

# A NAPENERGIA FOTOVILLAMOS HASZNOSÍTÁSA

Pálffy Miklós

okleveles villamosmérnök, címzetes egyetemi docens  
a Solart-System alapítója  
palfymiklos@solart-system.hu

A napenergia hasznosításának egyik módja a fotovillamos energiaátalakítás. A tömeggyártású napelemes berendezések készítéséhez szükséges energia Magyarországon is 0,96–2,64 év alatt térül meg. 2015-ben a globális napelemes berendezésállomány 233 GWp (a gigawatt csúcs angol rövidítése) volt, Magyarországon 162 MWp. A hazai potenciállal termelhető éves villamos energia mennyisége több mint 12-szerese jelenlegi igényünknek. A napelem-technológiák és -berendezések hazai fejlesztése az 1970-es évek közepén indult. Több napelemgyártó és számos tervező, kivitelező, forgalmazó tevékenykedik Magyarországon. Hazánkban 2020-ra a napelemes berendezések 500 MWp teljesítményű állománya prognosztizálható, bár újabb 1–2 GWp értéket is prognosztizálnak. Európában a napelemekkel termelt villamos energia ára már ma több helyen olcsóbb a helyi hálózati villamos energia áránál, vagy megegyezik azzal.

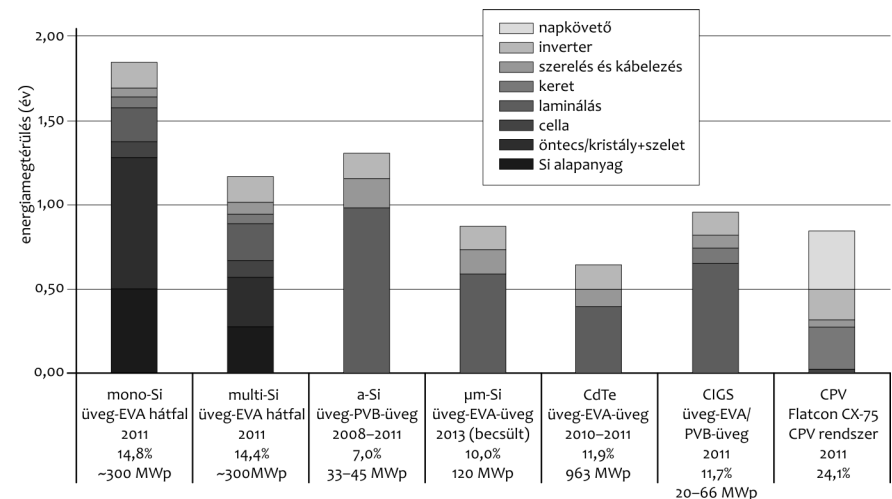
## Globális kép és kitekintés Európára

A napelem vagy fotovillamos (angol rövidítése PV) elem olyan eszköz, amely a Nap sugárzási energiáját közvetlenül alakítja át villamos energiává. A napelemek alapanyaga általában félvezető. Az energiaátalakítás a félvezető alapanyagban játszódik le. A félvezető anya-

got érő sugárzás azon része, amelynek energiája nagyobb, mint a félvezető anyagban a tiltott sáv szélessége, a félvezető anyagokban villamos töltéshordozó lyuk-elektron párt generálhat, ha az anyagok felületéről nem verődik vissza, illetőleg az abszorpcióhoz elegendő anyagvastagság áll rendelkezésre.

Számos napelemstruktúra ismeretes. Alkalmazás szempontjából megkülönböztethetünk földi vagy űrtechnikában alkalmazott napelemeket, de normál vagy koncentrált napsugárzásra készült, egyrétegű vagy több-rétegű stb. napelemekről is beszélhetünk. Laboratóriumi körülmények között gyártott több-rétegű napelemstruktúrákkal 46% energiaátalakítási hatásfokot is elértek, és további növekedés is várható. Új technológiák alkalmazásával számos napelemstruktúra készült (például szerves anyagok, fényérzékeny festékek stb.). Ezek energiaátalakítási hatásfoka messze elmarad jelenleg a csúcserőtelktől, de az NREL folyamatos monitorálása szerint minden évben nő az elért hatásfok (URL1).

A ma földi alkalmazásban használt hosszú élettartamú, nagy hatásfokú napelemek többsége egykristályos, illetőleg polikristályos (multikristályos, kvázi-polikristályos) szilícium felhasználásával készül. Ezek tömeggyártásban elért energiaátalakítási hatásfoka 14–

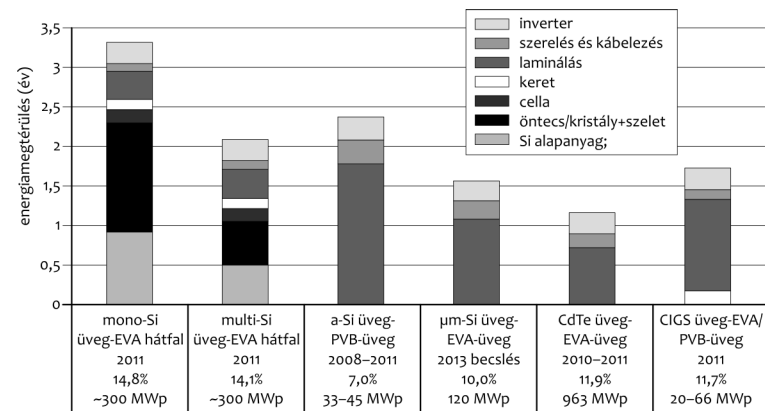


1. ábra • Napelemmodul-struktúrák energiamegtérülése Cataniában

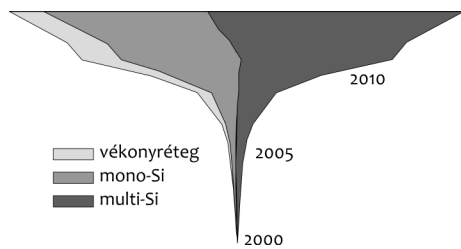
15% körüli, de összetettebb struktúrákkal 20% felett van. Garantált élettartamuk legalább huszonöt év. Számos más anyagból is készül napelem. Alkalmazásuk során gyakori kérdés, hogy mennyi idő alatt termelnek annyi energiát, amennyi az előállításukhoz szükséges. Az 1. ábrán néhány anyagból felépített napelemmodul és koncentrátoros rendszer (angol rövidítés: CPV) energiamegtérülése látható, amennyiben azokat Szicíliában, Cataniában alkalmazzák (URL2).

A 2. ábrán látható a németországi környezetben, azaz moderáltabb éves fajlagos globális sugárzás (1000 kWh/m<sup>2</sup>/év) mellett a különböző alapanyagot felhasználó, tetőre szerelt napelemes villamosenergia-termelő rendszerek energiamegtérülése (URL2).

Megállapítható, hogy az előállításához szükséges energia 1,2–3,3 év alatt térül meg. Figyelembe véve Magyarország átlagosan 1250 kWh/m<sup>2</sup>/év globál napsugárzási viszonyait, az energiamegtérülés 25%-kal kedvezőbb. A



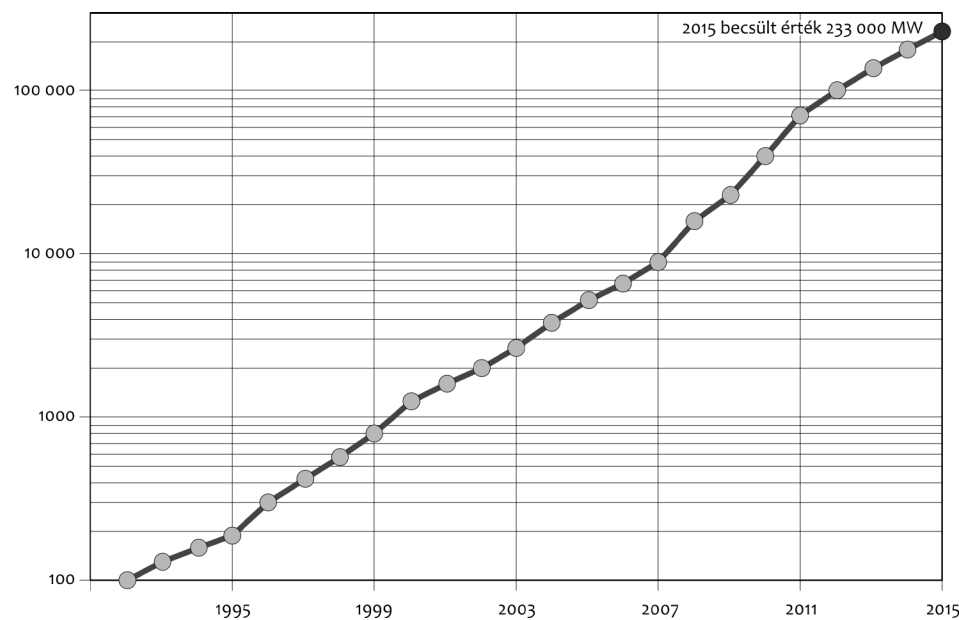
2. ábra • Napelemes rendszerek energiamegtérülése Németországban



3. ábra • A főbb napelemtípusok éves gyártási volumene

3. ábrán követhető a három fő gyártástechnológia: az egykristályos, a multi- vagy polikristályos szilícium és vékonyréteg-technológiák fejlődése és részesedése a teljes napelemgyártási volumenben, amely 2014-ben 47,5 GWp volt (URL<sub>2</sub>).

A napelemes berendezések globális állományának jelentős növekedése a 4. ábrán követhető. 2015-ben a globális állomány kb. 233 GWp volt (URL<sub>3</sub>).



4. ábra • A globális napelemállomány fejlődése

Az *EurObserv'ER* tagországoként követi az EU-ban létesített napelemes berendezések állományát. A huszonnyolc EU-tagország összes állománya 2013-ban közel 80 GWp (ezen belül Németország: 36,4 GWp), 2014-ben pedig közel 85 GWp (ezen belül Németország: 38,3 GWp) volt. A globális adatokkal összevetve látható Európa és benne Németország vezető szerepe, de az nem tart sokáig. Kína óriási napelemtermelő kapacitást hozott létre az utóbbi években, és az főként az ottani alkalmazásokat fogja ugrásszerűen megnövelni.

*Hazai potenciál*

Magyarországon a globál napsugárzás átlagértéke kb. 1250 kWh/m<sup>2</sup>/év. Ez azt jelenti, hogy hazánk 93 030 km<sup>2</sup> területére évente átlagosan kb. 1,163×10<sup>14</sup> kWh energia érkezik a Napból. Ez az energiamennyiség mintegy 2900-szorosa a kb. 40 milliárd kWh éves

éves villamosenergia-termelés(10 <sup>9</sup> kWh)	0,0916996	3,26025	0,729	0,5239688	0,0391003	0,142002	0,0463618	0,1683738	246,93714	232,74	1,279476	0,0497539	486,00713
beépíthető napelemteljesítmény (MWp)	76,416	2835	607,5	455,625	32,5836	123,48	38,63484	146,412	205780,95	193950	1066,23	45,23085	405 158,06
beépítési dőlésszög (°)	30	45	30	45	30	45	30	45	30	30	30	60	
valóságban kedvezően beépíthető napelemfelület (km <sup>2</sup> )	0,764	28,350	6,075	4,556	0,326	1,235	0,386	1,464	2057,810	1939,500	10,662	0,452	4051,581
elvileg beépíthető napelemfelület (km <sup>2</sup> )	1,698	63	13,5	10,125	0,724	2,744	0,859	3,254	4573	4310	47,388	1,005	9027,207
60°-os felület (km <sup>2</sup> )												1,00513	1,00513
45°-os felület (km <sup>2</sup> )		63		10,125		2,744		3,2536					79,1226
30°-os felület (km <sup>2</sup> )											47,388		47,388
vízszintes felület (km <sup>2</sup> )	3,94		13,5		1,68		1,992		10610	10000			20 631,112
nagypanel és alagútszalus házak egyéb lakóépületek													
mezőgazdasági épületek													
mezőgazdasági épületek													
oktatási épületek													
oktatási épületek													
önkormányzati épületek													
önkormányzati épületek													
gyep-legelő													
új, mezőgazdaságilag felszabadult területek													
vasútvonalak mentén													
autópályák mentén													
összesen													

1. táblázat

villamosenergia-felhasználásunknak. Egy háztartás éves villamosenergia-igényének megfelelő energia átlagosan 2 m<sup>2</sup>-re érkezik a Naptól. Ez a legnagyobb energiakincsünk! Nem függ a gazdasági és politikai válságoktól, nem eshet embargó alá, nem korlátozhatják különféle gazdasági és politikai folyamatok. Ez az energiamennyiség folyamatosan érkezik a Naptól, és rendelkezésünkre áll. Csak okosan kell hasznosítanunk. A napelemek alkalmazásának hazánkban a villamos energia termelésében óriási lehetősége van, és meg vagyunk győződve arról, hogy az elkövetkező időszakban a hazai napelemes alkalmazások száma és névleges összteljesítménye jelentősen növekedni fog. Becslést és számítást készítettünk a hazai potenciálról (Pálffy, 2004). Megvizsgáltuk, hogy Magyarországon a különböző építmények tetején, szabad vagy felszabaduló földterületen, autópályák, vasútvonalak mentén mennyi napelem helyezhető el, és ezek várhatóan mennyi energiát tudnának termelni. (A szabad földterületeken történő telepítésnél lehetőség van egyéb, például legelőként történő hasznosításra, erre svájci példák is szolgálnak.) A számításoknál a KSH adataira támaszkodtunk, és számos csökkentő tényezővel (takarások, kedvezőtlen tájolások, optimálistól eltérő dőlésszögek stb.) számoltunk. A becslés során 10% energiaátalakítási hatásfokkal számoltunk, de ma már 20% feletti hatásfokú napelemmodulok is kaphatóak a piacon. Ezekkel számolva a telepíthető napelem-teljesítmény és a megtermelhető villamos energia duplázódik. A számí-

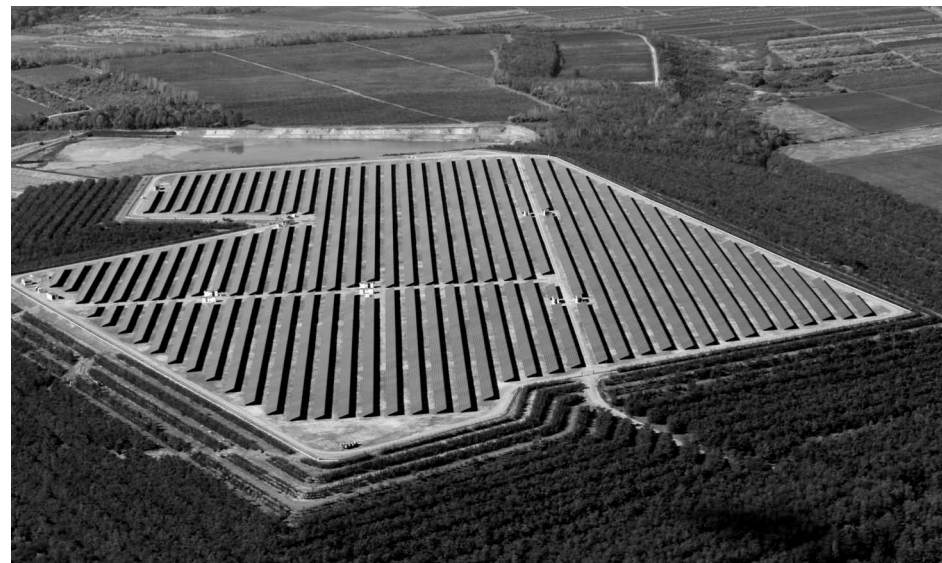
tásokat az 1. táblázatban foglaltuk össze. Nem vettük figyelembe az épületek homlokzatára telepíthető napelemeket. Ezek további potenciált jelentenek. Ugyanakkor meg kell jegyeznünk, hogy a termikus kollektorokkal osztozni kell a lakóépületek tetőfelületein.

A táblázatból látható, hogy a 10% hatásfokú napelemekkel kb. 405 GWp napelem-teljesítmény volna telepíthető, amelynek villamosenergia-termelése jobb esetben évi több mint 486 milliárd kWh. Ez a villamosenergiamennyiség a jelenlegi magyar fogyasztás kb. tizenkétszerese! A számítások tovább pontosíthatók, de világosan látszik, hogy a napelemek elhelyezésének és alkalmazásának hazánkban a villamos energia termelésében óriási lehetősége van.

#### Hazai helyzetkép

A napelem-technológiák és -berendezések magyarországi fejlesztése az 1970-es évek közepén indult a Villamosipari Kutató Intézetben (VKI), és az elmúlt 40 év első fele a VKI, majd Pannonglas és Solart-System szakembereinek tevékenységéhez köthető (Pálffy, 2016). 1979-re 15%-os hatásfokú napelemeket sikerült kifejlesztenünk a VKI-ban. A hazai napelemes berendezések összkapacitását néhány jellemző évre a 2. táblázatban foglaljuk össze.

Jelentős a fejlődés. Az utóbbi időkben volt, hogy egyik évről a másikra megháromszorozódott a magyarországi napelemes berendezések állománya, de nagy a lemaradásunk. 2015 végén kb. 16 000 napelemes berendezés volt Magyarországon, ami összehasonlítva



5. ábra • A 2015 októberében üzembe helyezett mátrai napelemes erőmű (URL4)

Németország több mint egymillió berendezésállományaival igencsak szerény mennyiség. A hazai állomány összteljesítményének alakulásában a nagy fellendülést a hálózatra dolgozó napelemes rendszerek (*grid connected*) hazai engedélyezése jelentette.

Hazánkban az eddig legnagyobb, (2015 októberében üzembe helyezett) mátrai napelemes erőműben a villamos energiát 72 480 db 255 Wp névleges teljesítményű polikristályos szilícium alapanyagú napelem termeli (névleges beépített teljesítmény 18,4824 MWp), és táplálja a villamos hálózatba (5. ábra).

A fotovillamos energiaátalakítás hazai helyzetképehez hozzátartozik, hogy 1982-ben a Magyar Elektrotechnikai Egyesületben megalakítottuk a Fotovillamos energiaátalakítók, napelemek munkabizottságot, 1983-ban pedig a Magyar Napenergia Társaságot, amelynek keretében a Fotovillamos energiaátalakítók szakosztály aktív tevékenységet folytat. A Nemzetközi Napenergia Társaság (ISES) tagjaként 1993-ban a Magyar Napener-

gia Társaság nagysikerű világkonferenciát és világkiállítást szervezett Budapesten. Az iparág összefogására és reprezentálására 2010-ben megalakítottuk a MANAP iparági egyesületet.

Végül, de nem utolsósorban említést érdemel, hogy fotovillamossággal kapcsolatos oktatási tevékenység többek között a gödöllői Szent István Egyetemen, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen és az Óbudai Egyetemen is folyik.

#### A PV várható alkalmazásának alakulása

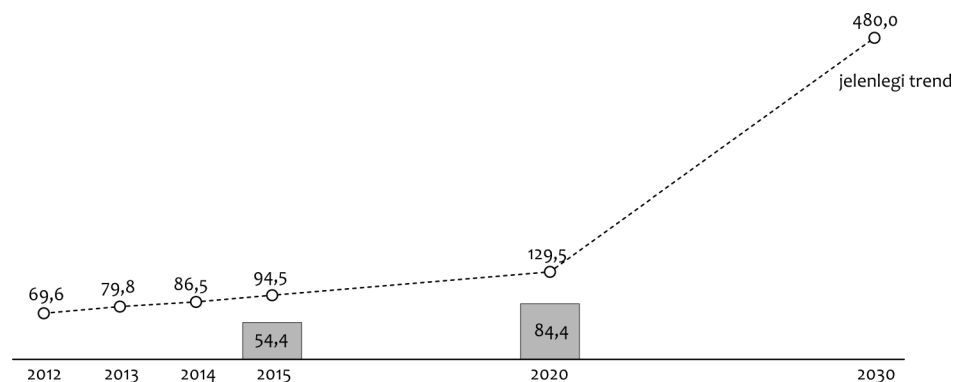
A napelemes berendezések elterjedésére az Európai Unió előrejelzést készített a tagországok vállalásai alapján 2020-ig, kitekintve 2030-ig (6. ábra).

A 6. ábrán látható, hogy a napelemes berendezések teljesítménye már 2014-ben meghaladta a tagországok által 2020-ra vállalt és becsült értéket. Ugyanez jellemző hazánkra is.

Az Európai Unió Napelemes Stratégiája (PV SRA) térképeken mutatja be 2010-re, 2015-re, 2020-ra és 2030-ra a napelemes

év	1975	1990	2003	2013	2014	2015
teljesítmény kb. (kWp)	0,3	10	100	36 500	77 500	162 000
berendezés kb. (db)	10	20	300	5000	9000	16 000

2. táblázat

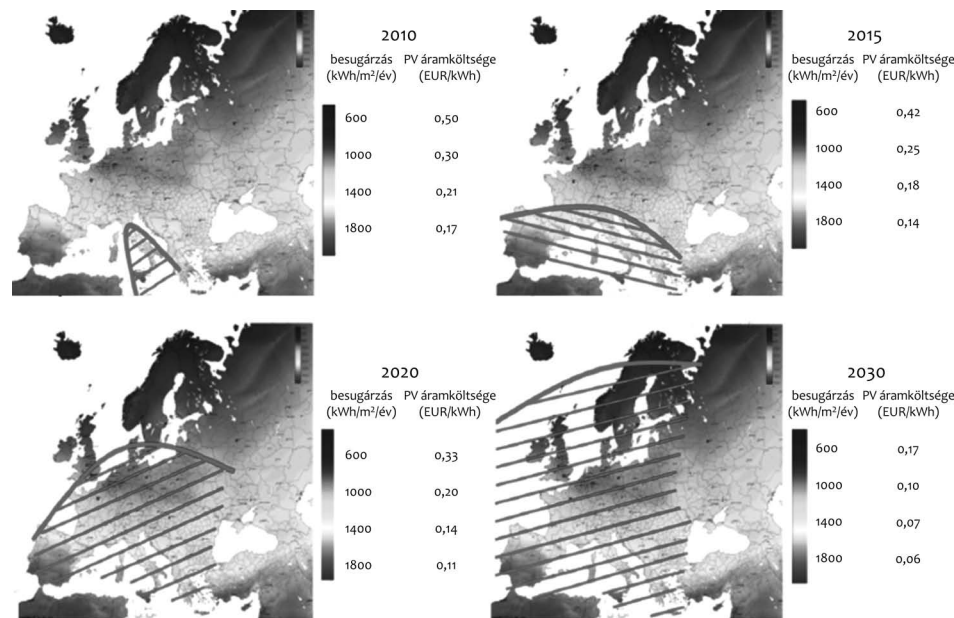


6. ábra • Napelemes berendezések összteljesítménye GWp-ben az Európai Unióban (EurObserv'ER, 2015). (NREAP: Nemzeti Megújuló Energia Cselekvési Terv)

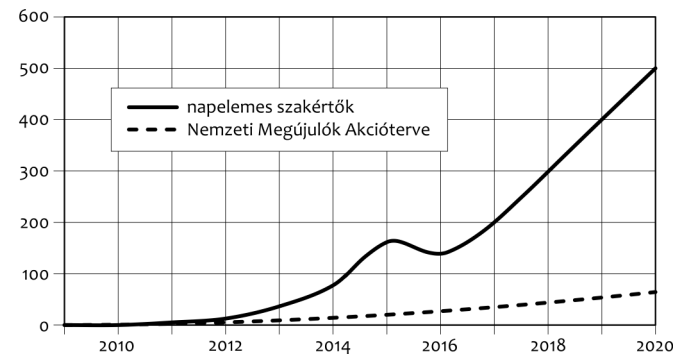
áramforrásokkal termelt villamos energia árának alakulását, mégpedig hogyan lesz olcsóbb, mint a tagországok helyi hálózati villamos energiájának ára (*grid parity*) (7. ábra):

A hazai fotovillamos ipar számos értetlenség és akadályozás ellenére negyven év kitaró munkájának és néhányunk eltökéltségé-

nek is eredményeképpen napjainkra megretmődött. Több napelemgyártó és számos tervező, kivitelező, forgalmazó tevékenykedik Magyarországon. A hazai felsőoktatásban több intézmény képez szakembereket. Egyesületek fogják össze a szakembereket, és adnak segítséget hétköznapi tevékenységükhöz.



7. ábra • A napelemekkel termelt villamos energia ára olcsóbb vagy megegyezik a helyi hálózati villamos energia áránál a vonalkázott területen különböző években.



8. ábra • A napelemes berendezésállomány 2015-ig és várható alakulása 2020-ig Magyarországon (URL5)

A napelemes berendezések 2015-re megvalósult állományának további jelentős bővülése várható. A Nemzeti Energia Stratégia Programjához 2010-ben előterjesztett becslésünk szerint 2020-ra egyenletes növekedés mellett 500 MWp teljesítményű új napelemes berendezést prognosztizáltunk. Ebből a Nemzeti Megújuló Energia Cselekvési Tervbe (NREAP) 63 MWp vállalása került be (8. ábra). Ez jóval kevesebb a becslésnél, mégis nagy eredménynek tartottuk a korábban vállalt 10 MWp-tal szemben. Próbáltunk becslést végezni a különböző években várható

berendezésállomány mértékére 2020-ig, amit azonban a tények eddig minden évben felülírtak (8. ábra). (Ezt is jelzi a törés 2015 után)

Reméljük, hogy a továbbiakban is így lesz. Az alkalmazások számszerű többsége jelenleg épületeken van, és a jövőben is ez prognosztizálható, így építészeinkkel, épületgépészeinkkel együtt nagy a felelősségünk, hogy optimális megoldások szülessenek.

Kulcsszavak: *napenergia, fotovillamos, napelem, sugárzás, hatásfok, megtérülés, egykristályos, polikristályos, szilícium, amorf, potenciál*

#### HIVATKOZÁSOK

- EurObserv'ER (2015): augusztus • <https://www.eurobserv-er.org/photovoltaic-barometer-2015/>
- Pálffy Miklós (1986): A VKI-ban folyó napelemfejlesztéssel kapcsolatosan elhangzott előadások, publikációk jegyzéke 1974–1986 között. *Elektrotechnika* 79, 10, 387–389. • <http://tinyurl.com/m4wmvp7>
- Pálffy Miklós (2004): Magyarország szoláris fotovillamos energetikai potenciálja. *Energiagazdálkodás*. 45, 6, 7–10.

- Pálffy Miklós (2016): A napenergia fotovillamos hasznosítása Magyarországon. In: Váradi F. Péter (szerk.): *Van új a nap alatt*. Budapest: Móra Könyvkiadó, 387–405.
- URL1: <http://www.nrel.gov>
- URL2: <http://www.ise.fraunhofer.de>
- URL3: <https://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaics>
- URL4: [http://index.hu/tudomany/2015/10/01/nap-elem\\_napenergia\\_naperomu/](http://index.hu/tudomany/2015/10/01/nap-elem_napenergia_naperomu/)
- URL5: <http://www.solart-system.hu>