, G., Hodder B., G., Meredith J. D., C., Sager M., A. - Ocean renewable energy storage (ORES) system : analysis of an under sea energy storage concept .*Proc IEEE* 2013; 101(4):906–24.
- MANDLENER, R. ET AL. 2015: Christoph Bundy, Reinhard Madlener, Christoph Hilgers - Economic feasibility of pipe storage and underground reservoir storage options for power-to-gas load balancing, *Energy Conversion and Management*, Germany 2015. pp. 258-266
- LORD, A. S. ET AL. 2015: Kobos, P. H. – Borns, D. J. – Geologic Storage of hydrogen: Scaling up to meet city transportation demands. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2015. 39. pp. 15570-15582

- a német energiaátalakulásért felelős Energiewende szerint ( <http://energytransition.de/2013/06/power-to-gas-competitiveness/>)
- The next generations of seasonal thermal energy storage in Germany – Mangold, D. and Schmidt, T. – Solites Steinbeis Research Institute for Solar Sustainable Thermal Energy Systems
- The future role of thermal energy storage in the UK energy system: An assesment of the technical feasibility and factors influencing adoption – UK Energy Research Centre, 2014
- [http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/byggeri/udredning\\_vedroerende\\_varmelagringsteknologier\\_og\\_stor\\_e\\_varmepumper\\_til\\_brug\\_i\\_fjernvarmesystemet.pdf](http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/byggeri/udredning_vedroerende_varmelagringsteknologier_og_stor_e_varmepumper_til_brug_i_fjernvarmesystemet.pdf)
- MANGOLD, D., SCHMIDT, T. 2007: The next generation of sesonal thermal energy storage in Germany – Steinbeis Research Institute for Solar and Sustainable Thermal Energy Systems, Stuttgart, Germany. 2007. 8 p.
- WANG R., Z. ET AL. 2013: Xu, J. Li, Y. - A review of available technologies for seasonal thermal energy storage – Solar Energy 103. 2014. pp. 610-638.
- Aquifer thermal energy storage: Projects implemented in Germany – Seibt, P. and Kabus, F.
- <http://www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/IEA-SHC%20T45.B.3.2%20TECH%20Seasonal%20storages%20-%20Water%20Pit%20Guidelines.pdf>
- <http://www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/IEA-SHC%20T45.B.3.2%20TECH%20Seasonal%20storages%20-%20Water%20Pit%20Guidelines.pdf>
- Final Technical Report, SUNSTORE 2. Marstal Fjernvarme, 2005.)
- <http://www.jakobsen-blindkilde.dk/dronninglund-sunstore-3.html>
- WANG R., Z. ET AL. 2013: Xu, J. Li, Y. - A review of available technologies for seasonal thermal energy storage – Solar Energy 103. 2014. pp. 610-638.
- GAO, L. ET AL. 2015: Jun, Z. and Zipeng, T. - A Review on Borehole Seasonal Solar Thermal Energy Storage. Energy Procedia 70. 2015. pp. 209-218.
- [www.canada.com](http://www.canada.com)
- LUNDHM M. AND DALENBÄCK, J. O., 2008: Swedish solar heated residential area with seasonal storage in rock; initial evaluation. Renewable Energy 33, pp. 703-711.
- SOCACIU G., L. 2011: Seasonal Sensible Thermal Energy Storage Solutions - Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies, Issue 19. 2011. pp. 46-68.
- <http://www.solvarmedata.dk/index.asp?secid=228>

## 21. Zöld közbeszerzés

- <http://tcodevelopment.com/>
- <https://www.blauer-engel.de/en/our-label-environment>
- <http://www.thegreengrid.org/>
- <http://ec.europa.eu/ecat/>
- <https://www.blauer-engel.de/en/s/Search>
- <http://www.thegreengrid.org/>
- <http://ec.europa.eu/ecat/>
- <https://www.blauer-engel.de/en/s/Search>
- <http://www.yokohama.hu/Abronslexikon/Abronsminosites>
- [http://www.dunlop.eu/dunlop\\_huhu/what\\_sets\\_dunlop\\_apart/eu-tire-label-explained/truck/fuel-efficiency/](http://www.dunlop.eu/dunlop_huhu/what_sets_dunlop_apart/eu-tire-label-explained/truck/fuel-efficiency/)
- <http://uni-nke.hu/downloads/bsz/bszemle2013/1/02.pdf>
- <http://eur-lex.europa.eu/Notice.do?mode=dbl&lang=hu&ihmlang=hu&lng1=hu,hu&lng2=bg,cs,da,de,el,en,es,et,fi,fr,hu,it,lt,lv,mt,nl,pl,pt,ro,sk,sl,sv,&val=680236:cs>
- [http://vili.pmmf.hu/~mate/oktatas/VilTech\\_seg%E9dletek/Osram%20f%E9nyforr%E1sok/08\\_Osram\\_elektronikus\\_elotetek\\_2.pdf](http://vili.pmmf.hu/~mate/oktatas/VilTech_seg%E9dletek/Osram%20f%E9nyforr%E1sok/08_Osram_elektronikus_elotetek_2.pdf)



- [http://www.api.org/~media/Files/Oil-and-Natural-Gas/Engine%20Oil/MOTOR\\_OIL\\_GUIDE\\_2010\\_120210.pdf?la=en](http://www.api.org/~media/Files/Oil-and-Natural-Gas/Engine%20Oil/MOTOR_OIL_GUIDE_2010_120210.pdf?la=en)
- <https://www.google.com/about/datacenters/efficiency/internal/>  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Power\\_usage\\_effectiveness](https://en.wikipedia.org/wiki/Power_usage_effectiveness)
- <https://giveitacrapshoot.wordpress.com/tag/c2c/>
- <http://bb-lightconcepts.com/products/>
- [http://www.c2ccertified.org/products/scorecard/styrofoam\\_xps\\_insulation](http://www.c2ccertified.org/products/scorecard/styrofoam_xps_insulation)
- <https://epitesijog.hu/1761-eljarasi-kodex-valtozasok-2015-aprilis-1-napjatol>

## 22. A zalaegerszegi energetikai modell és forgatókönyveinek ismertetése

-

## 23. Projektek finanszírozása, előkészítése

- [http://naperomu.club/index.php?page=Blog&category=none&article=elso\\_kozos\\_sunmoney\\_eromu\\_latogatas](http://naperomu.club/index.php?page=Blog&category=none&article=elso_kozos_sunmoney_eromu_latogatas)
- <https://www.buergerkraftwerke.at/eportal2/ep/channelView.do/pageTypeId/67349/channelId/-47875> 2015. október 27.