

Egyetemi doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

**NAPELEMES RENDSZEREK ENERGIAHOZAMA
ÉS MŰKÖDÉSI HATÉKONYSÁGA**

Török Imre

Témavezető: **Prof. Dr. Nagy János**



DEBRECENI EGYETEM

Kerpely Kálmán Doktori Iskola

Debrecen, 2017

1. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS ELŐZMÉNYEI ÉS CÉLKITŰZÉSEI

Az energiaellátás biztonsága és a decentralizált energiaellátó rendszerek egyre nagyobb szerepet kapnak a mindennapokban. Az energiahatékonyság és energiaracionalizálás mellett szükségessé vált az energiamixben a megújuló energiaforrások részarányát a lehető legjobban növelni.

Magyarországon korlátozottak a fosszilis erőforrások, ezért különösen fontos, hogy az energiaimportot nagymértékben csökkentse, ehhez szükség van energiahatékonysági programokra és támogatni kell a környezeti energiát hasznosító rendszerek elterjedését.

A környezeti energia hasznosítás szempontjából potenciálisan meghatározó lehet pl. napenergia, geotermikus energiahasznosítás, melyekre a jövőben nagyobb figyelmet kell fordítani.

Az Európai Unió tagállamai elkötelezettek amellett, hogy az Európai Uniónak integrálnia szükséges a közép- és dél-európai gázpiacokat, diverzifikálnia szükséges gázszállító-it, útvonalait és forrásait. A programokban kiemelt szerepet kap az energiahatékonyság és támogatást kaphatnak azok, akik piacképes szolgáltatást vagy terméket állítanak elő.

Azonban a tagállamok tervei és célkitűzései között jelentős eltérések vannak. Németország igen komoly lépésekre szánta el magát és bejelentették, hogy 2022-ig a villamos energiatermelésükből a nukleáris atomerőművekben előállított elektromos áramot teljes egészében kivonják. Új atomerőművet jelenleg 10 EU-s tagországban terveznek építeni, ebből 3 országban (Finnország, Franciaország, Szlovákia) építés alatt áll 4 reaktor, míg 3 országban (Finnország, Magyarország, Egyesült Királyság) engedélyezési fázisban van atomerőmű-építés. Napjainkban további 5 országban (Bulgária, Csehország, Litvánia, Lengyelország, Románia) áll előkészítés alatt (PINC, 2016).

A nukleáris energia hordozóval szemben Németország előnyben részesíti a napelemes és biomassza alapú energiatermelést. Ez általánosságban elmondható a tagállamokról, bár vannak kivételek például Magyarország, ahol inkább a biomassza kap nagyobb szerepet, mint a napelemes szektor a 2020-as célkitűzésekben.

A megújuló energiaforrások

A globális ökológiai problémák között igen nagy, egyesek szerint kiemelkedő jelentőségű a klímaváltozás jelensége, amelyért az energetikai folyamatok mintegy 80%-ban tehetők felelőssé (*Pálvölgyi, 2000*). Ezért is kap napjainkban egyre nagyobb szerepet a fenntarthatóság, ami (*Bulla, 2006*) szerint azt jelenti, hogy az emberiség jelen szükségleteit úgy elégíti ki, hogy közben megőrzi a környezeti és a természeti erőforrásokat a jövő generációjának.

A fenntarthatóság energetikai szempontból úgy közelíthető meg, hogy az energiafelhasználást minimalizálni kell és ezt a csökkentet energiaszükségletet a lehető legnagyobb mértékben környezeti energiából kell előállítani amellet, hogy az energiát értékteremtésre kell felhasználni.

A fenntartható energiagazdálkodás „az energiatermelés, -tárolás, -szállítás, -felhasználás komplex folyamatának társadalmi, gazdasági és ökológiai szempontokat integráló megvalósítása; a klasszikus energiagazdálkodás fenntartható fejlődésbe illeszkedő átalakítása” (*Dinya, 2010*).

Ebben az energiagazdálkodásban kiemelt szerepe van a környezeti energiaforrásoknak melyek olyan tartós, kimeríthetetlen energiahordozók, amelyek folyamatosan újratermelődnek, megújulnak (*Barótfi, 1993*). Jelentősége, hogy a megújuló energiák alkalmazása nem károsítja a környezetet, hasznosításával az emberiség a szükségleteit az adott gazdasági fejlettség szintjén kielégítheti. A megújuló energiaforrások közé tartozik a napenergia, a vízenergia, a szélenergia, a geotermikus energia és a különböző formában megjelenő biomassza (*Farkas et al., 2003*).

A doktori értekezés célkitűzései

A környező országokhoz képest kevés megújuló energiát hasznosít Magyarország. Európa szerte viszont a közelmúltban különösen a napelemes rendszerek száma és mérete dinamikusan növekszik. A napelemes erőművek terjedését elősegíti, hogy jelentősen csökkent a beruházási költség és ezek a rendszerek segítik az energia ellátó rendszer decentralizálását, valamint jobban prognosztizálható a várható termelés, mint pl.: a szél erőművek esetében.

Nagyon fontos, hogy tudjuk prognosztizálni a várható termelését a megújuló energiaforrást használó erőművek esetében, hiszen ezek az erőforrások nem mindig akkor állnak rendelkezésre, amikor azt fel is használjuk. Az „okos” rendszerek segítségével lehetőségünk van a meglévő elektromos hálózatra csatlakozni úgy, hogy a fogyasztói igények közben folyamatosan kielégíthetők.

A kutató munkám során vizsgálom, hogy a napelemes rendszerek kapacitását célszerű-e növelni hazánkban, illetve van-e jelentősége a területi elosztásnak. A kutatás kiemelt része a már üzemelő napelemes rendszerek energiahozam vizsgálata, ahol környezeti paraméterek adatsoraira alapozva elemzem azok energiahasznosítását. A napelemes rendszerek energiahozama nagyban függ az alkalmazott napelemtől, a telepítés helyétől és módjától, valamint az időjárási viszonyoktól. A dolgozatban bemutatom, hogy jelenleg hol tart a napelemes rendszerek fejlesztése és hogy milyen várható korszerűsítések lesznek a közeljövőben. Vizsgálataim alapján készítek egy olyan modellt melynek segítségével diagnosztizálható a működő rendszerünk, vagy akár segítségünkre lehet abban is, hogy megtervezzünk egy új napelemes rendszert.

A kutatásom során az alábbi hipotéziseket állítom, és szeretném igazolni.

H1: Az üzemeltetett napelemes rendszereknek folyamatos optimalizálásra van szüksége, melyhez az üzemeltetőknek szüksége lenne egy üzemi modell rendszer kidolgozására.

H2: Az eddig telepített hazai napelemes rendszerek földrajzi helyzete és a magas globál-sugárzási területek között koherens összefüggés van.

H3: A monokristályos napelemek a gyakorlatban hasonló éves energiahasznosítással üzemeltethetők régiókban, mint a polikristályos napelemek.

H4: Potenciálisan kedvező régiókban a napelemekkel lehetőség van egy decentralizált villamosenergia-ellátásra, a jelenlegi fogyasztási igények egésze fedezhető lenne napelemes rendszerekkel.

H5: A napelemes rendszerek energiahatékonysága és a napsütéses órákban mért külső átlaghőmérséklet fordítottan arányos.

H6: Magyarországon a PV modell segítségével régióként, hasonló ökológiai környezetben, közel azonos globálsugárzási feltételek mellett jól prognosztizálható a napelemek energiahozama.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

Annak érdekében, hogy elemezzük a telepített napelemes rendszer hatékonyságát vagy egy tervezett beruházás előtt tájékozódjunk a várható energiahozamról, ahhoz a helyi meteorológiai állomásokon gyűjtött adatok szükségesek. Erre azért van szükség, mert a sokéves sugárzási átlagok alapján prognosztizáljuk a várható energiahasznosítást. Abban az esetben, ha már meglévő rendszerről van szó, akkor is nagy jelentősége van a tényleges sugárzási mennyiségnek, hogy ez alapján az energiahozamot ellenőrizni lehessen.

Az üzemeltetés során, ha egy stringen eltérő mennyiséget tapasztalunk célszerű minél hamarabb megvizsgálni az okát. Ehhez ismerni kell a rendszer sajátosságait és az aktuális globálisugárzás adatokat, ezekből lehet pontos elvárható energiahozamot kalkulálni.

A primer adatokat kvalitatív (minőségi) és kvantitatív (mennyiségi) kutatás módszerek alkalmazásával gyűjtöttem. A kvalitatív kutatás strukturálatlan, feltáró jellegű módszer, amely kis mintán alapul és a probléma természetének megértését szolgálja (*Malhotra, 2002*). Ezzel a kutatással elsősorban a „Miért?”, „Hogyan?” kérdésekre adott válaszokkal sikerült jobban megismerni. A kvantitatív kutatás általában nagyszámú adatbázison alapul, számszerűsíti a különböző kérdésekre („Mit?”, „Mennyit?”, „Hányszor?”, „Hol?”, „Mikor?”) adott válaszokat, amelyeket matematikai-statisztikai módszerekkel elemez.

Számos elméleti módszert találhatunk arra vonatkozóan, hogy milyen energiahozamokra számíthatunk a napelemes rendszereknél, arra azonban lényegesen kevesebb példa van, hogy a már telepített rendszer energiahasznosítását elemezzék.

A primer kutatásom célja, hogy összefüggést keressek a valós hasznosított energiamennyiség és a környezeti paraméterek között. Ennek érdekében a Tiszántúlon három településen Debrecenben, Hajdúnánáson és Hódmezővásárhelyen gyűjtöttem napelemes és meteorológiai adatokat (**1. fénykép**). Majd az adok feldolgozását követően elemzéseket végeztem.



1. fénykép A telepített monokristályos és polikristályos PV cellák a 2-es és 4-es rendszerben

Forrás: Saját fotó

A napelemes rendszerek várható energiahozamának vizsgálatához jelenleg a Fotovoltaikus Földrajzi Információs Rendszer (PvGIS) on-line kalkulátorát alkalmazzák például pályázati anyagok számításánál. Ennek az alkalmazásnak lehet alternatívája egy hazai PV modell, ahol a monitoring adatokat a helyi meteorológiai adatok szerint tudjuk elemezni és az aktuális energiahozamok kiértékelhetővé válnak.

A PvGIS adatbázisának segítségével hálózatra kapcsolt és szigetüzem esetén, a kiválasztott napelem típus, tetszőleges földrajzi helyen megvizsgálható egy napelemes rendszer működése. Beállítható a napelem mező tájolása, dőlésszöge és akár napkövető elrendezés is.

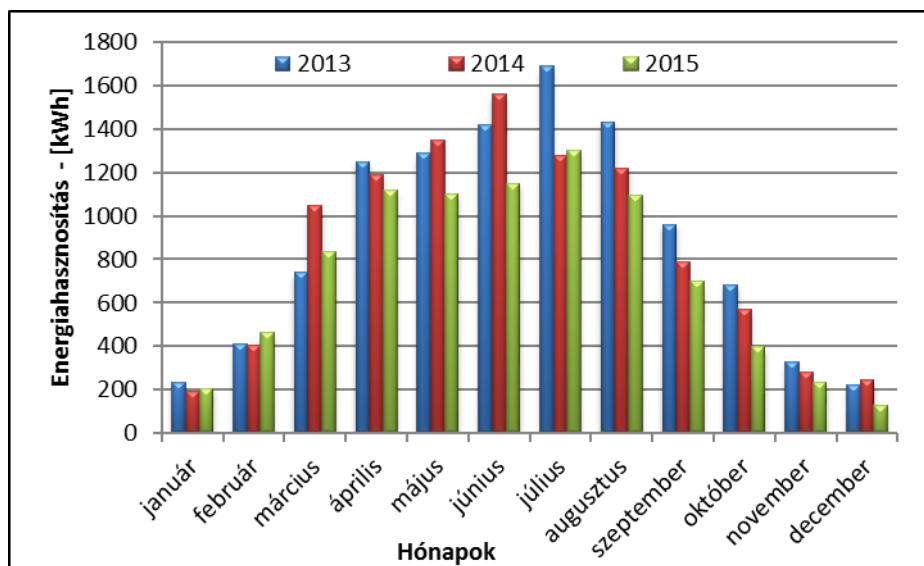
Azt tapasztaltam, hogy a különböző helyszíneken különböző módon üzemeltetett rendszerek energiahasznosításának és a helyi globálsugárzás hányadosa havonta ugyanolyan értékű, a szórása $0,01 \div 0,02$ között változik, ezért a globálsugárzás havi összegével jól leírható a várható energiahasznosítás.

Az így felépített modell alapján elemzéseket végeztem három újabb rendszeren: egy hódmezővásárhelyi, egy hajdúnánási és egy debreceni rendszeren. Azt tapasztaltam, hogy a PV modell segítségével jól prognosztizálható az energiahasznosítás. Ahol jelentősebb eltérést tapasztaltam annak mindig műszaki hiba volt az oka, derült ki az üzemeltetőkkel folytatott konzultáció során.

3. EREDMÉNYEK

A műszaki és a gazdasági hatékonyságát a már üzemelő napelemes rendszereknek havi karbantartással és ellenőrzéssel lehet és kell javítani. Vizsgálataim rámutattak, hogy az öt monitoring rendszer által gyűjtött adatokat senki nem elemezte, nem értékelte, illetve amikor visszaesés volt nem történt műszaki beavatkozás. Megállapítottam, hogy a vizsgált napelemes rendszereknél az is közös, hogy a telepítéskori állapotban maradt, nem történt sem takarítás, sem helyzetváltoztatás.

A vizsgált három évben hasznosított energiamennyiségét az alábbi diagramon foglaltam össze (1. diagram).

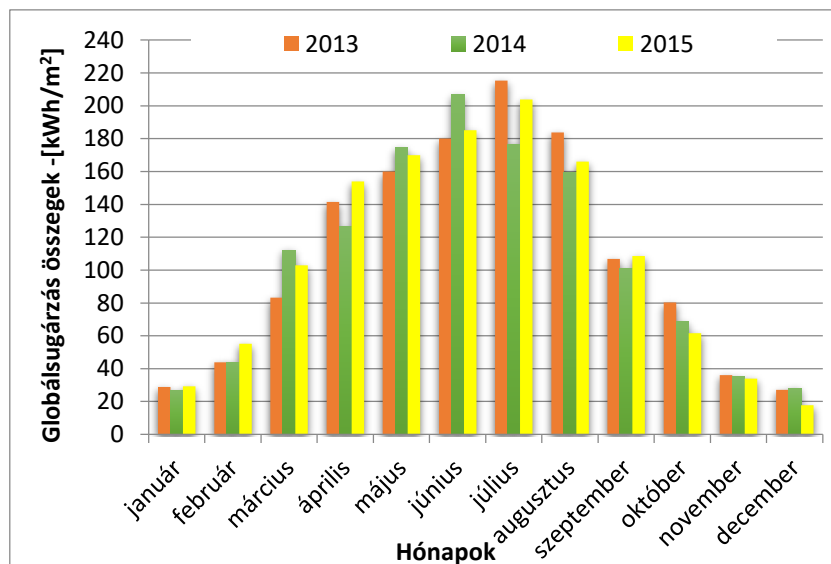


1. diagram 4-es számú debreceni napelemes rendszer havi energiahasznosítása 2013-2015

Forrás: Saját szerkesztés, 2016

Megállapítható, hogy a beüzemelést követően az energiahasznosítás évről-évre folyamatos csökken. 2013-ben 10.650 kWh, 2014-ben 10.128, 2015-ben 8.736 kWh értékű volt az éves hasznosított villamosenergia-mennyiség. A nyári időszakban mértem jelentős visszaesést – májustól augusztusig 1.175 kWh eltérés- figyelhető meg 2013 és 2015 között, ami az egész éves 1.924 kWh-s visszaesésnek több, mint a 60%-a.

A csökkentés mértéke azonban nem minden hónapban egyforma, így az eltérést nem műszaki hiba okozta. Összefoglaltam a havi globálisugárzás összegeket a következő diagramon (2. diagram).



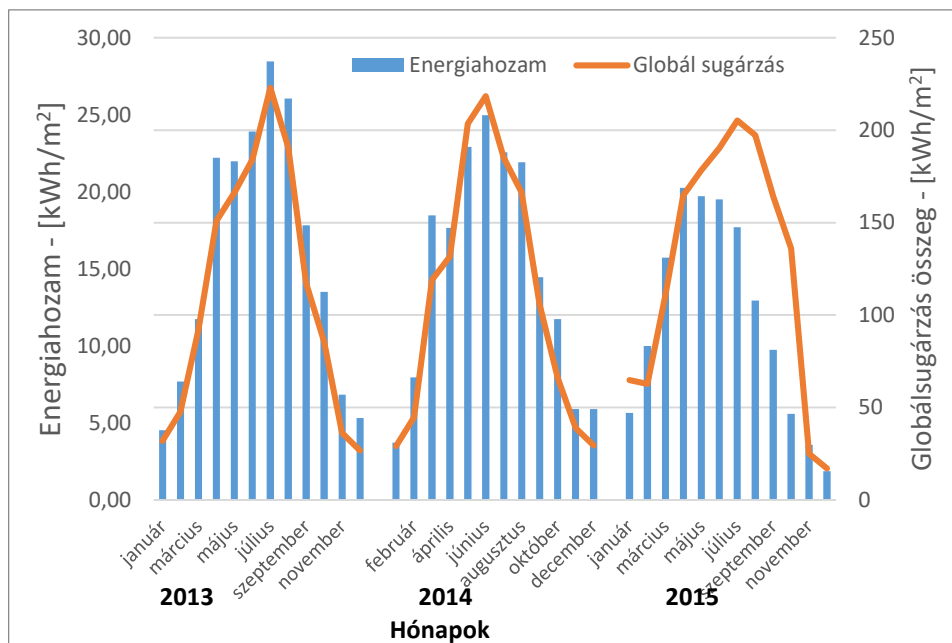
2. diagram Globálsugárzás összegének változása Debrecenben 2013-2015

Forrás: Saját szerkesztés, 2016

A globálsugárzás összegek nem azonos mértékben csökkentek az elmúlt három évben, minimális csökkenés 2014-ben volt, amikor 1.280 kWh/m^2 -ről lecsökkent 1.260 kWh/m^2 -re, de a 2015-ös évben ismét elérte a 2013-as évben mért értéket a globálsugárzás összeg, így nem ez az oka az energiahasznosítás csökkenésnek.

Megállapítottam, hogy 2013 és 2014 júliusában a többlet energiahasznosítás a magasabb globálsugárzás miatt lehetséges. 2015 júliusában viszont magasabb volt a globálsugárzás, mint 2014-ben így többlet kellett volna hasznosítani a napelemes rendszernek.

Az 1-es rendszer éves energiahozamait és a mért globálsugárzási összeget az alábbi diagramon mutatom be (3. diagram).



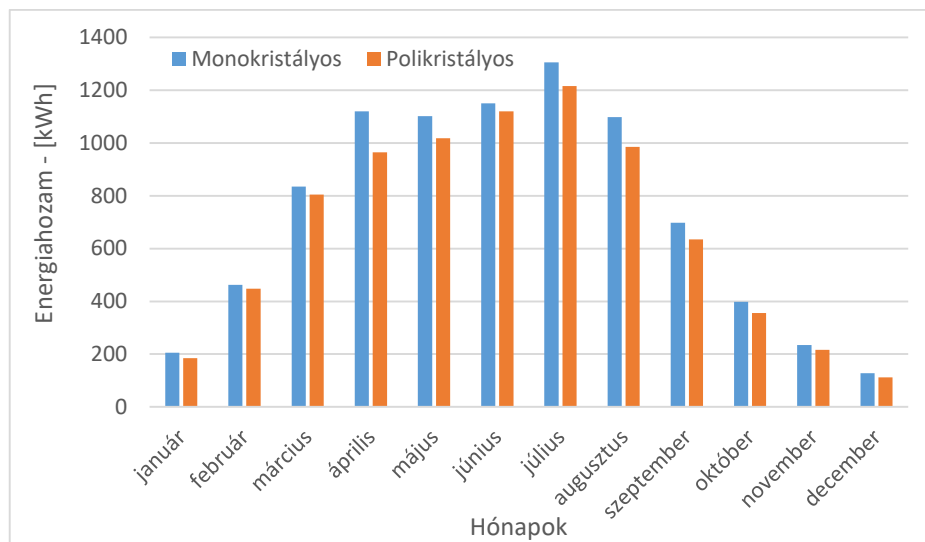
3. diagram Az 1-es számú debreceni napeleemes rendszer havi energiahozama és a globálisugárzás összegek változása 2013-2015

Forrás: Saját szerkesztés, 2016

Az 1-es rendszernél megállapítható, hogy már a három éves üzemelés alatt is csökken az energiahozam. Az egész éves energiahozam 2013-ban 63.840 kWh, 2014-ben 59.808 kWh, 2015-ben 47.712 kWh értékre csökkent. Ennél a rendszernél jelentősebb visszaesés 2015-ben mértem, ekkor a globálisugárzást lehetett volna nagyobb mértékben hasznosítani. A 2014-es visszaesés mértéke gyakorlatilag a globálisugárzás csökkenés mértékével azonos.

Vizsgálatom során lehetőségem volt ugyan azon az épületen elhelyezett mono- és polikristályos – a négyes és az ötös rendszer - napelemeket vizsgálni, összehasonlítani. Mindkét rendszer ugyan olyan SMA inverteren keresztül működik. A monokristályos rendszer 54 m², a polikristályos 58 m² területű napeleemes modulokból áll. A mérési adatokat a **4. diagramon** foglaltam össze.

Az adatok feldolgozását követően megállapítottam, hogy a monokristályos napelemek az Észak-alföldi régiókban jobb éves energiahasznosítással üzemelnek, mint a polikristályos napelemek. Pedig az elmúlt három évben a monokristályos rendszer 29.514 kWh-t, míg a polikristályos rendszer 27.425 kWh-t hasznosított (4-es diagram). Ez a különbség egy átlag lakossági elektromos árral -44 Ft/kWh- kalkulálva is több mint 90.000 Ft.

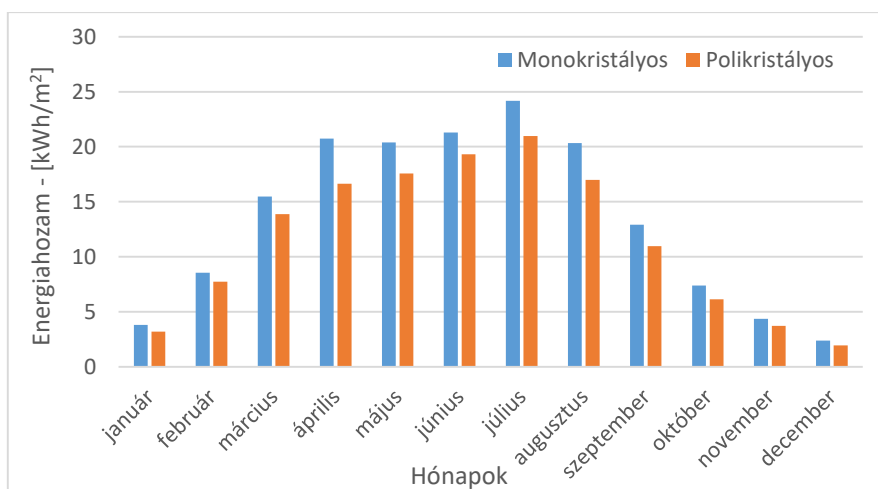


4. diagram Mono- és polikristályos napelemek energiahozama 2015

Forrás: Saját szerkesztés, 2016

Fontosnak tartom kiemelni, hogy a vizsgált rendszereknél is megállapítható, hogy a monokristályos rendszer jobb paraméterekkel üzemeltethető. A megrendelőt a tapasztalatok alapján sokszor nem tájékoztatják a beruházás előtt megfelelően, sőt sokszor anyagi érdekek miatt inkább a gyengébb műszaki tartalom irányába terelik a vásárlót. Jellemzően polikristályos napelemeket vásárolnak az emberek, ezekről a rendszerekről sikerült nekem is több adatot gyűjtenem.

Amennyiben korlátozottak a beépíthetőség szempontjából a lehetőségeink, úgy célszerű az egy m²-re vetített energiahozamokat megvizsgálni. (**5. diagram**)



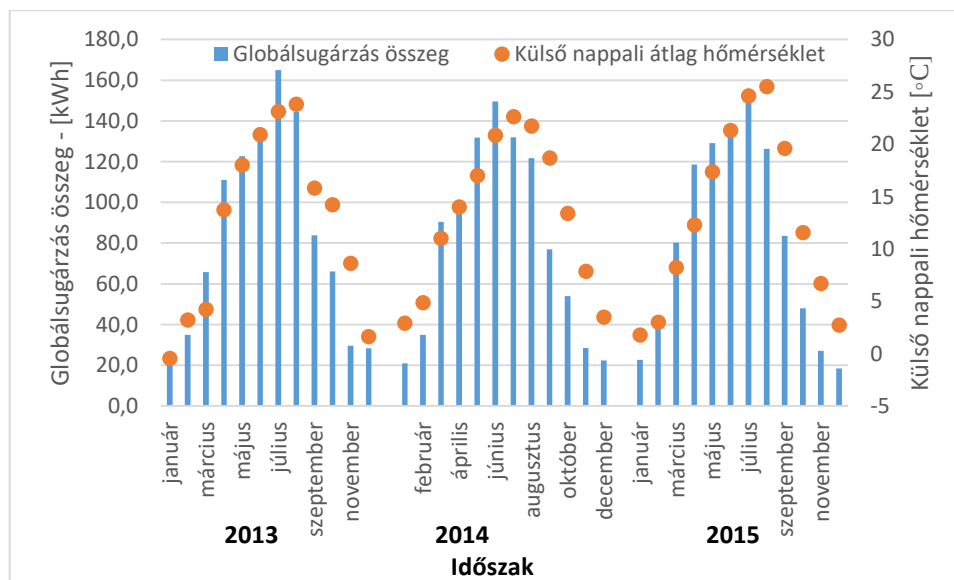
5. diagram Mono- és polikristályos napelemek energiahozama 2015 négyzetméterre vetítve

Forrás: Saját szerkesztés, 2016

A fenti diagramon a 2015-ös évben az egy négyzetméterre vetített energiahozamokat mutatom be. Megállapítottam, hogy egész évben minden hónapban jobban hasznosítják a napfényt a monokristályos elemek. Éves kihozatal szempontjából átlagosan mintegy 8,4 %-os többlet állapítható meg a monokristályos napelemek javára. Ez a tendencia figyelhető meg mind a három vizsgált évben.

Megállapítottam, hogy a nyári időszakban májustól egészen szeptemberig 2015-ben minden hónapban magasabb nappali átlag hőmérsékletet mértem, mint 2014-ben. A júliusi átlag hőmérséklet 22,6°C -ról 24,6°C -ra emelkedett, az augusztusi 21,7 °C-ról 25,5 °C-ra emelkedett, a téli hónapokban pedig hőmérséklet csökkenést regisztráltam, mely közül kiemelkedő például a március, amikor 2,8 °C-kal hidegebb volt. Véleményem szerint ez a markáns változás, ami jelentős teljesítmény csökkenést okoz a napelemes rendszernél.

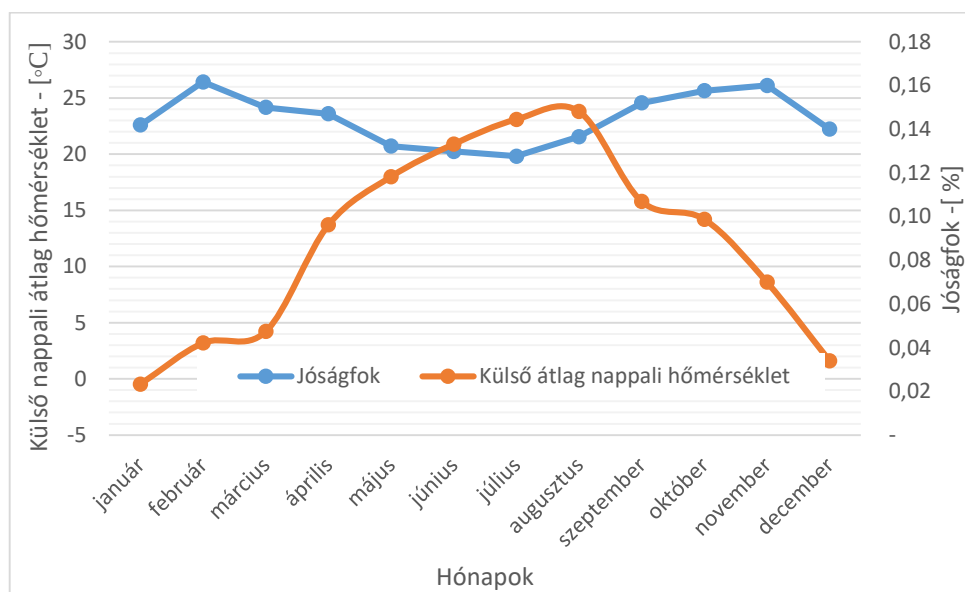
Arra a kérdésre a válasz, hogy miért is üzemelnek rosszabbul a rendszerek 2015-ben, mint például 2014-ben további elemzéseket végeztem. A **6. diagramon** ábrázoltam a globálsugárzás összegeket és kiegészítettem a napsütéses időszakban mért havi átlaglevegő hőmérséklet adatokkal.



6. diagram A debreceni rendszernél mért globálsugárzás és nappali levegőhőmérséklet 2013-2015

Forrás: Saját szerkesztés, 2016

Megállapítottam, hogy a napelemes rendszer azokban a hónapokban képes több elektromos energiát hasznosítani, amikor a levegő hőmérséklete alacsonyabb hasonló sugárzás érték mellett, míg abban az esetben, amikor nő a külső levegő hőmérséklete, akkor jelentősen csökken az energiahasznosítás mértéke hiába hasonló a besugárzás mértéke. A következő diagramon ábrázoltam a globálisugárzásból hasznosított energiamennyiség hányadosát (jobb tengely) és a napsütéses időszakban mért átlag levegőhőmérsékletet (bal tengely) (7. diagram).

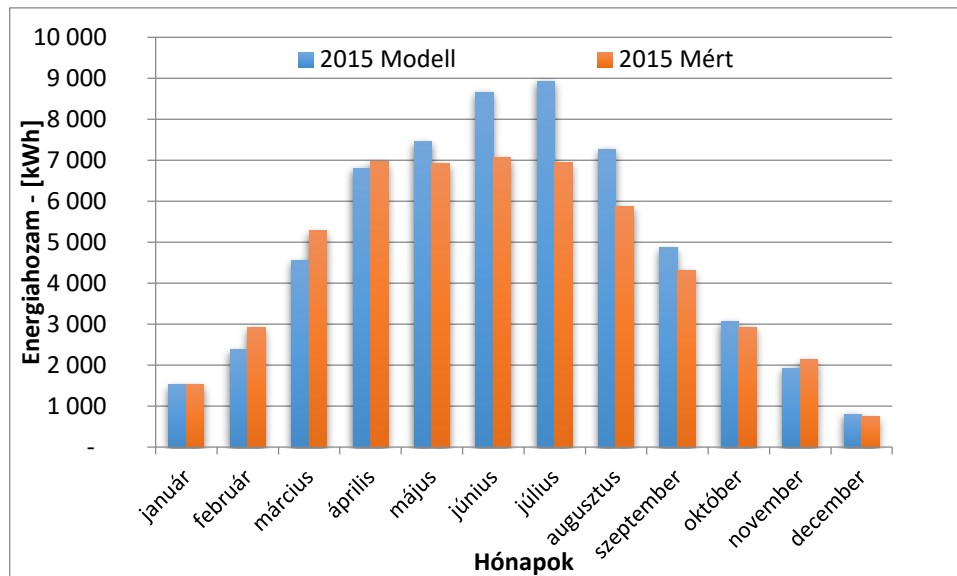


7. diagram A debreceni rendszernél mért jóságfok és nappali levegőhőmérséklet 2013-2015

Forrás: Saját szerkesztés, 2016

A külső vizsgált környezeti paramétereknél azt tapasztaltam, hogy nagy szerepe van a hőmérséklet változásnak. A szélsébség vizsgálata volt a következő elem, mert véleményem szerint a szél képes hűteni a rendszert és így jobb hatékonysággal lehet üzemeltetni a rendszert.

A modell segítségével számításokat végeztem más üzemelő rendszereknél is. Annak érdekében, hogy különböző területeken telepített rendszereknél is lehessen alkalmazni a modellt, különböző területekről választottam rendszereket. Például egy hódmezővásárhelyi telephely 50 kWp-es napelemes rendszerére vonatkozóan az alábbi kalkuláció készült (8. diagram).

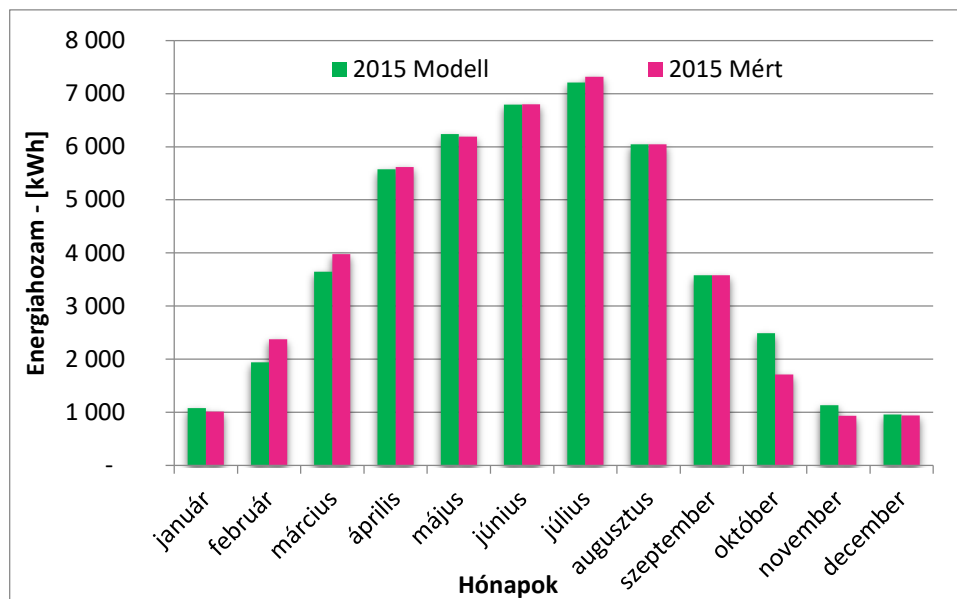


8. diagram A mért és a PV modell segítségével számolt energiamennyiség 2015-ben

Forrás: Saját szerkesztés, 2016

A fenti diagramon foglaltam össze a 2015-ös évre vonatkozó havi energiamennyiségeket. Kékszínnel a modell által készített energiahozam, míg pirossal jelöléssel a tényleges energiamennyiséget ábrázoltam. Ennek a rendszernek az egészéves energiahasznosítás 55.620 kWh értékű, míg a számítások szerint 58.242 kWh értékű energiamennyiséget lehetett volna hasznosítani. Azt is megállapítottam, hogy a nyári időszakban van jelentősebb teljesítmény csökkenés. Ez nagy valószínűséggel azért alakul, így mert túlmelegednek a napelemek - a csarnok tetőszerkezetéhez vannak rögzítve ezek is- nem tudnak hűlni kellő mértékben. Tovább fokozza a helyzetet, hogy 2015-ben a –helyi időjárás állomás adatai alapján- a nyári időszak melegebb, mint 2014-ben.

Annak érdekében, hogy a megbízhatóságot tovább növeljem egy hajdúnánási rendszer energiahasznosítási adatait is ellenőriztem (**9. diagram**)



9. diagram A hajdúnánási rendszer által hasznosított energiamennyiség és a modellezett energiahasznosítás havi bontásban 2015-ben.

Forrás: Saját szerkesztés, 2016

Ennél a rendszernél a számítások szerint 46.689 kWh energia hasznosítható, míg a mérések alapján 46.501 kWh energiát hasznosított a rendszer. A **9. diagramon** ábrázolt adatsor alapján is megállapítottam, hogy hónapról hónapra a rendszer a tőle elvárható mértékű energiahasznosítást teljesíti.

Az eddig telepített hazai napelemes rendszerek

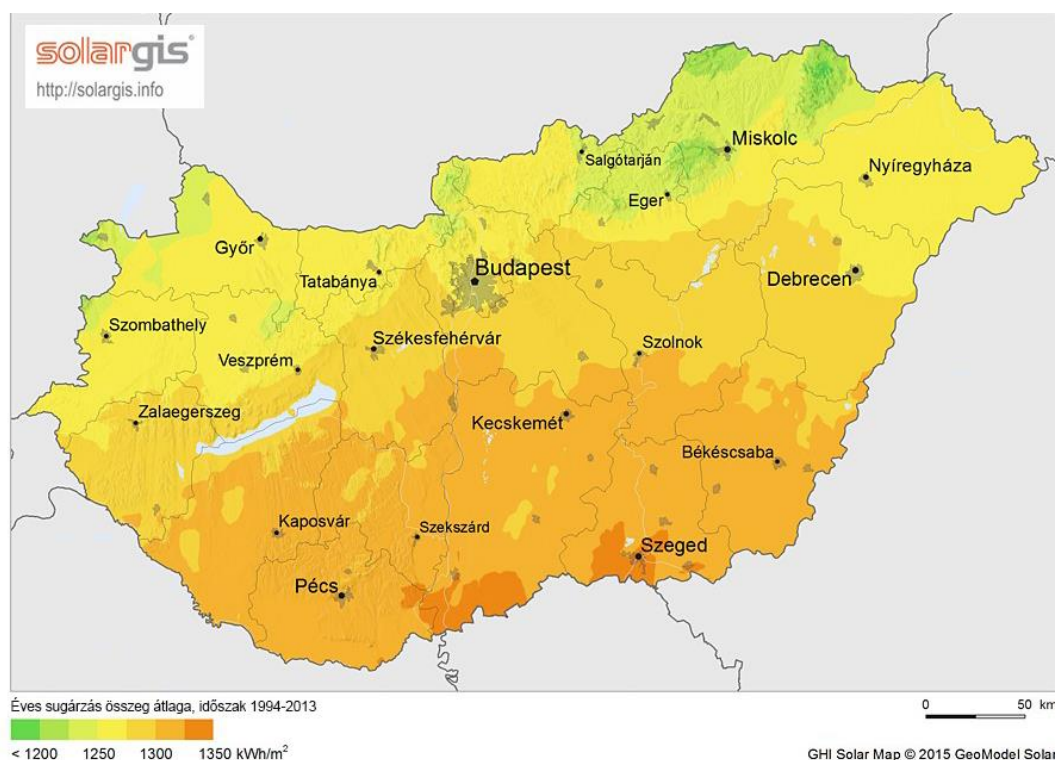
A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal adatai alapján szerkesztett mutatja a nem engedély köteles napelemes kapacitás, hogyan oszlik meg területileg. A 143,3 MW beépített kapacitás eloszlása, úgy alakul, hogy a Dunántúlra 47,7 MW van már beépítve, a Tiszántúlon és a déli részen mintegy 56,2 MW beépített kapacitás van és Észak-Magyarországon 39,4 MW kapacitás lett telepítve.

Megállapítottam, hogy az erőművek eloszlása járásonként nagy szórást mutat. Több olyan megyénk is van pl. Bács-kiskun megye, ahol nincs telepített rendszer pedig kedvező napsugárzási feltételekkel bír ez a terület. Van olyan járás is például a Gönczi, ahol az időjárási feltételek nem a legkedvezőbbek és még is van telepített naperőmű.

Az Észak-Alföldi régióban az MVR adatai alapján átlagosan 1.030 kWh az egy főre jutó átlagos villamosenergia fogyasztás. A népesség adatokkal -1,5 millió fő- összevetve a régió egész éves

energia fogyasztása nagyságrendileg 1.545 GWh értékű (KSH, 2011). Ez azt jelenti, hogy ha átlagosan 1 kWp napelemes rendszert használna minden ember, akkor képes lenne előállítani tisztán környezeti energiából a villamos energia igényét. Természetesen ehhez nagy sok szakmai és anyagi támogatásra van még szükség, de a fosszilis energiahordozók mértékét az energiamixben nagymértékben csökkenthetnénk.

Az összesített vízszintes felületen mért globálsugárzás területi eloszlása az alábbi ábrán látható (1. ábra).

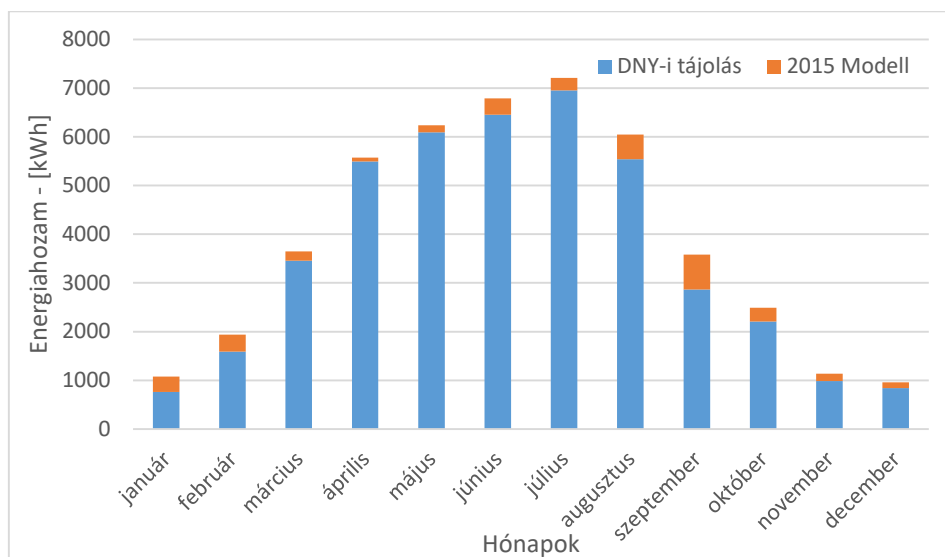


1. ábra Összesített globálsugárzás területi eloszlása Magyarországon

Forrás: *Solargis*

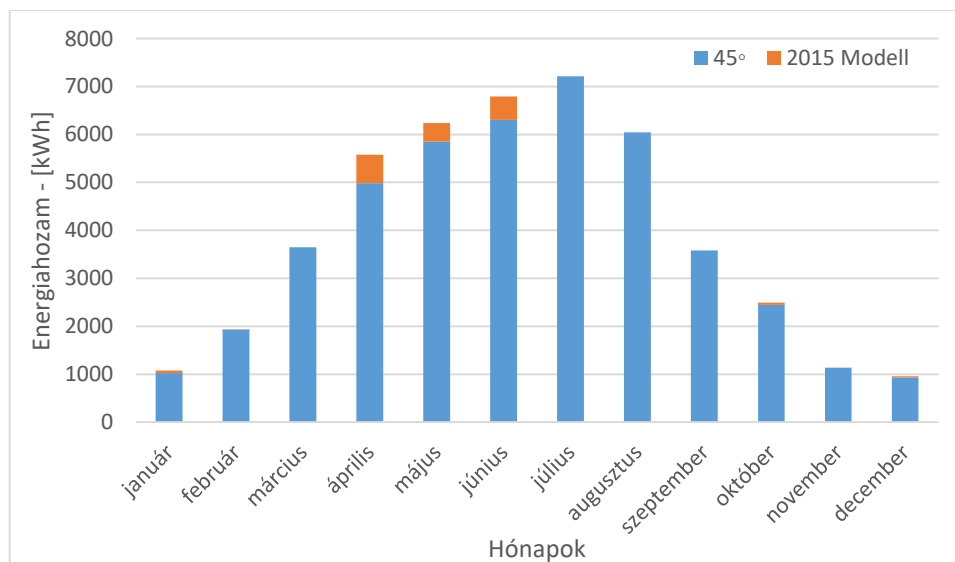
A meteorológiai adatok alapján készült a fenti ábra, melyből megállapítható, hogy az összesített globálsugárzási adottságokat tekintve nagyon jó potenciál van a Tiszántúli régió területén is. Összevetve az energiahivatal adatival az is megállapítottam, hogy ebben a régióban nagyobb beépített napelemes kapacitás figyelhető meg, mint a többi régióban, de a járasonkénti eloszlás lehetne homogénebb. A déli területeken 1.300 kWh/m² értékű sugárzási átlag érték nagyon kedvező a napelemes rendszerek üzemeltetéséhez, de még az északi területeken, ahol 1.250 kWh/m² érték alá csökken az is kedvezőnek mondható. Abban az esetben is érdemes napelemes beruházásban gondolkozni, ha az épület adottságai miatt nem a legideálisabb paraméterekkel lehet telepíteni a modulokat. Erre vonatkozóan készítettem két számítást, ahol egyik esetben a

tájolás DNY-i, a másik esetben 45° -os dőlésszögű napelemekre vonatkozik (**10. diagram; 11. diagram**).



10. diagram DNY-i tájolású 50 kWp-es napelemes rendszer várható energiahozama

A már meglévő épületeknél sokszor előfordul, hogy nem lehet D-i tájolással installálni a modulokat. Ebben az esetben ez az eltérés 7,4 %-os éves energiahozam csökkenést eredményez.



11. diagram 45° -os dőlésszögű 50 kWp-es rendszer várható energiahozama

Amennyiben a dőlésszöget nem lehet a meglévő tetőszerkezet miatt ideálisra állítani, úgy ez az éves csökkenés 3,4%-ot jelent. Összeségében megállapítom, hogy minimális eltérés esetén nem jelentős a kieső energiahasznosítás az a beépítendő napelemes modulok darabszámával kompenzálható.

4. AZ ÉRTEKEZÉS ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEI

1. Az általam javasolt PV modell segítségével prognosztizálható a napelemek energia hozama éves és havi léptékben. Az üzemeltetők az aktuális környezeti paraméterek alapján ellenőrizni tudják az energiahasznosítást. A kontroll mérések alapján $\pm 5\%$ pontossággal számolható az elvárható energiahasznosítás.
2. Három év mérési adatai alapján megállapítottam, hogy a monokristályos napelemek jobb éves energiahasznosítással üzemeltethetők régiókban, mint a polikristályos napelemek. Azt a véleményt, miszerint a szórt sugárzást a polikristályos napelemek a magyarországi éghajlati viszonyok mellett jobban hasznosítják, nem sikerült mérésekkel igazolnom. Az adatsorok alapján mind a téli mind a nyári hónapokban a monokristályos napelemek energiahozama kedvezőbb mintegy 7,6%-al.
3. A különböző dőlés szögű és tájolású napelemek energiahozamait vizsgálva meghatároztam az ideálistól való eltérések okozta teljesítmény csökkenés mértékét. Azt tapasztaltam, hogy az ideális tájolástól való eltérés jelentősebben például délnyugati tájolás esetén 7,4%-al csökkenti az éves termelést. Még abban az esetben, ha csak az ideális dőlésszöget nem lehet tartani a megvalósításkor, akkor például egy 45°-os dőlés szög esetén éves szinten 3,4%-al csökken csak a hasznosítható energiamennyiség.
4. A PV modell segítségével bizonyítottam, hogy nagy jelentősége van a már üzemeltetett napelemes rendszerek folyamatos optimalizálásának. A havi ellenőrzésekkel egy-egy műszaki probléma felderíthető, és ha sikerül elhárítani a hibát, akkor az éves energia kihozatal maximalizálható.
5. Bizonyítottam, hogy nagymértékű a teljesítmény csökkenés azoknál a rendszereknél, amelyek nem tudnak kellő mértékben hűlni. A tetőszerkezethez szorosan rögzített napelem csak kismértékben szellőznek át, és mintegy 4,7%-al kevesebb energiát tudnak átalakítani, mint a szabadon álló napelemek. Megállapítottam, hogy az általam vizsgált napelemes rendszerek jósfoka és a napsütéses órákban mért külső átlaghőmérséklet fordítottan arányos.
6. Megállapítottam a napelemek felszíni tisztításának feltétlen szükségességét, mert a felület szennyezettsége nagymértékben csökkentette a napelemek energiahasznosítását.

Az általam megtisztított napelemeknél 1,5%-os javulás volt mérhető, azokkal a napelemekkel szemben, ahol ez a karbantartás nem történt meg.

7. A jó természeti adottságokkal rendelkező régiókban Magyarországon a napelemekkel potenciális lehetőség van egy decentralizált villamosenergia-ellátásra, a jelenlegi fogyasztási igények akár egésze fedezhető lenne napelemes rendszerekkel, ha átlagosan 1 kWp napelemet telepítene mindenki. A magyarországi napelemes rendszerek közül azoknak kell nagyobb támogatást kapniuk, melyek regionális helyzete a magasabb globálisugárzási területekre esnek. Továbbá előnyben kell részesíteni energiahatékonysági programokkal azokat a régiókat, ahol az átlagosnál magasabb a villamosenergia felhasználás, hogy csökkenteni tudják az energiafelhasználást, és ezt a csökkent mennyiséget a lehető legnagyobb mértékben megújuló energiából állítsák elő. Valamint ösztönözni kell a befektetőket egy kiszámítható és átlátható átvételi rendszerrel.

5. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

1. Az energia stratégia felülvizsgálata során szükséges, hogy nagyobb szerepet kapjanak a napelemes rendszerek, hiszen nagy potenciális lehetősége van Magyarországnak a napenergia hasznosításban. Az elmúlt hét évben szinte a nulláról 140 MW felé emelkedett a beépített napelemes kapacitás hazánkban és folytatni kell ezt a fejlődést. Régióként eltérés tapasztalható a napelemes potenciálban, ezért kiemelt támogatás szükséges azoknak a térségeknek, melyek adottsága kedvezőbb.
2. A karbantartási munkákhoz segítség a PV modell, mely a hazai környezeti paraméterekre lett beállítva és akár havi energiahozamokat is számíthatunk a segítségével, így még optimálisabban üzemeltethetők a már meglévő PV rendszerek is, és pontosabb prognosztizálás készül a tervezett napelemes rendszerekhez.
3. A kiinduló paraméterek közül a globálsugárzási paraméternek van a legnagyobb jelentősége a termelés szempontjából, amit számos időjárás állomás rögzít a régiókban. A PV modell ezekbe a rendszerekbe integrálható és a számítógépes térinformatikai rendszereknek köszönhetően számos elemzést készíthetünk. Az elemzéseknek még a tervezés fázisában nagy jelentősége van, hiszen a nagyobb potenciálú területek előnyben részesíthetők.
4. A diagnosztikánál és az ellenőrzésnél viszont a PV modelles energiahozam elemzésnek nagy jelentősége van. Az elemzések során kiderül, hogy a rendszer a tőle elvárható mértékű energiahasznosítással dolgozik-e vagy sem. Amikor nem megfelelően működik, akkor remélt költség megtakarítás sem jelentkezik, így a megtérülési idő is romlik. Az általam vizsgált rendszereknél az egyik közös és jelentős probléma a szennyezettség volt a másik a túlmelegedés.
5. Abban az esetben a szemrevételezés nehézkes vagy nem megoldható elégséges lehet a monitoring adatok és PV modell elvárható energiahozamainak összehasonlítása és csak akkor kell szemrevételezéssel ellenőrizni a rendszert, ha nem a környezeti paramétereknek megfelelően működik a rendszer. A nyári csökkent kapacitás általában az átszellőzés hiányában túlmelegedő rendszereknél tapasztalható, ahol vagy hűtővíz –nem károsítja a fényelnyelő tulajdonságot- használata javasolt vagy a tartószerkezet módosítása.

6. A gyakorlatban fontos, hogy prognosztizáljuk a különböző típusú napelemes rendszerek energiahozamát és az ár-érték arány vizsgálatnál vegyük figyelembe a hosszú -20-30 éves- üzemidőt.

6. TÉZISFÜZET IRODALOMJEGYZÉKE

Barótfi I.: 2000. Környezettechnika, Mezőgazda Kiadó, Budapest. 985.

Bulla M. - Tamás P.: 2006. Fenntartható fejlődés Magyarországon, Jövőképek és forgatókönyvek, UM Kiadó, Budapest. 511.

Dinya L.: 2010. Biomassza alapú energiatermelés és fenntartható energiagazdálkodás.

Magyar Tudomány. 171. évf. 2010/8. sz., Akaprint Kft., Budapest. 914.

Farkas I. – Beke J. – Búzás J. – Farkasné F.M. – Hegyi K.- Imre L. – Kaboldy E. – Pálfy M. – Szűcs M.: 2003. Napenergia a mezőgazdaságban, Mezőgazda Kiadó. Budapest. 317.

KSH: 2011. Észak-Alföld az Európai Unió Régiói között;

<http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/regiok/debreceneuregio.pdf>

(A honlap megtekintve: 2016. szeptember 12.)

Malhotra N.K.: 2002. Marketingkutatás. KJK-Kerszöv Jogi és Üzleti Kiadó Kft., Budapest. 904.

Pálvölgyi T.: 2000. Az új évezred környezeti kihívása: az éghajlatváltozás. L'Harmattan. Budapest, 105.

PINC: 2016. Nuclear Illustrative Programme, Brussels

7. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK



DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR



Nyilvántartási szám: DEENK/14/2017.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Török Imre
Neptun kód: G1YUAY
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10058087

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idegen nyelvű, külföldi könyvrészek (1)

1. **Török, I.**, Tóth, J.: Operating experiences of the photovoltaic system of a business center that utilizes environmental energy.
In: IMT Oradea - 2013 : Proceedings of the annual session of scientific papers : may 30 - june 2013, Felix SPA, Oradea Romania. Ed.: Calin Baban [et al.], Editura Universitatii, Oradea, 187-190, 2013. ISBN: 9786061010844

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (3)

2. **Török, I.**: Energiahatékonyság itthon és külföldön.
Agrártud. közl. 63, 147-150, 2015. ISSN: 1587-1282.
3. **Török, I.**: Egy napelemes rendszer üzemeltetési tapasztalatai.
Villanyszerelők lapja. 13 (6), 2-5, 2014. ISSN: 1588-8770.
4. **Török, I.**: Környezeti energiát hasznosító irodaház PV rendszerének üzemeltetési tapasztalatai.
Agrártud. közl. 51, 179-182, 2013. ISSN: 1587-1282.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

5. **Török, I.**: Renewable energy strategy in Hungary.
Agrártud. közl. 59, 101-104, 2014. ISSN: 1587-1282.

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

6. **Török, I.**, Tóth, J.: Operating experiences of the photovoltaic system of a business center that utilizes environmental energy.
An. Oradea Univ. Fasc. Manag. Techn. Engineer. 22 (1), 435-438, 2013. ISSN: 1583-0691.





Magyar nyelvű konferencia közlemények (1)

7. **Török, I.**: A napelemes rendszerek helyzete Magyarországon.

In: Energia a mindennapokban : verseny és konferencia. Szerk.: Lázár István, Megújuló Energiapark Kutatóközp. Kft. : [Didakt], Debrecen, 17-23, 2015. ISBN: 9786155212338

További közlemények

Magyar nyelvű könyvek (1)

8. Szerk. Kozák, M., McIntosh, R. W., Buday, T.; Bálint, B., Bobok, E., Carli, M. D., Lorberer, Á. F., Püspöki, Z., Szűcs, P., Tóth, A., **Török, I.**: Geotermikus rendszerek fenntarthatóságának integrált modellezése: 3. munkacsoport : Hidrogeotermikus rendszerek és földtani vetületeik. Debreceni Egyetem, Debrecen, 140 p., 2011. ISBN: 9789634734482

Magyar nyelvű könyvrészletek (1)

9. Buday, T., **Török, I.**: Hőszondára telepített monitoringrendszer vizsgálatának tapasztalatai (MEAK, Debrecen).
In: Környezettudatos energiatermelés és -felhasználás : [II. Környezet és Energia Konferencia] : [Debrecen, 2011. november 25-26.]. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas István, MTA DAB Megújuló Energetikai Munkabizottsága, Debrecen, 109-113, 2011. ISBN: 9789637064272

Magyar nyelvű közlemények hazai folyóiratban (3)

10. **Török, I.**: Megújulók a felsőoktatásban.
Agrártud. közl. 63, 151-154, 2015. ISSN: 1587-1282.
11. **Török, I.**: Geotermikus hőszivattyús rendszer üzemeltetési tapasztalatai.
Agrártud. közl. 55, 115-118, 2014. ISSN: 1587-1282.
12. Buday, T., **Török, I.**: Működő hőszivattyús rendszerek hatása a felszínközeli üledékek hőmérsékletére egy debreceni példa alapján.
Magyar épületgépészet. 59 (1-2), 21-24, 2011. ISSN: 1215-9913.

Idegen nyelvű közlemények külföldi folyóiratban (1)

13. **Török, I.**, Tóth, J.: Heat pumps, heating systems for intelligens buildings.
An. Oradea Univ. Fasc. Manag. Techn. Engineer. 10 (20) (3), 2, 2011. ISSN: 1583-0691.





Idegen nyelvű konferencia közlemények (1)

14. Buday, T., **Török, I.**: Possibilities and problems in the modelling of operating borehole heat exchanger (BHE) systems based on field studies.
In: Proceedings of 18th Building Services, Mechanical and Building Industry days, International Conference. Ed.: Ferenc Kalmár, Ákos Lakatos, Zsolt Tiba, Judit T. Kis, Norbert Boros, Attila Talamon, Debreceni Egyetem, Debrecen, 1-8, 2012.

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománymetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2017.01.27.

