

# **Energetikai monitor**

**2015. június**

© Századvég Gazdaságkutató Zrt.

A jelentést készítették: Zarándy Tamás, Kovács Kristóf, Simon Tamás és Zemplényi Zalán.

A felhasznált adatbázis 2015. június 1-jén zárult le.

# Tartalom

Vezetői összefoglaló .....	1
Makrogazdasági helyzetkép .....	5
Nemzetközi környezet.....	5
Magyarországi környezet .....	6
Nemzetközi energiapiaci folyamatok .....	10
Hazai energiapiaci folyamatok .....	20
A villamosenergia-piac alakulása .....	20
A földgázpiac alakulása .....	24
A napelemek hálózati hatásai .....	28
Bevezetés .....	28
A napelemek helyzete a világban és hazánkban .....	28
A napelemek kedvezőtlen hálózati hatásai.....	32
A hálózati hatások eredete.....	32
Hálózati hatások csoportosítása.....	34
Lokális hálózati hatások.....	35
Globális hálózati hatások.....	37
A hálózati hatások mérséklése .....	39
Lokális hatások csökkentése .....	39
Globális hatások csökkentése .....	43
Költség- és gazdasági értékelés.....	47
A lokális hatások csökkentési módszereinek gazdasági hatása .....	47
A globális hatások csökkentési módszereinek gazdasági hatása .....	48
Javaslatok a hazai villamosenergia-rendszerre vonatkozóan .....	49
Forrásjegyzék.....	51

## Vezetői összefoglaló

A Brent típusú kőolaj árának 2014 végén–2015 elején tapasztalt drasztikus visszaesését követően a hordónkénti 60–65 dolláros szinten stabilizálódott az árfolyam. Az olajpiacon többletet generál, hogy az OPEC-tagállamok termelési kvótájukat meghaladó mennyiségű olajat hoznak a felszínre, miközben az orosz olajtermelés is bővül, a világ olajkeresletének emelkedésének üteme viszont a gazdasági növekedés dinamikájával együtt lassul.

A szén európai tőzsdei árának trendszerű csökkenése 2015 első öt hónapjában is folytatódott, az ARA árfolyama májusban 40 százalékkal volt alacsonyabb a 2012 azonos időszakában jellemző értéknél. A szénár esésében főszerepet játszott az amerikai palagáz-termelés felfutása, amely folyamatosan kiszorítja a szenet az USA villamosenergia-termeléséből, amely így más piacokon – részben Európában – keresett magának helyet. A szén piacán további keresleti sokkot okoz a kínai szénimport gyors zsugorodása. A csökkenő világpiaci szénkereslet a termelés visszafogása mellett is az ár jelenlegi, alacsony szinten maradását vetíti előre. Az európai tőzsdei földgázár (TTF) 2015 első negyedévében permanensen a 20–22 euró/MWh közötti tartományban tartózkodott, ami 22 százalékkal alacsonyabb a 2013 és 14 százalékkal a 2014 első három hónapját jellemző árfolyamnál. A földgázár mérséklődése a 2014-es és 2015-ös enyhe tél mellett főként a csökkenő erőművi földgázfogyasztás következménye. Az előrejelzések szerint az európai tőzsdei gázár értéke 2016–2018 folyamán megawattóránként 18–19 euró lehet.

Az amerikai iparvállalatok földgázáron keresztüli versenyelőnye a TTF árának csökkenése ellenére továbbra is rendkívül magas, ugyanis a Henry Hub árfolyama euróban számítva a dollár felértékelődése ellenére is 55–60 százalékkal alacsonyabb az európai tőzsdei árnál. Ugyanakkor az amerikai földgáz Európába szállítva elveszítené árelőnyét, hiszen a cseppfolyósítás–szállítás–visszagázosítás költségét is figyelembe véve nem olcsóbb az európainál. Az elemzői várakozások 2015–2016 során a Henry Hub árfolyamának kismértékű emelkedését vetítik előre, amelyet a 2017-től meginduló LNG-export is erősíthet.

A szén-dioxid-kvótaár az Európai Bizottság által beindított „backloading” (900 millió kvótaegység kivonása, majd késleltetett visszajuttatása a piacra) következtében túljutott mélypontján, értéke 2015 első öt hónapjában 7 euró/tonna szén-dioxid feletti értéken stabilizálódott. Az európai gazdaság növekedése, illetve annak szerkezete (a növekedést nem energiaintenzív ágazatok adják), valamint a szénerőművi termelés folyamatos zsugorodása a következő években is alacsony kvótakeresletet fog generálni. Az előrejelzések szerint a kibocsátási egységek ára 2020-ra 9–11 euróra emelkedhet. A szén árának visszaesése és az alacsony kvótaár a csökkenő gázár ellenére is tartós versenyelőnyt biztosít a szénerőműveknek a gázerőművekkel szemben. A jelenlegi kvótaár nem okozza a szénerőművi termelés piaci pozíciójának számottevő erodálódását, korszerű erőműveket

feltételezve a két termelési mód változó költsége közötti különbség változatlan energiahordozó-árak mellett 38–40 euró/tonna szén-dioxid-kvótaár mellett nivellálódna.

Az európai tőzsdei villamosenergia-ár a csökkenő áramkereslet, az alacsony szén- és kvótaár, valamint a fogyasztói árakon keresztül támogatott megújuló villamos energia termelése következtében 2011 óta folyamatosan csökken. 2015. április–május folyamán a zsinórár 17, illetve a csúcstermék ára 25 százalékkal alacsonyabb a 2014 azonos időszakában tapasztaltnál. Az átlagos villamosenergia-ár a vizsgált időszakban alig haladta meg a 31 euró/MWh-t. A napelemek teljesítményének gyors növekedése a tőzsdei áramár leszorítása mellett sajátos változást is indukált az árak szezonálisában, illetve a termékárak viszonyában. A dinamikusan bővülő fotovoltaikus villamos energia termelése következtében ugyanis jelentősen megnőtt a második–harmadik, valamint az első és negyedik negyedévet jellemző európai tőzsdei áramár közötti különbség a napelemek által március és szeptember között biztosított bőséges áramkínálat következtében. Szintén a napelemek termelésének hatására – főként a második és harmadik negyedévben – drasztikusan lecsökkent a zsinórtermék - és a csúcstermék ára közötti differencia.

A hazai bruttó villamosenergia-felhasználás 2015 első három hónapjában éves bázison kiugróan nagymértékű, 4 százalékos növekedést mutatott. A növekedés mértéke azért is meglepő, mert a gazdasági növekedés és az ipari termelés bővülésének hasonló mértéke mellett 2014 egészében mindössze 0,9 százalékos volt az áramigény növekedése. Az emelkedés vélhetően két forrásból, a hőmérsékletfüggő áramfogyasztás és az ipari szektor áramigényének növekedéséből táplálkozott. Negyedéves adatokból azonban nem lehet hosszú távú következtetéseket levonni, főként, hogy májusban éves összevetésben már nem növekedett a villamosenergia-felhasználás.

A hazai erőművek az idei első negyedévben a hazai áramigény 73 százalékát szolgálták ki, ami némileg magasabb a 2014 azonos időszakában tapasztaltnál. A változás mögött a távhőtermelő erőművek magasabb kihasználtsága (időjárás hatása), valamint a Gönyűi Erőmű kissé magasabb termelése állt. A hazai termelés a második negyedében fűtésigény megszűnése, a villamos energia és földgáz ára közötti különbség olvadása, illetve a Paksi Atomerőmű és a Mátrai Erőmű esetében végrehajtott tervezett karbantartás következtében jelentősen vissza fog esni. Az importszaldó tartósan magas értéke a magyar gazdaság versenyképessége szempontjából indokolt és szükséges. Hiszen az importforrásból, illetve a nyugat-európai tőzsdei árakkal együtt mozgó hazai áramtőzsdén beszerezhető villamos energia ára kilowattóránként átlagosan több mint 2 forinttal alacsonyabb a hazai erőművek által értékesített villamos energia áránál, ami a nagyipari fogyasztók esetében 10 százalékos megtakarítást jelent. A hazai erőművek által értékesített áram ára jellemzően március és szeptember között haladja meg jelentős mértékben a tőzsdei és importárat. A jelenség annak a következménye, hogy a megújulóenergia-termelés, főként a napelemek termelésének növekedése következtében az említett időszakban jelentős villamosenergia-

többség alakul ki az európai piacon, míg a téli hónapokban Nyugat-Európában is a magasabb változó költségű fosszilis erőműveknek kell kielégíteniük az áramigény döntő részét.

A cseh (OTE), a szlovák (OKTE) és a magyar (HUPX) villamosenergia-tőzsde összekapcsolását követően a másnapi spot árak konvergenciája és együtt mozgása volt megfigyelhető. 2013–2014 folyamán a HUPX-en számottevő felár képződött. 2015 eleje óta a hazai tőzsdei ár ismét együtt mozog a cseh árral, ugyanakkor továbbra is stabilan 3–5 euró/MWh-val (1–1,7 Ft/kWh) magasabb a csehnél. A tőzsdék összekapcsolása következtében a hazai fogyasztók tehát profitálhatnak az európai megújulóenergia-termelés felfutásából. A lengyel tőzsde ugyanakkor még nem csatlakozott az azóta Romániával kibővült együttműködéshez, aminek eredményeként árfolyama azoktól eltérő pályán mozog.

A magyarországi földgázfelhasználás a 2015. január–március időszakban 405 millió köbméterrel, több mint 13 százalékkal meghaladta az egy évvel korábbit. A fogyasztás éves bázisú növekedése elsősorban az 1–2,5 °C-kal alacsonyabb hőmérséklet okozta magasabb fűtésigény következménye.

A földgázfelhasználás szerkezetét tekintve az importszaldó tetemes visszaesése volt regisztrálható az első negyedévben, ami annak volt a következménye, hogy a vizsgált időszakban a hazai földgázfogyasztás 65 százalékát a hazai tározókból származó földgáz fedezte. Ugyanakkor az ellátásbiztonság érdekében a tározók megfelelő szintre történő feltöltése az év második felében éppen az előbbi gondolatmenetből következően a 2014-esnél magasabb importot tesz szükségessé. A hazai földgáztermelés 2014 utolsó negyedévében megindult növekedése az idei első három hónapban is folytatódott, az éves bázisú bővülés mértéke 9 százalékos volt. A kitermelés szempontjából ösztönzőleg hat a bányajáradék olajárcsökkenés miatt mérséklődése.

A kiemelkedően magas készletfelhasználás következtében a hazai tározókban lévő földgáz mennyisége 2015. április közepére 1300 millió köbméter alá csökkent, ami átlagosan 20 százalékos töltöttséget jelent. Ezt követően megkezdődött a betárolás, június első napjaiban a töltöttségi szint 24 százalékra emelkedett, ami némileg alacsonyabb az uniós átlagértéknél (37 százalék), de nem kirívó, hiszen például meghaladja az Ausztriában regisztrált 20–21 százalékot.

A napelemekkel történő villamosenergia-termelés az elmúlt néhány évben olyan intenzív növekedési tendenciát mutatott, melynek eredményeként a világon lévő beépített napelemes kapacitás elérte a 177 GWp értéket. A technológia versenyképességének folyamatos javulása következtében az elterjedés dinamikája évről évre egyre nagyobb mértékben nő. Magyarország esetében is megfigyelhető a napelemek fokozatos térnyerése, ugyanis **6 év alatt több mint a 200-szorosára növekedett a hazai napelemek összteljesítménye**. Bár a jelenlegi 77 MWp beépített napelemes kapacitás még mindig

alacsonynak tekinthető az adottságainkhoz képest, azonban abban az esetben, ha ez a dinamikus teljesítménynövekedés a következő éveket is meghatározza, akkor Magyarországon is egyre jelentősebbé válik a napelemeknek a villamosenergia-termelésben való részarányuk. Ugyanakkor a növekvő hazai elterjedés következtében a napelemek által a hálózatra kifejtett kedvezőtlen hatások egyre erőteljesebben lépnek majd fel.

A napelemek villamosenergia-rendszerben való fokozatos elterjedésének első fázisára a **lokális hálózati hatások** megjelenése jellemző. Mivel Németországhoz hasonlóan Magyarországon is többnyire a kiefeszültségű elosztóhálózatokra csatlakoznak a napelemek, ezért elsősorban ezen hálózati részekén kell számítani a kedvezőtlen hatások fellépésére. A tanulmány során 12 hálózati hatás került azonosításra, melyek közül egyértelműen kiemelkedik a **feszültségemelkedés** jelensége. A probléma enyhítése érdekében számos eljárás alkalmazható, azonban az optimális stratégia megtalálása minden esetben egyedi vizsgálatot követel meg. A németországi tapasztalatok alapján **műszakilag és gazdaságilag is a legkedvezőbb megoldásban a napelemek a meddőteljesítmény-szabályzásukon túlmenően a hatásos teljesítményük korlátozásával is részt vesznek a feszültségemelkedés mérséklésében.**

A napelemek által okozott lokális hálózati hatások a villamosenergia-rendszer működésének egészét is befolyásolhatják abban az esetben, ha a beépített napelemes kapacitás összemérhető az adott ország fogyasztási igényeivel. A nemzetközi szakirodalom, illetve az aktuális publikációk jellemzően a 10–20 százalékos elterjedtségi szintet jelölik meg olyan határként, aminél a napelemek által okozott, a villamosenergia-rendszer egészére vonatkozó **globális hálózati hatások** már nem hagyhatók figyelmen kívül. Ez Magyarország esetében hozzávetőleg az 500–1000 MW beépített napelemes kapacitást jelent. Ilyen teljesítményértékek esetén a frekvenciastabilitásra és különösen a **rendszerterhelésre** kifejtett hatások lépnek fel egyre erőteljesebben. A lokális hálózati hatások csökkentésével ellentétben a globális hatások mérséklése területén jelenleg még nincsenek olyan tapasztalatok, amik világosan körülhatárolnák az optimális módszer kiválasztását, azonban várhatóan **mind az energiatárolás, mind pedig a fogyasztó oldali befolyásolás egyaránt kulcsfontosságú lesz a hazai villamosenergia-rendszerre vonatkozóan is.**

# Makrogazdasági helyzetkép

## Nemzetközi környezet

Az idei első negyedévben tovább emelkedett az Európai Unió gazdaságának növekedési üteme, az 1,5 százalékos éves bővülésben nagy szerepük volt a magas növekedést produkáló közép-kelet-európai tagországoknak. Az előző negyedévi adatokhoz hasonlóan az európai konjunktúrát főként a fogyasztás vezérelte, a kormányzati kiadások és a beruházás gazdasági növekedést serkentő ereje visszafogott maradt az első negyedévvel záruló előző egy évben. A gyengülő euró ellenére a nettó export negatívan járult hozzá az unió gazdaságának bővüléséhez, amiben szerepet játszhatott a vártnál gyengébb globális konjunktúra is. Az Európai Bizottság májusi előrejelzése szerint 2015 egészében továbbra is a fogyasztás maradhat a növekedés motorja, a GDP-bővülés üteme 1,8 százalékot tehet ki az év átlagában. 2016-ban a gazdasági növekedés 2,1 százalékra gyorsulhat az unió területén, a bizottság előrejelzése szerint a régió kibocsátása nyolc év után először haladhatja meg a válság előtti szintet.

Az Egyesült Államok gazdasága 2014 és 2015 első negyedéve között 2,7 százalékkal bővült, így 0,3 százalékponttal gyorsult a GDP növekedési üteme a tavalyi év utolsó negyedévéhez képest. Az EU növekedéséhez hasonlóan az amerikai gazdaság bővülését is a fogyasztás vezérelte, aminek gazdaságélénkítő hatását a nettó export visszaesése csökkentette. Az éves alapon mért gyorsuló GDP-bővülés ellenére a piac nem volt megelégedve az amerikai gazdaság teljesítményével, mivel az éves bővülés nagyrészt a tavalyi első negyedév gyenge teljesítménye miatti bázishatás eredménye. Negyedéves alapon mérve január–márciusban csökkent az USA kibocsátása, főként az alacsony olajár miatt visszaesett olajipari kitermelés és az ezért elhalasztott beruházások miatt.

Az Egyesült Államokban áprilisban éves alapon 1,9 százalékkal nőtt a foglalkoztatottak állománya, aminek következtében a munkanélküliségi ráta a válság óta nem látott szintre, 5,4 százalékra süllyedt. A tavalyi év utolsó negyedévében az unió foglalkoztatása 1 százalékkal nőtt, miközben a munkanélküliségi ráta főként a periferiális országok (Spanyolország, Görögország) és Lengyelország javuló munkaerő-piaci folyamatainak köszönhetően 9,7 százalékra csökkent.

A Fed Nyílt Piaci Bizottságának márciusi ülését összefoglaló jegyzőkönyvből kikerült a „türelmes” szó, ami Janet Yellen jegybankelnök korábbi ígérete szerint megnyitotta a kaput az amerikai kamatemelés előtt. A gyenge amerikai növekedési adatok és a még mindig törékeny munkaerő-piaci folyamatok miatt a piac legkorábban év végére várja a kamatemelési ciklus kezdetét. Az európai kötvényhozamok csökkenő trendje április végén megfordult, azóta a német tíz éves állampapír hozama többszörösére nőtt, és az EKB mennyiségi lazítási programjának bejelentése előtti szintjére emelkedett. Az európai



pénzmenység növelése miatt az elmúlt hónapokban az euró valamennyi nagyobb valutával szemben gyengült, átlagosan 5–15 százalékos mértékben. Az év első két hónapjával ellentétben márciustól a nagyobb európai tőzsdeindexek alig emelkedtek, miközben a sanghaji tőzsde értéke 44 százalékkal növelte értékét: a fújódó részvénypiaci buborék komoly stabilitási kockázatot indukál a kínai pénzügyi rendszerben.

Márciustól kezdve megállt a nyersolaj világpiaci árának további csökkenése, ám a 45–60 dollár közötti hordónkénti ár közel fele az egy évvel ezelőtti árszintnek, ami komoly deflációs nyomás alá helyezi a fejlett államok többségét. Az USA fogyasztói árindexe január óta negatív tartományban tartózkodik, míg az unió pénzromlási üteme áprilisban 0 százalékra emelkedett. Az energia- és idényjellegű élelmiszeráraktól szűrt árindexek alapján nem marad fenn sokáig a deflációs folyamat, ám mindkét régiót alacsony inflációs környezet jellemezheti 2015 egészében.

Tavaly a válság óta először a 3 százalékos maastrichti-kritériumként meghatározott célérték alá süllyedt az unió költségvetési hiánya. A 2,9 százalékra csökkent deficit főként a kiadási oldal csökkentésének köszönhető. Az Európai Bizottság legfrissebb, májusi előrejelzése szerint 2015 végére a költségvetési hiány 2,5 százalékra eshet, főként az EKB mennyiségi lazítása miatti alacsony kamatkörnyezetnek és a javuló munkaerő-piaci folyamatoknak köszönhetően. A bizottság előrejelzése szerint az unió adósságrátája tavaly 88,6 százalékon tetőzött, az idén 88 százalékra zsugorodhat. A mutató csökkenését a javuló deficit számokon túl a gazdasági növekedés fellendülése is támogathatja.

## Magyarországi környezet

### A magyar gazdaság idén is erős évet zárhat

*A magyar gazdaság teljesítménye 2015 I. negyedévében az általános várakozásokkal ellentétben fokozódott. A 3,5 százalékra gyorsuló éves bázisú növekedést két év után ismét a nettó export húzta, ami 3 százalékponttal járult hozzá a GDP-bővüléshez. Ebben nagy szerepe volt az élénkülő külső konjunktúrának és a leértékelődő árfolyamnak. A belföldi felhasználás 0,6 százalékponttal emelte az éves GDP-növekedést. Ilyen nagy különbségre a gazdaság belső és külső teljesítménye között a legutóbbi recesszió idején volt példa. A termelési oldalon kiegyensúlyozottnak mondható a növekedés. Legfrissebb előrejelzésünk szerint 2015-ben 3,4 százalék lesz a magyar gazdaság növekedése. A belső és külső tényezők a teljes előrejelzési horizonton pozitívan járulnak hozzá a GDP-növekedéshez, melyet a fogyasztás és az export közel azonos arányban vezérelhet. A munkaerő-piaci helyzet javulását várjuk: a munkanélküliségi ráta 2015-ben átlagosan 7 százalékra, 2016 végére 6 százalék alá csökken. A feszebb munkaerőpiac ellenére a béremelkedés ütemének lassulását prognosztizáljuk. Az*

*infláció 2015-ben még elmarad a maginflációtól, jövőre megközelíti azt, amit idén a közmúdíjcsökkentések és az alacsony olajárak magyaráznak. A pénzromlási ütem fokozatos erősödésére számítunk: 2016 végére megközelítheti az inflációs célsáv közepét. Egyebek mellett a globálisan nyomott inflációs környezet és az MNB inflációs célkövetési rendszerének átalakítása is a tartósan laza hazai monetáris feltételek irányába mutatnak.*

A magyar gazdaság teljesítménye 2015 I. negyedévében fokozódott, szemben a gazdaság lassulását váró általános vélekedéssel. A 3,5 százalékra gyorsuló növekedési ütem továbbra is az Európai Unió élmezőnyébe helyezi hazánkat. Az első háromhavi növekedést két év után ismét a nettó export alakulása vezérelte, ami önmagában 3 százalékponttal járult hozzá az éves GDP-növekedéshez. Az export fellendülését nagyban segítette az élénkülő külső konjunktúra és a leértékelődő árfolyam, míg az import növekedése a bázishatás miatt mérséklődött. A belföldi felhasználás csupán 0,6 százalékpontot magyaráz a növekedésből. Ilyen nagy különbségre a gazdaság belső és külső teljesítménye között a legutóbbi recesszió idején volt példa. A fogyasztást továbbra is visszafogja a hitelállományok leépítése és az óvatossági motívum, így 2,7 százalékos növekedést regisztráltak, ami elmarad a lakosság rendelkezésre álló jövedelmének bővülési ütemétől. A mérsékelt belső felhasználás fő oka a bruttó állóeszköz-felhalmozás éves szinten 6,7 százalékos kitevő visszaesése volt. Ebben meghatározó szerepet játszott az előző év azonos időszakában a választásokkal összefüggő beruházások felfutása az állami szféra oldaláról. A versenyszféra beruházási teljesítményét az NHP II. elindulásának bázishatása mérsékelhette.

A termelési oldalon kiegyensúlyozottnak mondható a növekedés: két nemzetgazdasági ág kivételével az összes ágban növekedett a bruttó hozzáadott érték. A mezőgazdaság jelentős visszaesést regisztrált, ugyanakkor az ipari és az építőipari teljesítmény egyaránt fokozódott, rendre 7,7 és 9,2 százalékkal. Az iparhoz hasonlóan a szolgáltatások 2,3 százalékos növekedésében is elsősorban az exportteljesítmény játszotta a főszerepet.

A 2014-es munkaerő-piaci tendenciák az idei év elején is folytatódtak, a foglalkoztatottság és az aktivitás egyaránt emelkedett. Utóbbi nagyobb növekedése miatt összességében a munkanélküliségi ráta kismértékben emelkedett, és 2015 I. negyedévében 7,4 százalékon állt. A bruttó keresetek éves szinten 4,1 százalékkal növekedtek, a béremelkedési ütem az állami szektorban meghaladta, a versenyszférában megegyezett a GDP-növekedés ütemével, ami az utóbbi három hónapban feszesebbé váló munkaerőpiacnak köszönhető.

A hazai fogyasztói árak 2015 I. negyedévében 1 százalékkal csökkentek, míg májusban újra pozitív, 0,5 százalékos volt az infláció. A nyomott inflációs környezet főként az olajársokk és a szabályozott árak csökkentésének hatását tükrözi. Azonban az erősödő inflációs nyomás szinte minden fő termékkörben érezhető, amit tovább emel a szűkülő kibocsátási rés mérséklődő árleszorító hatása. A középtávú trendmutatók az infláció fokozatos felpörgésének irányába mutatnak. A globálisan felerősödött kockázatkerülés és az eurózóna állampapírpiacán lezajló korrekció következtében a hazai kockázati környezet az elmúlt

negyedévben enyhén romlott. A hazai fizetőeszköz gyengült az euróval szemben, a CDS-felár historikus mélypontjáról enyhén visszakorrigált. A 10 éves állampapír hozama az eurózóna 10 éves állampapírpiacán kialakult turbulencia miatt nőtt. A hazai jegybank tavasszal három lépésben összesen 45 bázisponttal csökkentette az alapkamatot, valamint bevezette a rugalmas inflációs célt. Az MNB deklarálta, hogy a kamatvágást az inflációs cél eléréséig folytatja.

Az elszámolás és a forintosítás következtében a jelzálog alapú lakossági devizahitelek rendszerszintű árfolyamkockázata megszűnt. Ezzel párhuzamosan jelentősen csökkent a nem teljesítő hitelek aránya is. A bankok lakossági hosszú hiteleinek lejáratí szerkezetében a hosszú eszközei és a rövid lejáratú forrásai között nyíló pozícióra az MNB a jelzáloghitel-finanszírozás megfelelési mutató (JMM) 15 százalékos minimumát írja majd elő.

Legfrissebb előrejelzésünk szerint a magyar gazdaság 2015-ben is megközelítheti az előző évi kiemelkedő gazdasági teljesítményét, amit jövőre egy mérsékeltebb év követhet. A belső és külső tényezők a teljes előrejelzési horizonton pozitívan járulnak hozzá a GDP-növekedéshez, melyet a fogyasztás és az export közel azonos arányban vezérelhet. Az export növekedése 2015–2016-ban felülmúlja az importét, köszönhetően az élénkülő globális keresletnek. A fogyasztás dinamikus növekedését a rendelkezésre álló jövedelem emelkedése biztosítja, melyet piaci és gazdaságpolitikai intézkedések egyaránt segítenek. Idén az alacsony inflációs környezet, jövőre a negatív reálkamat emeli a háztartások fogyasztási hajlandóságát, melyet a munkaerő-piaci folyamatok javulása is hajt. A beruházások jelentősen mérséklődő növekedését idén a technikai hatás magyarázza. Jövőre a korábbi uniós tervezési időszak lezárása miatt a beruházások visszaesésére számítunk. A magyar gazdaság az idei év végére már a potenciálisnak megfelelő szinten teljesíthet, vagyis bezáruló kibocsátási résre számítunk. Összességében idén 3,4, jövőre 2,7 százalékos GDP-növekedést prognosztizálunk.

Előrejelzésünk alapján a munkaerőpiac helyzete jelentősen javul: 2016 végéig az aktívak száma 60 ezer, a foglalkoztatottság 120 ezer fővel nőhet. Ezért a munkanélküliségi ráta 2016 második felében 6 százalék alá csökken, míg 2015-ben átlagosan 7 százalék körül alakul. A feszes munkaerőpiac és a közszféra várható béremelései ellenére az éves bérnövekedési ütem az idén 2,9 százalékra lassul. Ezt követően 2016-ban 3,2 százalékra emelkedik, ami a gyorsuló infláció miatt mindössze 0,6 százalékos reálbér-emelkedést jelent.

A maginfláció 2015 I. negyedévében érthette el mélypontját, amit egy tartósan emelkedő trend követhet. A ráta fokozatos gyorsulását az importált infláció, a záródó kibocsátási rés, az újbóli olajár-emelkedés és a béremelések másodkörös hatásai indokolják. A mutató jövő évi emelkedését a sokkok bázisba kerülése, a nemzetközi szinten is emelkedő árszínvonal és a keresletoldali inflációs nyomás lassú felépülése vezérli. Az infláció 2015-ben még elmarad a maginflációtól, jövőre már megközelíti azt. Ez a folyamat idén a közműdíjcsökkentések és az alacsonyabb olajárak hatását tükrözi. A pénzromlási ütem fokozatos erősödésére számítunk, ami 2016 végére megközelítheti az inflációs célsáv közepét. Ennek oka az emelkedő

maginfláció mellett a költségsokkok bázisba kerülése és a maginfláción kívüli tételek (olaj, nyers élelmiszer) áremelkedése. A fogyasztóiár-index idén 0,3, jövőre 2,6 százalékon állhat.

A globális és a hazai nyomott inflációs környezet, a gazdaság ciklikus pozíciója, az alacsony várakozások és hazánk kedvező pénzügyi megítélése a további monetáris lazítás irányába mutatnak. Az MNB inflációs célkövetési rendszerének átalakítása is ezt erősíti. Meglátásunk szerint a Monetáris Tanács idén akár 1,3 százalékra is csökkentheti az irányadó rátát. Hosszabb tartás után az első jegybanki kamatemelést 2016 nyarára várjuk.

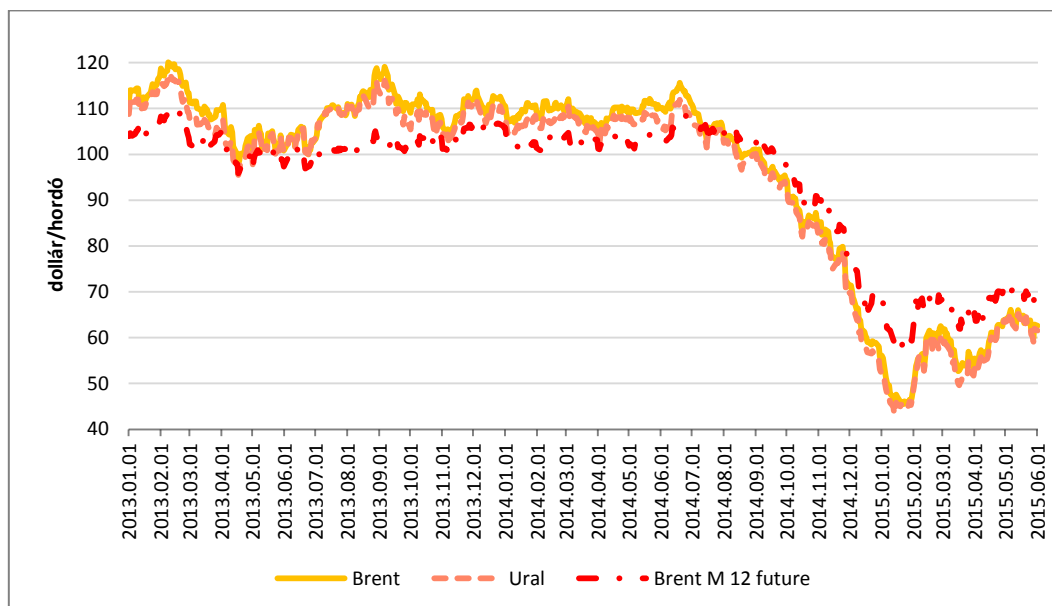
1. táblázat: A főbb makrogazdasági változók várható alakulása

	2014	2015	2016
<b>Bruttó hazai termék (volumenindex)*</b>	3,6	3,4	2,7
<b>A háztartások fogyasztási kiadása (volumenindex)*</b>	1,7	3,3	3,0
<b>Bruttó állóeszköz-felhalmozás (volumenindex)*</b>	11,7	1,2	-1,6
<b>Kivitel (nemzeti számlák alapján, volumenindex)*</b>	8,7	8,0	7,9
<b>Behozatal (nemzeti számlák alapján, volumenindex)*</b>	10,0	7,0	6,8
<b>A külkereskedelmi áruforgalom egyenlege (milliárd euró)</b>	6,4	7,5	9,1
<b>Éves fogyasztóiár-index (%)*</b>	-0,2	0,3	2,6
<b>A jegybanki alapkamat az év végén (%)</b>	2,10	1,30	1,75
<b>Munkanélküliségi ráta éves átlaga (%)*</b>	7,7	6,9	6,0
<b>A bruttó átlagkereset alakulása (%)*</b>	3,0	2,9	3,2
<b>A folyó fizetési mérleg egyenlege a GDP százalékában</b>	4,1	5,5	6,3
<b>Külső finanszírozási képesség a GDP százalékában</b>	8,3	9,2	8,2
<b>GDP-alapon számított külső kereslet (volumenindex)*</b>	1,6	1,9	2,4

\* Szezonálisan kiigazított adatokból számítva. Forrás: MNB, KSH, Századvég-számítás

## Nemzetközi energiapiaci folyamatok

1. ÁBRA: A BRENT, AZ URAL TÍPUSÚ OLAJ SPOT ÁRA ÉS A BRENT 12 HAVI FUTURE ÁRA



Forrás: Reuters

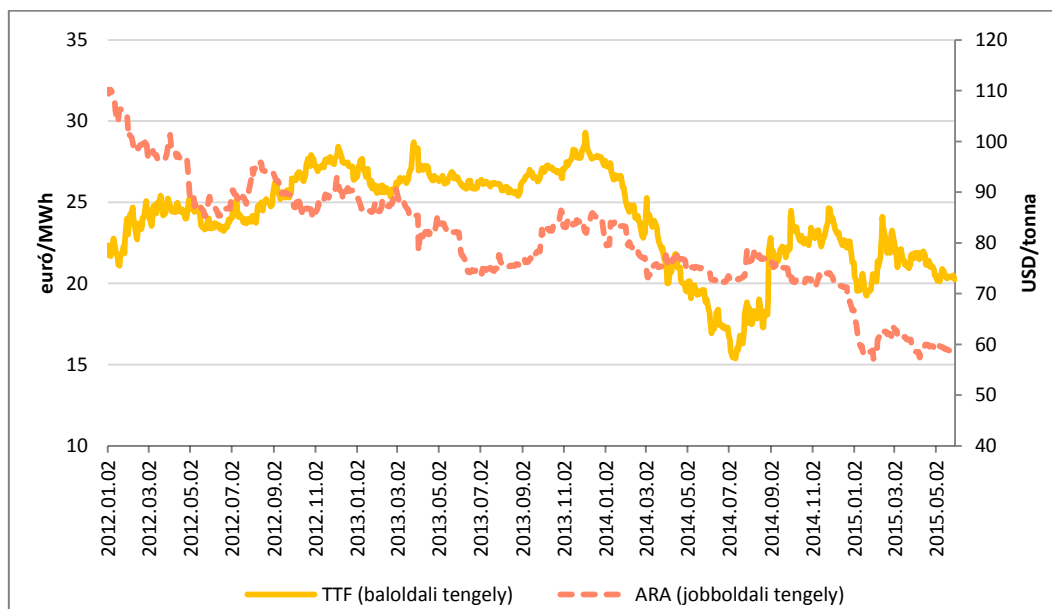
Úgy tűnik, hogy az olajárak, a körülbelül fél éve tartó intenzív zuhanás után, 2015 első negyedévére elérték mélypontjukat. Míg 2015 első negyedévében a Brent típusú nyersolaj átlagos ára 54 dollár/hordó körül alakult, addig a második negyedévben már 60 dollár/hordó körüli ár várható. Az olajár rövid távon némileg 60 dollár feletti szinten látszik stabilizálódni, középtávon azonban a határidős árak iránymutatása szerint enyhe növekedés jelezhető előre. 2016 végére a hordónkénti ár megközelítheti a 70 dollár körüli szintet.

Keresleti oldalon a növekedés mérsékelt, előreláthatólag a közeljövőben a világgazdaság növekedése nem fog ugrásszerű olajkereslet és ezzel együtt olajár-növekedést gerjeszteni.

Kínálati oldalon az OPEC továbbra is azt a stratégiát folytatja, hogy a kitermelési kvóta változatlanul magas szinten hagyásával és ennek hatására az olajárak alacsony tartásával próbálja a piaci részesedését megőrizni és az elmúlt években jelentősen felfutó amerikai nem konvencionális olajkitermelést visszaszorítani. Az OPEC kezdi elérni ezt a célját, az amerikai nem konvencionális kitermelés visszaesett, és a jövőre vonatkozó kutatási-kitermelési terveket is módosították. Az olajárak jelenlegi stabilizálódása a nem konvencionális kitermelés visszaesésének köszönhető. Azonban a jövőben csak kismértékű további árnövekedésre lehet számítani, ugyanis egy gyors árnövekedés esetén az amerikai kitermelés újra felfuttatható, ami ismét kínálati többletet eredményezne a piacon. Elméletileg az olajárak csökkenésének irányába fejthetne ki hatást az Irán elleni szankciók enyhülése következtében felfutó iráni olajkínálat, azonban szakértők szerint ennek műszaki korlátai vannak. Az előző években a szigorú szankciók hatására az iráni olajtermelők

kitermelésük mellett a karbantartó beruházásokat is jelentősen visszafogták, ami a közeljövőben inkább további enyhe kitermeléscsökkenéshez vezethet. A termelés újraindítására szakértők szerint csak hosszabb távon van lehetőség.

2. ÁBRA: AZ ARA- ÉS A TTF-ÁR ALAKULÁSA



Forrás: Reuters

A szén európai tőzsdei árának (ARA) csökkenő trendje 2015 első 5 hónapjában is folytatódott. Az ARA árfolyama 2012 első felében még a 90–100 dollár/tonna sávban tartózkodott, ahonnan – permanens visszaesést mutatva – 2014 végére 65 dollár/tonná-ra csökkent, a tonnánkénti jegyzésár 2015 májusában egészen 58 dollárig ereszkedett. A szénár 2012–2014 között tapasztalható csökkenése jelentős mértékben abból adódott, hogy a palagáz-kitermelés felfutásának köszönhetően a szén fokozatosan kiszorult az amerikai villamosenergia-termelésből, aminek eredményeképpen az USA szénfogyasztása az EIA adatai szerint (aminek 90 százalékát a villamosenergia-termelés jelenti) 2010 és 2014 között 12,6 százalékkal esett vissza (ezalatt a széntermelés 8 százalékkal mérséklődött). Az Amerikából kiszorult szén pedig bőséges kínálatot biztosít az európai piacon. A keresleti oldalon a kínai szénimport tompulása hatott negatívan az árakra, hiszen mennyisége 2014-ben közel 11 százalékkal elmaradt a 2013-as értéktől, 2015 első 4 hónapjában pedig 38 százalékkal volt kisebb az 1 évvel korábinál, ami, mint az adatokból kitűnik, további nyomás alá helyezte a szénárat. Az import csökkenése a hazai kitermelés növekedésén túl a lakossági szénfelhasználás visszaeséséből eredt, aminek hajtóereje, hogy rendeletileg megkezdődött a széntüzelés fokozatos kitiltása a városokból. A kínai kormányzat elfogadott akcióterve értelmében 2020-ig 160 millió tonnával (a kínai fogyasztás 5 százalékának, az amerikai széntermelés 16 százalékának felel meg) kívánja csökkenteni az ország

szénfelhasználását<sup>12</sup>. A kínai mellett az európai szénkereslet esetében is folyamatos mérséklődés vetíthető előre, az alacsony ár ellenére. A jelentős felhasználók közül Németországban a szénerőművi teljesítmény 2018-ig stabil marad, Nagy-Britanniában viszont rohamosan esik vissza a szénfelhasználás, és a brit tervek szerint a jelenlegi alacsony gázárak mellett 2023-ig megszűnhet a széntüzelés a szigetországban<sup>3</sup>. A stabil kínálat és a visszaeső kereslet mellett az ARA árának 60 dollár/tonna alatti sávban való stabilizálódására számítunk.

Az európai nagykereskedelmi földgázárak szempontjából iránymutatónak tekinthető holland gáztőzsdei árfolyam (TTF) 2015 első 5 hónapjában rendkívül szűk tartományban, 20–21,5 euró/MWh között oldalazott. Az első negyedévben kialakult ár átlagosan 14 százalékkal alatta maradt a 2014-ben tapasztaltnak, noha 2015. január–március folyamán Európában alacsonyabb volt az átlaghőmérséklet, mint 2014-ben. Az áprilisi és májusi gázárak tekintetében éves összevetésben nem volt tapasztalható számottevő eltérés. Az európai gázárak csökkenése a 2014-es, illetve 2015-ös enyhe tél miatti gázigénycsökkenés mellett fundamentális változások következménye.

A fogyasztói árakon keresztül támogatott megújuló forrásból történő villamosenergia-termelés, illetve a zuhanó szénárak (2. ábra) következtében a gázerőművek Európában elvesztették versenyképességüket (az elemzést ld. később), termelésük, így gázfelhasználásuk folyamatosan csökken. Az ipari szektor gázigénye 2010 óta lényegében stagnál, a lakossági gázfogyasztás pedig az energiahatékonysági beruházások következtében kismértékben csökkent, amit az energiahatékonysági irányelv (27/2012/EU) tovább erősíthet. Az említett fundamentumok, illetve az időjárás hatása következtében az EU teljes gázfelhasználása az Eurogas adatai szerint<sup>45</sup> 2012-ről 2013-ra 1,5 százalékkal, 2013-ról 2014-re 11,2 százalékkal esett vissza<sup>6</sup>.

A földgázár alacsony szinten való tartózkodását az is segíti, hogy a gázkínálat, illetve a vezetékes és cseppfolyós földgázt fogadó állomások kapacitása terén jelentős többlet jellemző, például az európai LNG-terminálok átlagos kihasználtsága 2014-ben nem érte el a 25 százalékot.

A rövid távú kilátásokat tekintve június–szeptember folyamán a májust jellemző 20–21 euró/MWh-nál alacsonyabb ár prognosztizálható, ami részben a szezonális (nincsen fűtési célú gázfogyasztás), részben pedig a nyár folyamán csúcsot mutató megújulóenergia-termelés következménye. Ugyanakkor a 2014-es, megawattónkénti 15–16 eurós ár elérését nem tartjuk valószínűnek, hiszen az európai tározók töltöttsége az Európai Gázinfrastruktúra

<sup>1</sup> <http://uk.reuters.com/article/2015/05/08/china-economy-trade-coal-idUKL4N0XY4KV20150508>.

<sup>2</sup> <http://www.worldcoal.com/coal/07052015/Chinese-coal-ban-expand-suburbs-920/>.

<sup>3</sup> <http://www.energypost.eu/uk-coal-use-headed-time-record-low/>

<sup>4</sup> Statistical Report 2013, Eurogas.

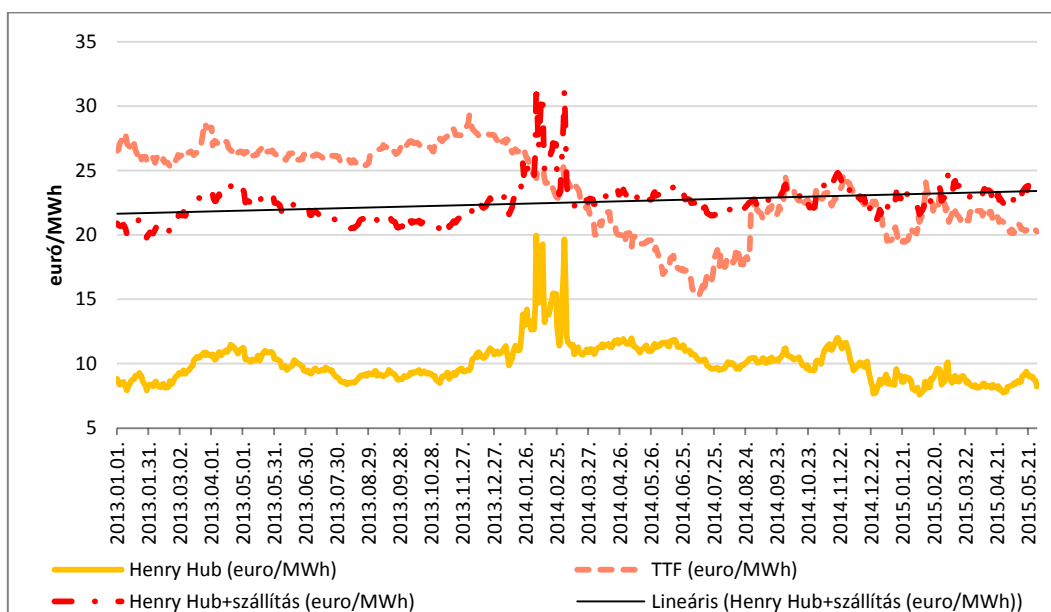
<sup>5</sup> New Eurogas data confirms dynamic EU gas market, Press Release, Eurogas.

<sup>6</sup> Az adatokból nem szűrték ki a tározói készlet változását, amely jelentős is lehet.



Szövetség (GIE) adatai szerint május végén több mint 30 százalékkal elmaradt a 2014-ben regisztrált szinttől<sup>7</sup>, azaz 2015-ben a fűtési időszak előtt a tározók feltöltése erősítheti a földgáz keresletét. Vélhetően részben az alacsonyabb gázárakhoz kötődő várakozások miatt indult meg idén később a tározók feltöltése. Az elemzői várakozások szerint a TTF-ár 2016–2018 folyamán átlagosan 18–19 euró/MWh lehet<sup>8</sup>.

3. ÁBRA: A HENRY HUB- ÉS A TTF-ÁR ALAKULÁSA



*Forrás: Reuters, MNB, Századvég-számítás*

A Henry Hub gáz dollárban számított ára 2015. január–május folyamán megközelítette a 2012 első felében regisztrált mélypontját. Azaz a 2014-es extrém hideg tél folyamán tapasztalt árnövekedés, illetve a lecsökkent tározói készletek nyomán magasabb szinten ragadt gázár csak időlegesnek volt tekinthető. Az amerikai és az európai tőzsdei gázárak euró/MWh egységben összehasonlítva megállapítható, hogy a Henry Hub gáz ára a dollár euróval szembeni 15–20 százalékos felértékelődése ellenére közel 55–60 százalékkal százakkal alacsonyabb a TTF-árnál, ami hatalmas versenyelőnyt jelent az amerikai energiaindusztriális iparvállalatok számára. Ugyanakkor a 3. ábra alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy az árkülönbség nivellálódna, ha az amerikai gázt Európába szállítanák, mivel ebben az esetben a cseppfolyósítás, szállítás, visszagázosítás költségét is be kellene építeni az árakba. Mivel a Henry Hub-ár több mint másfélszer alacsonyabb, mint a földgáz Európába való szállításának egységköltsége, így a jelenlegi alacsony gázárak mellett az amerikai gázár Európában való versenyképességének szűk keresztmetszete a cseppfolyósítás költsége lehet. E tekintetben azonban az erősödő világpiaci verseny ellenére inkább az emelkedés irányába mutató jelek azonosíthatók, hiszen a cseppfolyósító LNG-terminálok beruházási költsége

<sup>7</sup> <https://transparency.gie.eu/>.

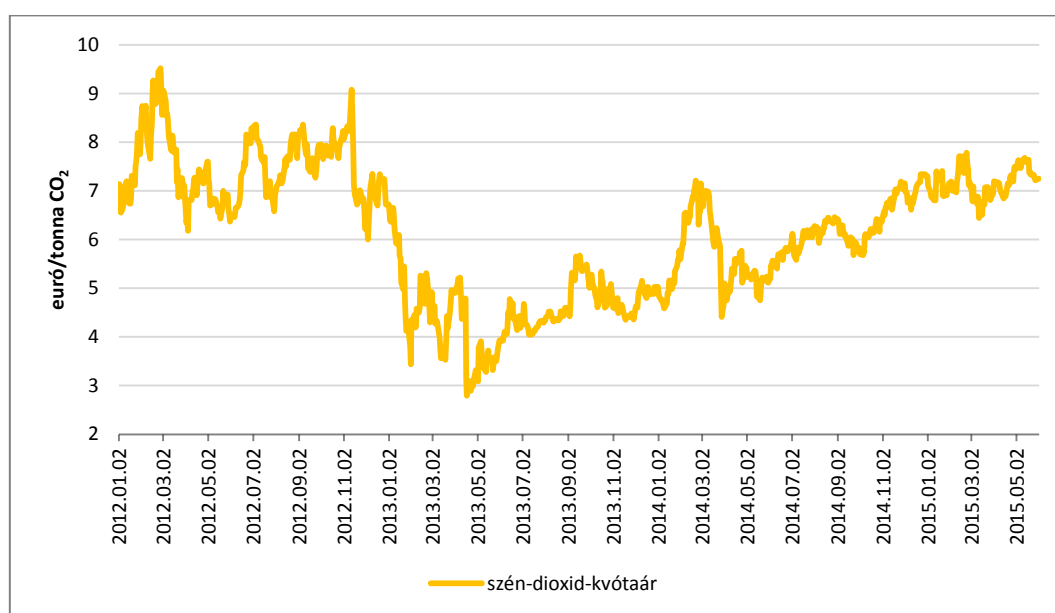
<sup>8</sup> Energy Monitor May, ABN AMBRO Bank.



2009 óta meredeken emelkedik<sup>9</sup>. Az amerikai LNG-export célpontja várhatóan kezdetben az európainál magasabb árakkal kecsegtető ázsiai piac lesz, már aláírásra került a kereskedelmi szerződés Japánnal, amelynek értelmében 2017-től az amerikai vállalatok évi 8 millió tonna cseppfolyós földgázt exportálnak a szigetországba<sup>10</sup>.

Az elemzői várakozások 2015–2016 folyamán a Henry Hub gáz árának lassú emelkedését vetítik előre, amelynek mértéke nem eredményez számottevő változást az Európával szembeni versenyelőny tekintetében.

4. ÁBRA: SZÉN-DIOXID-KVÓTAÁRAK ALAKULÁSA



*Forrás: Reuters*

A szén-dioxid-kvótaár 2015 első felében 7 euró/tonna szén-dioxid fölött stabilizálódott, ami számottevő emelkedést jelent a 2014 azonos időszakában kialakult 5–6, illetve a 2013-as évet jellemző 3–5 eurós tonnánkénti árhoz képest. A szennyezési jogok ára a gazdasági válság alatt drasztikusan visszaesett, 2013-ra több mint 2 milliárd kibocsátási egységnyi fölösleg halmozódott fel a piacon. Az Európai Bizottság, hogy megelőzze a szén-dioxid-kibocsátás kvótaárakon keresztüli ösztönzésének eljelentéktelenedését, beindította az ún. backloading folyamatát, amely értelmében 2014–2016 folyamán összesen 900 millió kibocsátási egységet von ki a piacról (ennyivel kevesebbet értékesíthetnek a tagállamok), majd a kivont mennyiséget 2019–2020 folyamán juttatja vissza a piacra (backloading – késleltetés).

<sup>9</sup> LNG Plant Cost Escalation, The Oxford Institute For Energy Studies, February 2014.

<sup>10</sup> <http://www.cedigaz.org/products/gas-supply-contracts.aspx>.

Belátható, hogy az európai gazdaság jelenlegi szerkezetében és állapotában a szén-dioxid-kvótaár alakulása döntően politikai döntések függvénye. Mivel az európai fosszilisenergia-termelés csökkenő trendet mutat, a közösség ipari termelésének kismértékű növekedését pedig a kvótakötelezettség alá nem eső gépgyártás, illetve járműgyártás hajtja, míg az energiaintenzív ágazatok (építőanyag-ipar, nehézszerkezetű ipar) teljesítménye továbbra is gyenge, így a kvótaár jelentősebb emelkedése keresleti oldalról nem indokolt. A kvótaegységek 2015–2016-ban folytatódó kivonása válthat ki enyhe emelkedést az árakban. A Thomson Reuters felmérése szerint<sup>11</sup> a szén-dioxid-kereskedelemben részt vevő vállalatok háromnegyede 2020-ra legalább 9 eurós, 50 százaléka legalább 11, míg 23 százaléka 15 eurót meghaladó árat prognosztizál.

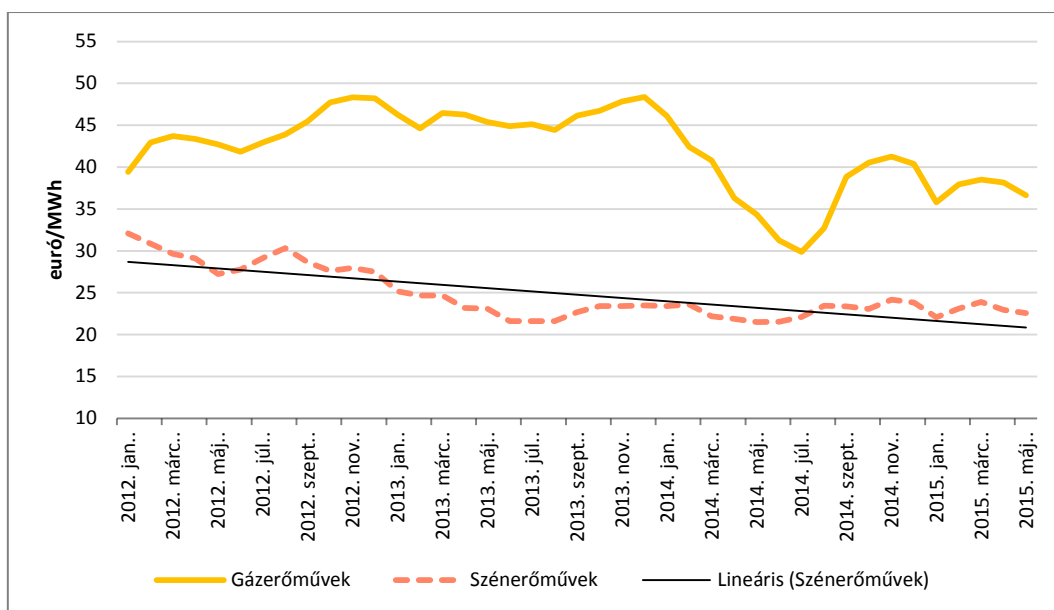
Az energiahordozó-árak és a szén-dioxid-kvótaár alakulásának függvényében érdemes összevetni a szén-, illetve a gázalapú villamosenergia-termelés európai versenyképességének változását. A versenyképesség tekintetében jelen elemzés csak a változó költségek döntő részét képező tüzelőanyag- (ARA, TTF) és kvótaköltséget (ETS) veszi számításba. Az összevetés során korszerű, hatékony erőműveket feltételeztünk, amelyek számítás során figyelembe vett paramétereit a 2. táblázat tartalmazza.

A szén árának radikális csökkenése, illetve az alacsony kvótaárak következtében a szénerőművek változó költsége 2012–2014 folyamán jelentősen alatta maradt a gázerőművékének. A két erőműtípus változó költsége közötti különbség a 2013-at jellemző 20–24 euró/MWh-ról 2014 végére 15 euró/MWh-ra csökkent, 2015 első 5 hónapjában pedig ezen az értéken tartózkodott. A változó költségek közötti 30 százalékos különbség azonban továbbra is determinálja a gázerőművek gyenge árampiaci pozícióját és alacsony kihasználtságát. Belátható, hogy a jelenlegi 7–7,5 eurós szén-dioxid-kvótaár nem erodálja jelentős mértékben az európai modern szénerőművek kompetitivitását, hiszen ennek termelési költségre gyakorolt hatása mindössze 5,5–6 euró/MWh (a Mátrai Erőmű esetében 7–7,5 euró/MWh). Ahhoz, hogy a két erőműtípus változó költsége közötti különbség nivellálódjon, a jelenlegi energiahordozó-árak mellett ceteris paribus 38–40 eurós kvótaárra lenne szükség. Tekintettel a nagyszámú előregedett, alacsony hatásfokú európai szénerőműre, a fordulat várhatóan már alacsonyabb kvótaár mellett bekövetkezne.

---

<sup>11</sup> EU carbon prices expected to be above €9 by 2020 –Point Carbon survey, Carbon Pulse, May 12, 2015, <http://carbon-pulse.com/eu-carbon-prices-expected-to-be-above-e9-by-2020-point-carbon-survey/>.

5. ÁBRA: MODERN SZÉN- ÉS GÁZERŐMŰVEK TÜZELŐANYAG- ÉS KVÓTAKÖLTSÉGÉNEK ÖSSZEVETÉSE EURÓPÁBAN



Forrás: Reuters, Századvég-számítás

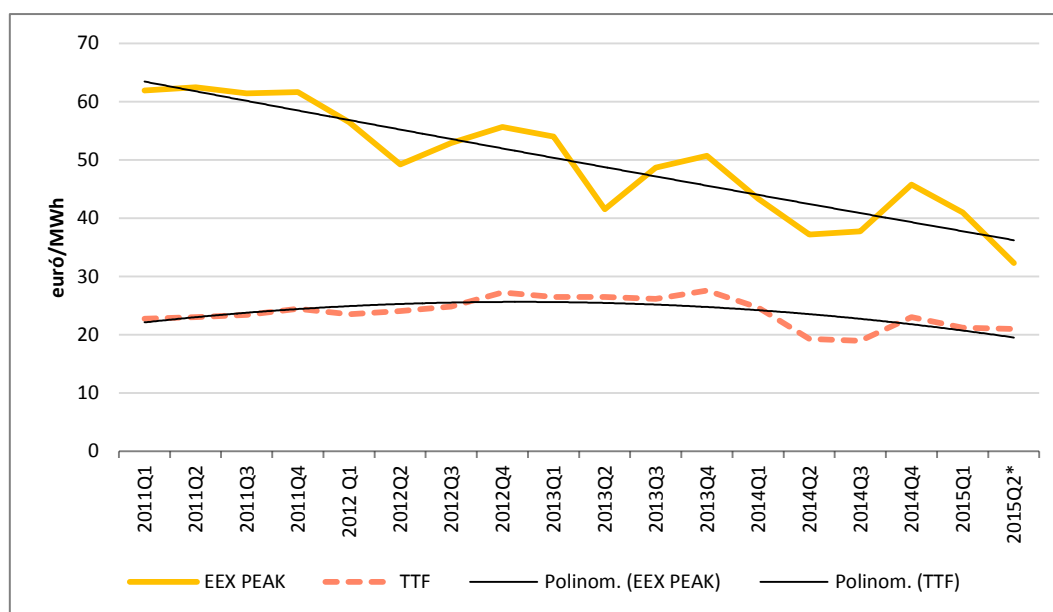
2. táblázat: A szén- és gázerőművek változó költségének vizsgálata során figyelembe vett paraméterek

	Hatásfok	Fajlagos szén-dioxid-kibocsátás
<b>Szénerőművek</b>	45%	0,8 tonna/MWh
<b>Gázerőművek</b>	60%	0,36 tonna/MWh

Forrás: 2011 Technology Map<sup>12</sup>

<sup>12</sup> 2011 Technology Map of the European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan) Technology Descriptions, European Commission.

6. ÁBRA: AZ EEX PHELIX PEAK INDEX ÉS A TTF-ÁR NEGYEDÉVENKÉNTI ALAKULÁSA



Forrás: Reuters, Századvég-számítás

\* A 2015 második negyedévére vonatkozó adatot az áprilisi és májusi árak alapján számoltuk ki.

Az európai tőzsdei villamosenergia-csúcstermék ára (EEX Phelix Peak) 2015 első negyedévében átlagosan 41 euró/MWh volt, április–május folyamán pedig rekordalacsony szintre süllyedt, alig haladta meg a 32 euró/MWh-t. Az első negyedévet jellemző átlagár 2014-ben még megawattónként 43, 2013-ban pedig 54 euró volt. Az április–májusi historikusan alacsony áramár pedig 5,5 euróval maradt el a 2014 második három hónapját és 9 euróval a 2013 második negyedévet jellemző szinttől.

A tőzsdei villamosenergia-ár 2011 óta folyamatosan csökkenő trendet mutat, valamint az ár éven belüli változásában sajátos trend alakult ki. Kínálati oldalon az árscsökkentés irányába hat a szén árának folyamatos mérséklődése, illetve a továbbra is alacsony szén-dioxid-kvótaár. A harmadik kínálati oldali tényező a fogyasztói árakon keresztül támogatott megújuló forrásból történő villamosenergia-termelés, amelynek értéke 2011 és 2014 között 30 százalékkal emelkedett az ENTSO-E<sup>13</sup>14 országaiban. A villamosenergia-fogyasztás ugyanakkor permanens zsugorodást mutatott az elmúlt években, hiszen az ENTSO-E országaiban 2014 folyamán regisztrált bruttó villamosenergia-fogyasztás értéke 2,2 százalékkal volt alacsonyabb a 2013-as, illetve 3,4 százalékkal a 2012-es értéknél. A csökkenő trend folytatódására utal, hogy 2015 első két hónapjában éves összevetésben tovább csökkent az európai villamosenergia-fogyasztás.

A megújuló forrásból történő villamosenergia-termelésen belül egyre nagyobb arányt képviselő fotovoltaikus áramtermelés felfutása az árak leszorítása mellett egy sajátos szezonalitást is indukált a tőzsdei árak éves lefutásában. A villamosenergia-ár ugyanis a

<sup>13</sup> Yearly Statistics & Adequacy Retrospect, ENTSO-E.

<sup>14</sup> Az Európai Unió mellett tagjai Macedónia, Montenegró, Norvégia, Svájc, Bosznia-Hercegovina.

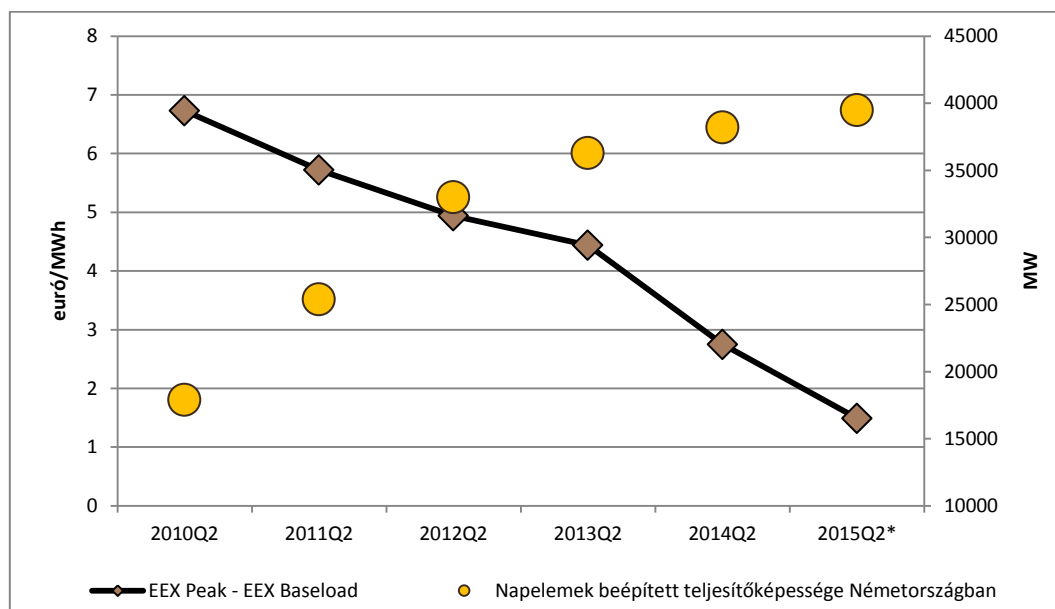
második és harmadik negyedév során lényegesen alacsonyabb, mint az első és negyedik negyedévben, e szezonális pedigr 2012 óta folyamatosan erősödik. A jelenség magyarázata az, hogy az egyre nagyobb beépített teljesítőképességű európai napelempark a második és harmadik negyedév során éri el termelése csúcsát, aminek révén túlkínálatot generál az európai villamosenergia-piacon, leszorítva az árakat. Ugyanakkor október–február folyamán a napelemek termelése drasztikusan visszaesik, az áramigényeket pedig a hagyományos, döntően fosszilis erőműveknek kell kielégíteniük, amelyek magasabb változó költsége miatt a villamosenergia-árak is lényegesen magasabbak a március–szeptember folyamán tapasztaltnál.

Az áramtermelő, földgáztüzelésű erőművek versenyképessége 2015 első negyedévében kismértékben növekedett, majd április–május folyamán historikus mélypontjára esett. A földgázerőművek kompetitivitását jól jellemzi az európai irányadó villamosenergia- és földgázár hányadosának értéke. Az EEX Peak/TTF hányados értéke 2015 első negyedévében 52 százalék volt, ami 5 százalékponttal alacsonyabb a 2014 első három hónapjában regisztrált értéknél. A földgázerőművek relatív piaci pozíciójának javulása az alacsonyabb földgázárból adódott. Április–május folyamán a villamosenergia-ár mélyrepülése következtében az EEX Peak/TTF hányados értéke egészen 65 százalékig emelkedett, amely mellett a nagy, akár 55 százaléknál magasabb hatásfokú, kombinált ciklusú gázerőművek sem képesek gazdaságosan termelni. Belátható, hogy a gázerőművek szerepköre jelenleg Európában a rendszerszabályozásra, illetve a távhőigények kiszolgálására szorítkozik, ennek megváltozása a következő években sem várható.

A napelemek terjedése ugyanakkor nemcsak a villamos energia árát, illetve az árak szezonális lefutását befolyásolja, hanem a villamos energia zsinór-, illetve csúcstermék ára közötti különbséget is. Ugyanis a napelemek a nap azon szakában termelnek áramot, amikor a villamosenergia-fogyasztás értéke is magasabb. Azaz a napelemek termelése éppen a magasabb áramigényű időszakban biztosít bőséges – illetve a fogyasztói árakon keresztül finanszírozás miatt – olcsó tőzsdei villamosenergia-kínálatot, amely révén letöri a csúcsidőszaki árakat. Különösen jellemző az említett jelenség a második negyedéves adatokra, hiszen április–június folyamán a napelemek termelése a hosszú nappalok és a napsugarak magasabb beesési szöge miatt lényegesen meghaladja a negyedik, illetve első negyedéves értéket, a villamosenergia-igény viszont jellemzően elmarad a harmadik negyedévitől. A 7. ábrán látható, hogy Németországban a napelemek beépített teljesítőképességének dinamikus felfutása következtében a csúcs- és a zsinórtermék ára közötti különbség értéke 2010 és 2014 között a második negyedévet vizsgálva közel 7 euró/MWh-ról 1,5 euró/MWh-ra esett. Éves átlagban pedig a két ár közötti spread 6,3-ról

3,15 euró/MWh-ra mérséklődött<sup>15</sup>. A csúcstermék árának esése végső soron csökkentheti a nappali és az éjszakai áram ára közötti különbséget (piaci árazás esetén).

7. ÁBRA: A VILLAMOS ENERGIA ZSINÓRTERMÉK (EEX PHELIX BASELOAD), ILLETVE CSÚCSTERMÉK (EEX PHELIX PEAK) ÁRA KÖZÖTTI KÜLÖNBSÉG VÁLTOZÁSA A NÉMET ÁRAMTŐZSDÉN



Forrás: Reuters, German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, Századvég-számítás

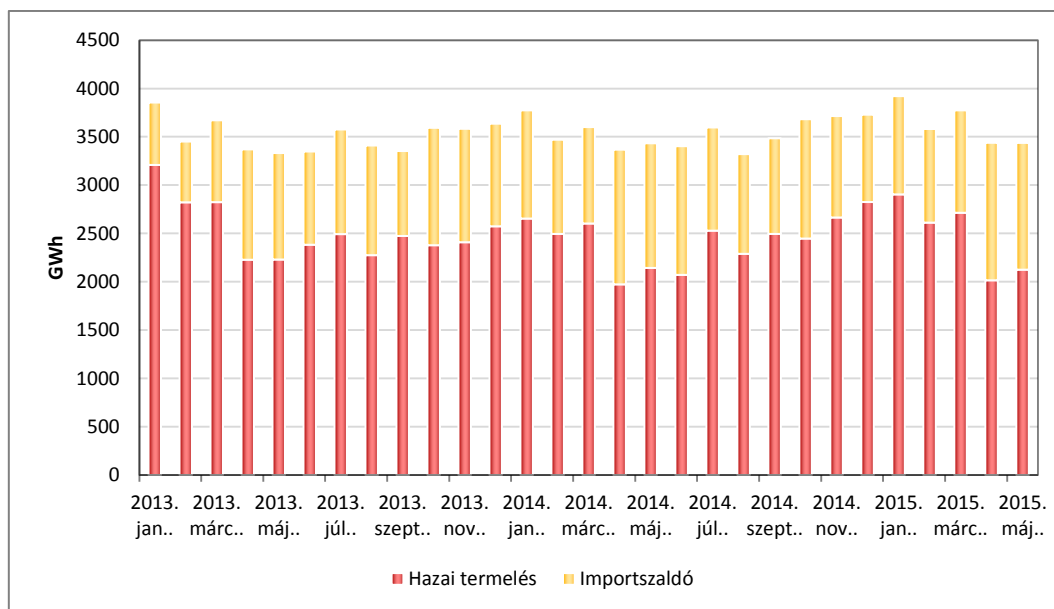
\* 2015. április-május

<sup>15</sup> Electricity Production and Spot-Prices in Germany 2014, Fraunhofer Institute.

## Hazai energiapiaci folyamatok

### A villamosenergia-piac alakulása

8. ÁBRA: A HAZAI VILLAMOSENERGIA-RENDSZER FORRÁSAINAK ALAKULÁSA



Forrás: MAVIR

A hazai bruttó villamosenergia-felhasználás 2015 első negyedében (illetve első négy hónapjában) ugrásszerű növekedést mutatott. Értéke 2015 első három hónapjában összesen 431 GWh-val, mintegy 4 százalékkal meghaladta a 2014 azonos időszakában tapasztaltat. Ez a növekedési ütem még az éves bázison számított 3,5 százalékos gazdasági növekedés és az ipari termelés közel 8 százalékos bővülése ellenére is meglepő, hiszen a tavalyi év folyamán hasonló gazdasági mutatók mellett az első negyedévben a villamosenergia-felhasználás 1,2 százalékos zsugorodása volt regisztrálható. Az áramigény növekedésének okai részben azonosíthatók.

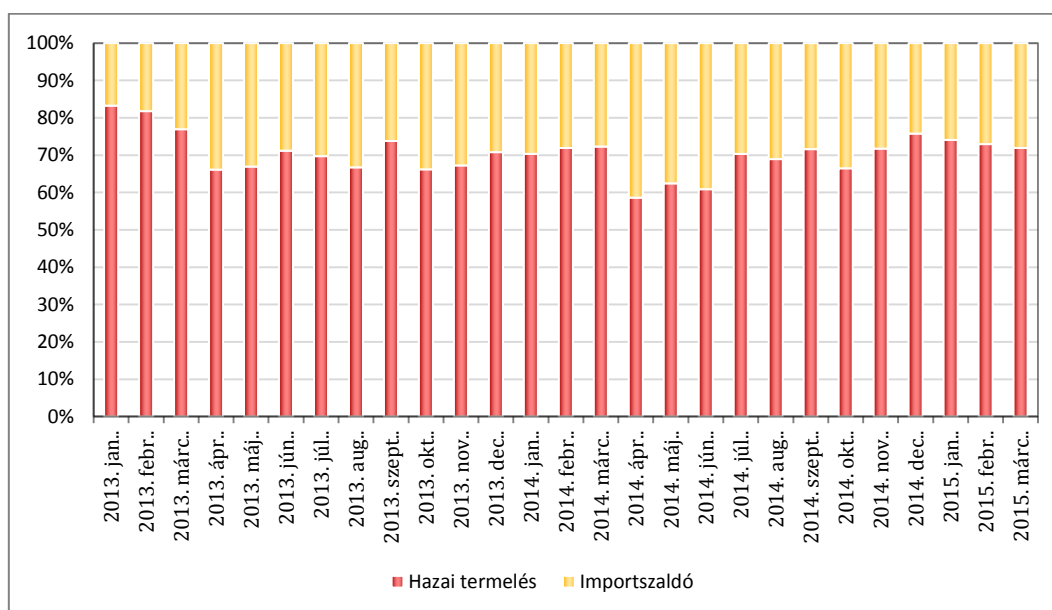
2015 első három hónapjában az átlaghőmérséklet 1–2,5 °C-kal alacsonyabb volt, mint 2014. január–március folyamán, ami a hőmérsékletfüggő áramkereslet növekedését okozta. A hazai erőművek magasabb termelése kismértékben növelte az erőművi önfogyasztást, ennek hatása azonban mindössze 15–20 GWh lehetett. A lakossági villamosenergia-fogyasztás a válság óta trendszerűen csökken. Tekintetbe véve a népességfogyást, valamint a világítótestek és háztartási gépek növekvő energiahatékonyságát, a folyamat megfordulása irreális feltételezés lenne. A villamos energia minimális árrugalmassága következtében az éves bázison 5,7 százalékos árcsökkenés sem befolyásolhatta jelentős mértékben a fogyasztói magatartást. A közlekedés esetében sem következhetett be számottevő áramfogyasztás-bővülés, például a 4-es metró negyedéves áramigénye nem éri el a 7 GWh-t.

A tercier szektorban az infokommunikáción kívül nem azonosítható olyan szegmens, amelynek villamosenergia-igénye jelentősen növekedhetett volna, azonban a teljes infokommunikációs szektor áramfogyasztása nem éri el az évi 400 GWh-t.

Tehát a villamosenergia-fogyasztás növekedésének az ipari szektorban kellett bekövetkeznie. Az ipari áramfogyasztás bővülése részben abból adódhatott, hogy míg 2014-ben a termelés bővülésében jelentősebb szerepe volt annak, hogy növekedett a meglévő kapacitások kihasználtsága, addig 2015-ben a 2014 folyamán aktivált jelentős mértékű új termelőkapacitás kezdte meg termelését (pl. ankook 3. ütem). Az ipari termelés növekedésének szerkezetében a két negyedévet összevetve kismértékű eltérés mutatkozik. A legnagyobb növekedési rátát mindkét időszakban az alacsony energiaintenzitású járműipar érte el, igaz, a bővülés üteme 2014-ben volt a magasabb. A villamosenergia-fogyasztásban magas részarányt képviselő gumi és műanyag és nemfém ásványi termék gyártása alágazat, illetve a kocszgyártás, kőolaj-feldolgozás alágazat bővülése 2015 első három hónapjában magasabb, a szintén jelentős áramfogyasztású nehézvegyiparé pedig kisebb mértékben bővült, mint 2014 azonos időszakában.

Az első negyedévben mutatott drasztikus áramfogyasztás-bővülés ismeretében meglepő, hogy májusban stagnált a hazai villamosenergia-felhasználás, hiszen a feldolgozóipari konjunktúra töretlen. Ez azt a feltételezést erősíti, miszerint az első negyedéves nagy növekedés a rendkívül alacsony bázisnak volt a következménye. Egy negyedév, illetve 5 hónap adataiból azonban nem lehet hosszú távú következtetést levonni, így a villamosenergia-fogyasztást a teljes 2015. évi adat ismeretében lehet majd adekvát módon értékelni.

9. ÁBRA: A VILLOMOSENERGIA-FORRÁSOK ÖSSZETÉTELE



Forrás: MAVIR

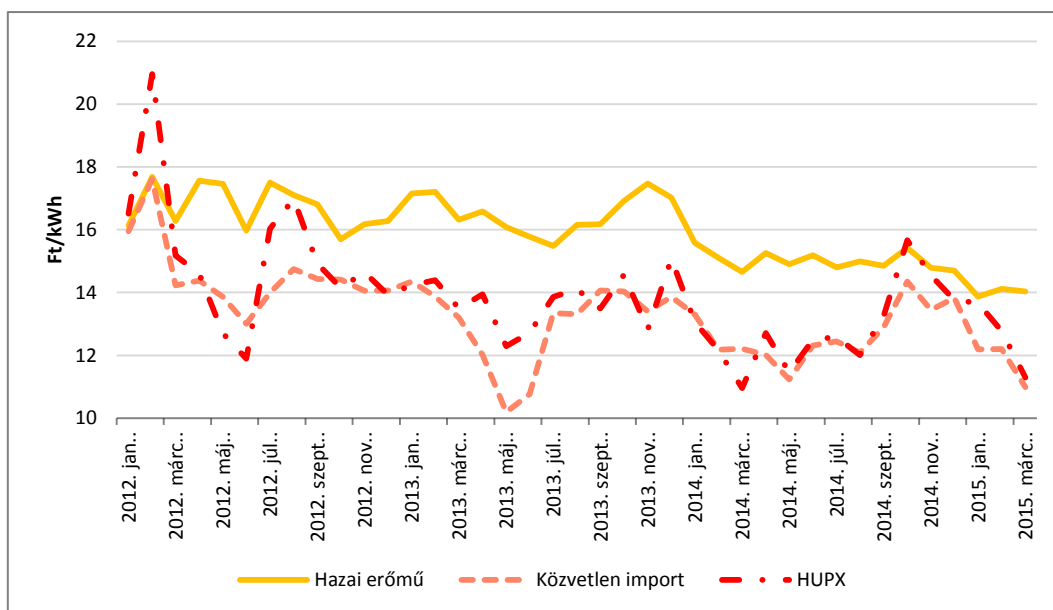


A hazai erőművi termelés 2015 első három hónapjában 478 GWh-val, azaz 6,2 százalékkal meghaladta a 2014 első negyedévit, ugyanakkor 7 százalékkal elmaradt a 2013 azonos időszakában tapasztalttól. A hazai erőművek villamosenergia-termelését a kapcsolt erőművek ártámogatásának kivezetését, az áramtőzsdék összekapcsolását, illetve az európai tőzsdei villamosenergia-árak drasztikus csökkenését követően a földgáz- és villamosenergia-ár hányadosa (menetrendtartó erőművek), az időjárás (távfűtésben részt vevő erőművek), valamint a Paksi Atomerőmű és a Mátrai Erőmű karbantartásának időzítése határozza meg. A 2015 első három hónapjában tapasztalt éves bázisú termelésnövekedés két forrásból táplálkozott. Egyrészt – ahogyan azt írtuk – 2015-ben a fűtési időszak átlaghőmérséklete 1–2,5 °C-kal alacsonyabb volt, mint 2014-ben, aminek következtében a kapcsoltan hőt és villamos energiát is termelő távfűtő erőművek áramtermelése bővült. Másrészt 2015. január–március folyamán az irányadónak tekinthető tőzsdei villamosenergia-ár/földgázár hányados is magasabb volt az egy évvel korábbinál (6. ábra), ami a nagy hatásfokú Gönyői Erőmű magasabb kihasználtsággal való üzemelését tette lehetővé. Ugyanakkor a Gönyői Erőműnél alacsonyabb hatásfokú, de rugalmasabb Dunamenti Erőműben továbbra sem folyik áramtermelés. A második negyedévben a hazai erőművi termelés jelentős visszaesése vetíthető előre, amit az április és májusi adatok alá is támasztanak. A csökkenés a Paksi Atomerőmű tervezett karbantartása, a fűtési időszak elmúltával a távfűtőerőművek alacsonyabb kihasználtsága, illetve a villamosenergia-ár mélyrepülése miatt visszaeső gázerőművi termelésből ered.

A villamosenergia-importszaldó értéke 2015 első negyedévében 1,5 százalékkal elmaradt az egy évvel korábitól, de továbbra is az áramigény 27 százalékát fedezte. A második negyedévben az áramimport ugrásszerű növekedése prognosztizálható.

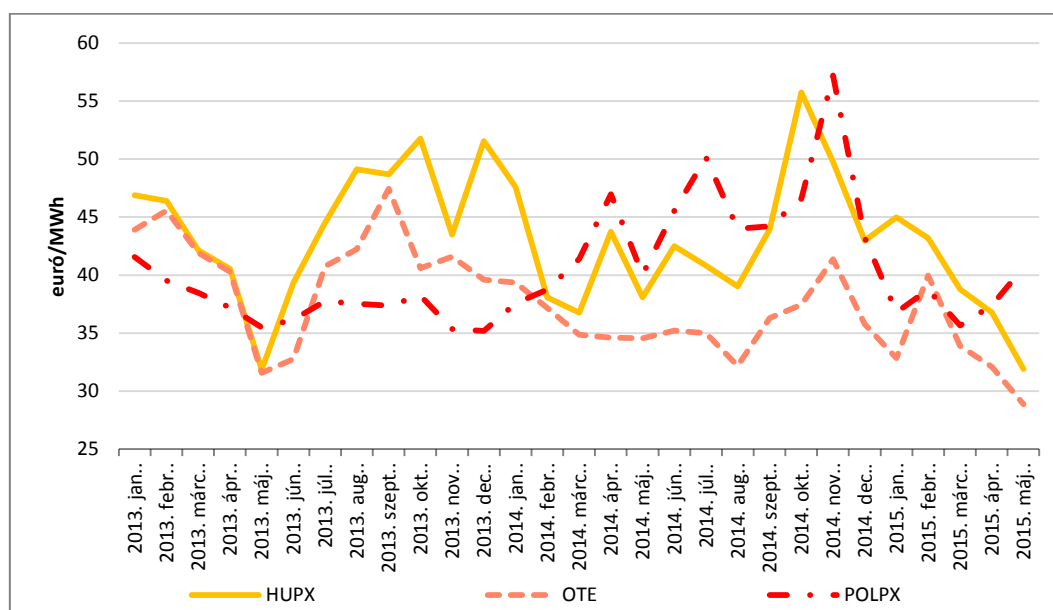
Az olcsó importáram beáramlása elősegíti a hazai feldolgozóipari vállalatok versenyképességét. Ahogyan a 10. ábrán látható, március és szeptember hónap között az európai megújulóenergia-termelés megnövekedése következtében a villamosenergia-importár, illetve az európai tőzsdei árakkal szinkronban (igaz, felár mellett – ld. 11. ábra) mozgó hazai tőzsdei áramár rendre lényegesen alacsonyabb, mint a hazai erőművek értékesítési ára. Ebben az időszakban a hazai ipar számára létfontosságú az olcsó áram importja. Október–január között a napelemek lecsökkent termelése következtében a nyugat-európai áramigényeket is többségében fosszilis erőműveknek kell kiszolgálniuk, így az importáram ára is növekszik, és megközelíti a hazai erőművek értékesítési árát. Érdemes megjegyezni, hogy a hazai erőművek által értékesített villamos energia ára az első három hónapban éves bázison több mint 1 Ft/kWh-val csökkent. A csökkenés mögött elsősorban az alacsonyabb gázár húzódhat meg, illetve szerepe lehetett egyes garantált áramátvételi szerződések lejártának, felülvizsgálatának is.

10. ÁBRA: A VILLAMOSENERGIA-KERESKEDŐK VÁSÁRLÁSI ÁRAI



Forrás: MEKH

11. ÁBRA: A MAGYAR (HUPX), A CSEH (OTE) ÉS A LENGYEL (POLPX) MÁSNAPI SZÁLLÍTÁSÚ VILLAMOSENERGIA-TŐZSDEI ZSINÓRÁRÁNAK ÖSSZEGETÉSE



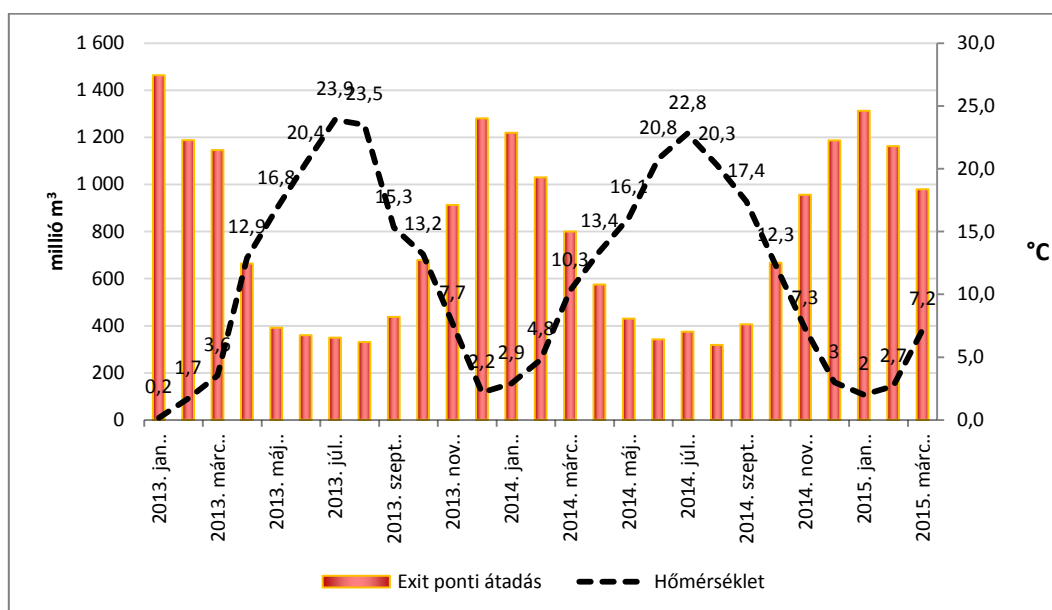
Forrás: Reuters

A hazai tőzsdei másnapi szállítású (spot – day ahead) villamosenergia-ár a cseh–szlovák–magyar tőzsde 2012. szeptemberi összekapcsolásának köszönhetően 2013 májusáig jó közelítéssel együtt mozgott a régiós árakkal (amelyek pedig a német tőzsdei árat követik le). Majd ezt követően a magyar tőzsdei spot ár értéke relatív növekedést mutatott a régiós árakhoz képest, 2014 végéig hektikusan változó 1–10 euró/MWh-s felár alakult ki. A felár 2015 első 5 hónapjában 3–5 euró/MWh-s szinten stabilizálódott. A szintén régiós

versenytárs, Lengyelország villamosenergia-tőzsdéje ugyanakkor egyelőre nem került összekötésre a cseh–szlovák–magyar–román tőzsdével. Ennek hiányában a lengyel tőzsdei ár nem konvergál a cseh (ezen keresztül a német) villamosenergia-árakkal, illetve nem tud profitálni az európai tőzsdei árak második és harmadik negyedévében bekövetkező jelentős csökkenéséből, ami hátrányos a lengyel energiaintenzív iparvállalatok számára. A lengyel tőzsde közép-európai áramtőzsdéhez való csatlakozásáról már döntés született. A jelentős, előregedett szénlerőműparkkal rendelkező Lengyelország számára nagy előnnyel szolgálhat a tőzsdék összekapcsolása, ugyanakkor az áramimport növekedése következtében feszültséget generálhat a hazai energetikai, illetve szénbányászati ágazatban.

## A földgázpiac alakulása

12. ÁBRA: BELFÖLDI SZÁLLÍTÓVEZETÉKI FÖLDGÁZÁTADÁS

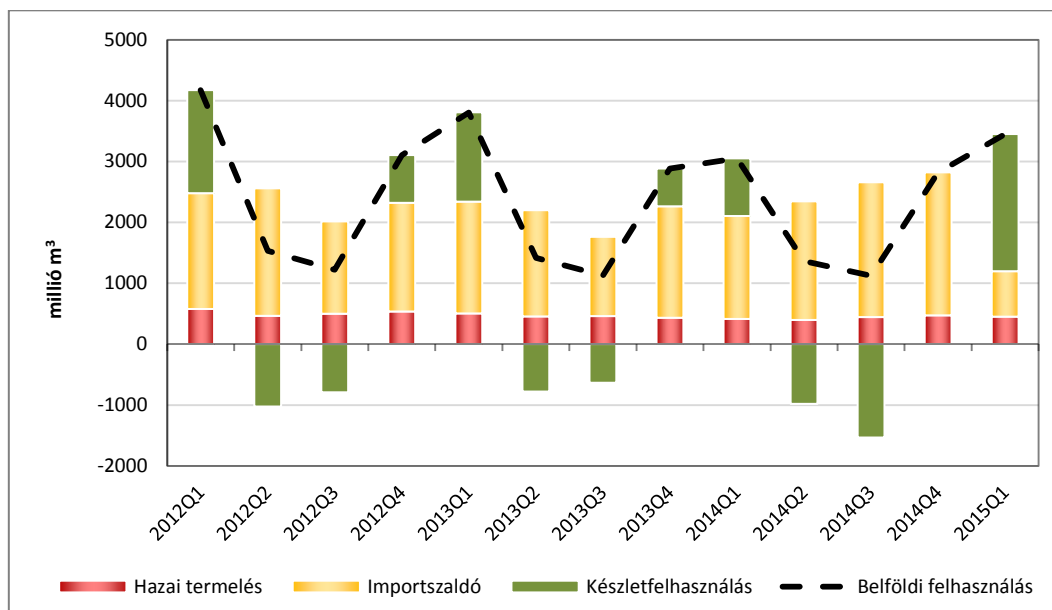


Forrás: MEKH

A teljes hazai földgázfelhasználás (exit ponti átadás) 2015 első negyedévében 405 millió köbméterrel, mintegy 13,3 százalékkal meghaladta az előző év azonos időszakában regisztrált értéket, ugyanakkor 342 millió köbméterrel elmaradt a 2013. január–március időszakát jellemző gázfogyasztástól. Az éves bázisú növekedés egyértelműen abból eredt, hogy míg 2014 első három hónapját historikusan enyhe időjárás, addig 2015 azonos időszakát a 2014-esnél 1–2,5 C-kal alacsonyabb átlaghőmérséklet jellemezte, aminek következtében megnövekedett a fűtési célú közvetlen gázfelhasználás, illetve a távfűtőerőművek gázfogyasztása.

A gázfelhasználásról szektorális bontású adat nem áll rendelkezésre. Az ipari termelés dinamikus növekedése 2014-ben a második és harmadik negyedévi (fűtési célú gázfelhasználást csak minimálisan tartalmazó), erőművi felhasználástól megtisztított gázfogyasztási adatok szerint nem vonta maga után az ipari gázigény emelkedését. Az ipar 2015. évi gázfogyasztási dinamikájának alakulására vonatkozóan az április–szeptemberi adatok alapján tudunk becslést adni.

13. ÁBRA: A HAZAI FÖLDGÁZFELHASZNÁLÁS FORRÁSSZERKEZETÉNEK ALAKULÁSA



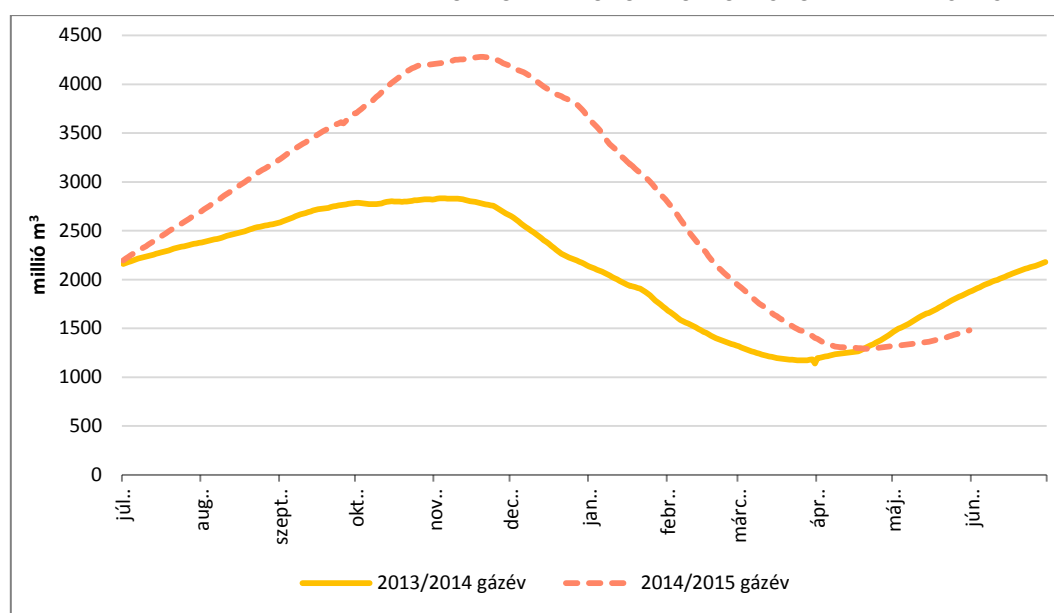
Forrás: MEKH, Századvég-számítás

A földgázimportszaldó értéke 2015. január–március folyamán a gázfelhasználás bővülése ellenére mindössze 747 millió köbméter volt, ami 944 millió köbméterrel kevesebb a 2014, és 1089 millió köbméterrel a 2013 azonos időszakát jellemző értéknél. A regisztrált importszaldó drasztikus csökkenése abból eredt, hogy 2015 első három hónapjában 1,3 milliárd köbméterrel emelkedett a tározókból származó földgáz felhasználása az egy évvel korábbihoz képest, betárolás pedig egyáltalán nem történt. A készletfelhasználás magas, illetve az importszaldó alacsony értéke azonban részben azzal magyarázható, hogy a Gazprom az első negyedév során értékesítette a 2014 végén betárolt 750 millió köbméternyi gázkészletét, elsősorban magyarországi és szerbiai vállalatok számára. Az FGSZ (illetve a MEKH) által közölt adatok a határokon keresztüli fizikai áramokra vonatkoznak, így a földgázstatisztikában a Gazprom magyarországi tározókból magyarországi vállalatoknak történő gázértékesítése készletfelhasználásként, és nem importként jelent meg. (A földgáztározók töltöttségét a későbbiekben részletesen elemezzük.)

Ugyanakkor az importszaldó csökkenése csak ideiglenes, hiszen a hazai kitermelés közel stagnáló értéke és az idei évre prognosztizálható enyhe gázfogyasztás-bővülés mellett a

tározók biztonságos szintre való feltöltése a 2014-es szintet elérő vagy azt meghaladó gázimportot tesz szükségessé. 2015 első három hónapjában 450 millió köbméter földgáz termeltek ki hazánkban, ami 9 százalékos növekedést jelent 2014 azonos időszakához képest. A hazai földgáztermelés 2009 és 2014 között folyamatosan csökkent, értéke 2014-ben közel 45 százalékkal maradt el az 5 évvel korábbtól. A 2014 utolsó, illetve 2015 első negyedében tapasztalt enyhe növekedés arra enged következtetni, hogy megállhat a negatív trend. A hazai kitermelés szempontjából ösztönzőleg hathat, hogy az olajár csökkenéséből következően mérséklődött a magyarországi bányajáradék mértéke<sup>16</sup>.

14. ÁBRA: A HAZAI FÖLDGÁZTÁROZÓK TÖLTÖTTségÉNEK ALAKULÁSA



Forrás: MMBF, Magyar Földgáztároló Zrt., Századvég-számítás

A jelentős tározói készletfelhasználás következtében a hazai gáztározókban lévő földgáz mennyisége 2015. április közepére 1300 millió köbméter alá esett vissza, ami átlagosan 20 százalékos töltöttséget jelent. A tározók feltöltése április közepén indult meg, és május második felére gyorsult a betárolási ütem napi 7–8 millió köbméterre. Június 1-jén a hazai gáztározók töltöttsége 23,5 százalék volt, ami elmarad az európai tározók 37 százalékos átlagos töltöttségétől. Megfigyelhető ugyanakkor, hogy Magyarország mellett számos nyugat-európai országban egészen június elejéig nem történt jelentősebb mértékű betárolás, hisz június 1-jén az Európai Gázinfrastruktúra Szövetség adatai alapján a német gáztározók kapacitásuk 36, az osztrák tározók pedig mindössze 20 százalékának megfelelő mennyiségű földgáz tartalmaztak.

<sup>16</sup> Az olajárnak a bányajáradék-számítás alapját képező kitermelt földgáz mennyisége után keletkező értékét, illetve a bányajáradék kulcsát (ún. „Brent-felár”) is befolyásolja.

A hazai földgázellátás biztonsága szempontjából nagy jelentőségű, hogy július 1-jén megindul a kereskedelmi szállítás a szlovák–magyar interkonnektoron, amelyen nem orosz forrásból származó gáz is eljuthat hazánkba. A vezetéken évente maximálisan 4,3 Mrd köbméter földgáz érkezhetsz Magyarországra, amely az 2014-as hazai földgázfelhasználás több mint fele. A Magyar Gáz Tranzit Zrt. pedig június elején meghirdette a gázvezeték-kapacitásait a 2015. július 1. és 2015. július 31. közötti időszakra.

## A napelemek hálózati hatásai

Jelen tanulmányunk egy három részes elemzéssorozat első része, amelyben a napelemek termelésének növekedéséből fakadó hálózati problémákat tárjuk fel. Szeptemberi kiadványunkban a problémák kezelésének több lehetséges eszközét vesszük górcső alá, a decemberi Energetikai monitorban pedig megvizsgáljuk a villamosenergia-hálózatok fejlesztésének költségeit.

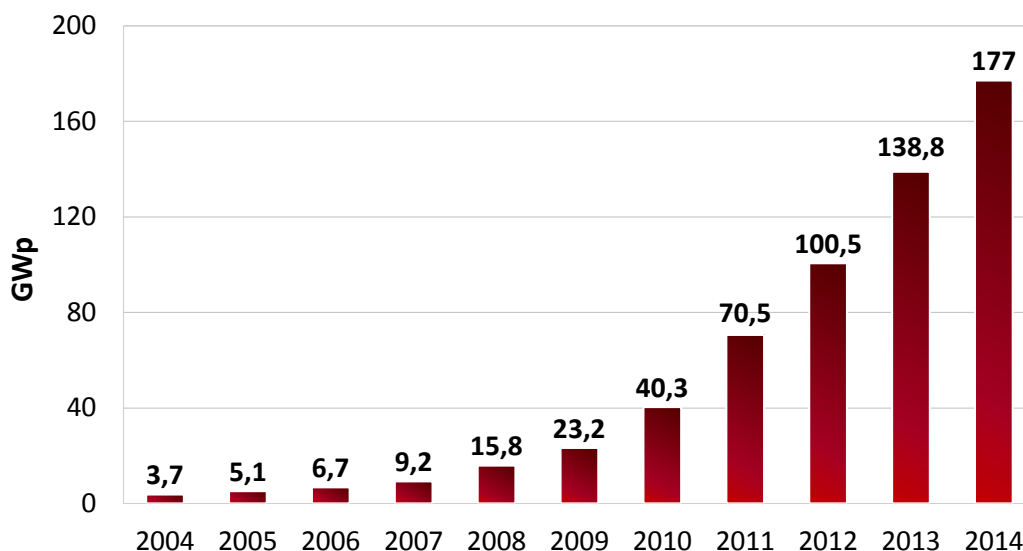
### Bevezetés

Napjainkban a megújuló energiaforrások használata egyre inkább meghatározóvá válik. Különösen kiemelkedő az utóbbi években dinamikusan fejlődő napelemes rendszerek térnyerése, melyek szén-dioxid-kibocsátás nélkül képesek villamosenergia-előállításra. Azonban a napelemek elterjedése a villamosenergia-rendszerben jelentősen befolyásolja a hálózat tervezését és üzemeltetését, ugyanis a napelemek számos nem kívánt hatást fejtenek ki a hálózatra. Ahhoz, hogy a villamosenergia-rendszerben növeljük a beépített napelemek összteljesítményét, ezeket a kedvezőtlen hálózati hatásokat első lépésként ki kell értékelni, majd megfelelő stratégiát kell találni azok enyhítésére. A hálózatra kifejtett kedvezőtlen hatások csökkentése érdekében számos eljárás alkalmazható, azonban ezen módszerek gazdaságossága jelentősen eltérhet. Jelen tanulmány célja, hogy áttekintést nyújtson a napelemekkel történő villamosenergia-termelés hálózatra kifejtett hatásairól, valamint azokról a stratégiákról, melyekkel a fellépő negatív hatások csökkenthetők.

### A napelemek helyzete a világban és hazánkban

A 2000-es évek eleje óta a napelemekkel történő villamosenergia-termelés erőteljes növekedést ért el – a nehéz gazdasági körülmények ellenére is –, és egyenes úton halad afelé, hogy meghatározó szerepet töltsön be a villamosenergia-előállítás területén. A tavalyi év végére a világon lévő napelemek összteljesítménye elérte a 177 GWp értéket, ami több mint 19-szerese az összes magyarországi erőmű beépített teljesítőképességének. Ennek a jelentős növekedésnek köszönhetően világszerte éves szinten hozzávetőleg 200 TWh villamos energiát termeltek a napelemek, ami több mint 55 millió háztartás éves fogyasztási igényeinek kielégítésére elegendő [1].

15. ÁBRA: A VILÁGON TELEPÍTETT ÖSSZES NAPELEMES BEÉPÍTETT KAPACITÁS ALAKULÁSA AZ ELMÚLT 10 ÉVBEN



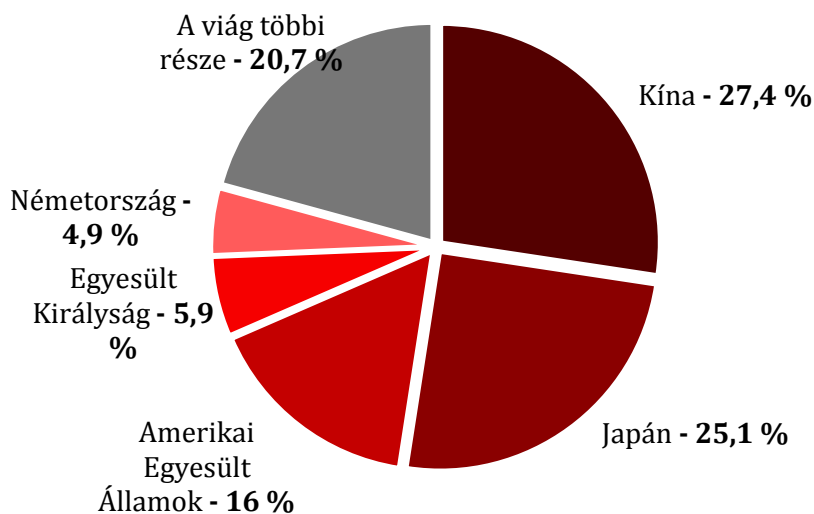
Forrás: International Energy Agency – Photovoltaic Power Systems Programme: 2014 Snapshot of Global PV Markets

Az elmúlt 10 évben végbemenő szignifikáns növekedés következtében a vízerőművek és a szélenergiák mögött a napelemek vehetők figyelembe a harmadik legjelentősebb megújuló energiaforrást felhasználó technológiaként a beépített összteljesítmény tekintetében. Amennyiben az Európai Unióban az évenkénti új telepítéseket helyezük előtérbe, akkor 2011-től kezdve a napelemek a szélenergiák mögött a második helyet foglalják el [1]. Látható tehát, hogy a napelemekkel történő villamosenergia-termelés az elmúlt néhány évben olyan intenzív növekedési tendenciát mutatott, melynek eredményeként ma már nem hagyhatók figyelmen kívül a villamosenergia-termelés területén.

A napelemek hálózatra telepítésében már a kezdetektől fogva az Európai Unió tagországai töltenek be vezető szerepet. Közülük is kiemelkedik Németország és Olaszország, ugyanis 2014 végére már 38,2 GWp, illetve 18,5 GWp napelemes beépített összteljesítménnyel rendelkeztek. Azonban az elmúlt néhány évben olyan tendencia figyelhető meg, melynek következtében az Európai Unió eddigi vitathatatlan első helyét ebben a tekintetben hamarosan elveszítheti. A jelenség alapvetően két tényezőből tevődik össze: egyrészt az EU tagországaiban mérséklődött az új napelemek beépítése, másrészt az ázsiai és észak-amerikai országokban jelentősen megnövekedett a napelemek iránti érdeklődés. A 2014-ben telepített napelemek teljesítményeloszlása is alátámasztja az említett folyamatot. A tavalyi évben 38,7 GWp új napelemet építettek be világszerte, melynek több mint felét Kína és Japán adja. A harmadik legnagyobb új beépített teljesítményt az Amerikai Egyesült Államok érte el, míg az Egyesült Királyság és Németország jócskán lemaradva tőlük képviseli az Európai Uniót. Az említett 5 államon kívül 2014-ben nem volt több olyan ország, ahol az új napelemes beépített teljesítmény meghaladta volna az 1 GWp határt [2].



16. ÁBRA: A 2014-BEN TELEPÍTETT NAPELEMELK TELJESÍTMÉNY SZERINTI ELOSZLÁSA



Forrás: International Energy Agency – Photovoltaic Power Systems Programme: 2014 Snapshot of Global PV Markets

Az adatokból az egyértelmű, hogy a napelemek elterjedésének dinamikája folyamatosan nő, valamint az is világosan látszik, hogy a napelemekkel történő villamosenergia-termelés fokozatosan kezd elterjedni az Európán kívüli földrészeken is. A folyamat fő okai visszavezethetők azokra a mozgatórugókra, melyek alapvetően meghatározzák a napelemek elterjedését:

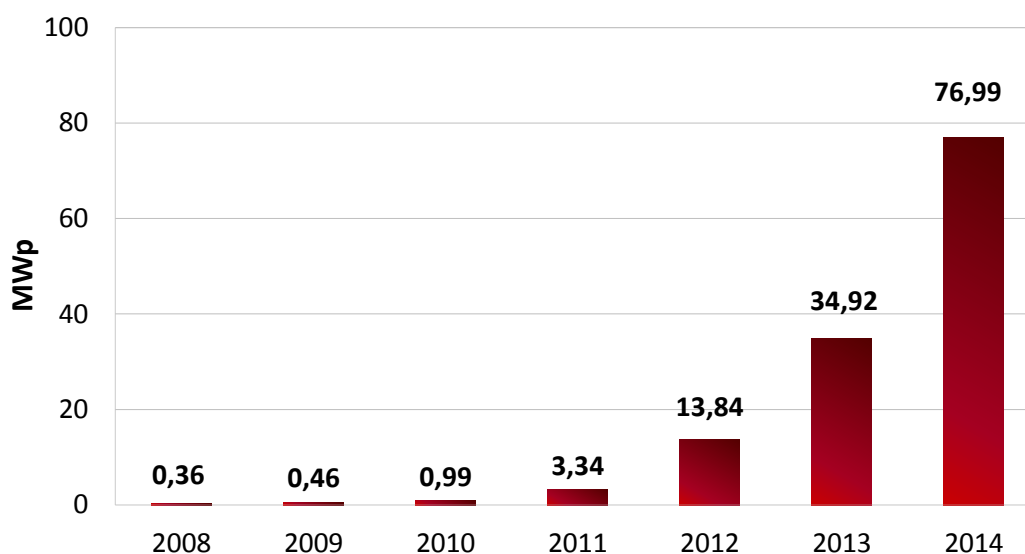
1. A technológiai fejlesztéseknek köszönhetően a **napelemes modulok ára drasztikusan csökkent** az elmúlt néhány évben. Amennyiben ez az árcsökkenés tovább folytatódik, akkor hamarosan a legtöbb országban a napelemek bárminemű támogatás nélkül is versenyképesek lesznek a többi technológiával szemben.
2. A **különböző támogatási rendszerekkel** olyan pénzügyi ösztönzés valósítható meg, melyekkel biztosítható egy napelemes beruházás megtérülése.
3. A **kedvező szabályozási környezet** megteremtésének következtében a hálózatra csatlakozás feltételei egyszerűvé válnak, valamint a csatlakozási eljárás gyorsítható és átláthatóvá tehető.

Az elterjedés mozgatórugói döntő szerepet játszottak az Európai Unió tagországaiban végbemenő folyamatokra is. A leginkább szembetűnő Olaszország esete, ahol a kedvező támogatási rendszer hatására 2011-ben 9,3 GWp új napelemet telepítettek. A termeléstámogatás megszüntetésének következtében ez az érték 2014-ben mindössze 0,4 GWp-nek adódott. A pénzügyi támogatások csökkentésének hatására a legtöbb európai országban hasonló tendencia figyelhető meg, vagyis az új napelemek telepítése elmarad a

korábbi években tapasztalhatótól. Ezzel ellenkezőleg Kínában, Japánban és az Amerikai Egyesült Államokban a kormányzati politika olyan támogatási rendszert és környezetet teremtett, melynek eredményeként a napelemek elterjedése erőteljes növekedésnek indult. Ezen országok fokozott érdeklődése a napelemekkel kapcsolatban nem véletlen, ugyanis a napelemek a versenyképességük javulásának következtében a többi villamosenergia-termelési technológia reális alternatívájaként jelentek meg. A versenyképesség növekedését egyrészt meghatározza az említett modulok árcsökkenése, másrészt a villamos energia árának várható emelkedése is, melyek együttes hatására a napelemek megtérülési idejének folyamatos csökkenése valószínűsíthető.

Annak ellenére, hogy 2008 óta több mint a tízszeresére nőtt az egész világon lévő napelemek beépített kapacitása, a napelemekkel történő villamosenergia-termelés továbbra is meglehetősen koncentrált, ugyanis kevesebb mint 40 ország rendelkezik említésre méltó beépített napelemes teljesítménnyel [2]. Jelenleg Magyarország sem tartozik ezen országok közé, mivel a hazai napelemek összteljesítménye meglehetősen alacsony. Holott amennyiben a magyarországi földrajzi adottságokat figyelembe vesszük, akkor hazánkban a napenergia felhasználására jóval kedvezőbbek a környezeti viszonyok, mint amik a világelsőnek tekinthető Németországban tapasztalhatók. Magyarországon potenciálisan a napenergiából nyerhető a legtöbb megújuló energia, ugyanakkor jelenleg a napenergia-hasznosítás terén van a legnagyobb szakadék a lehetőségek és a ténylegesen realizált energiatermelés között. Ugyanakkor az elmúlt évek adatait figyelembe véve látható, hogy hazánkban is növekedésnek indult a hálózatra csatlakozó napelemek összteljesítménye. A magyarországi elosztóhálózatot üzemeltetők adatai alapján 2008-ban 0,36 MWp, míg 2014-ben már közel 77 MWp beépített napelemes kapacitás vehető figyelembe hazánkban, vagyis **6 év alatt több mint a 200-szorosára növekedett a hazai napelemek beépített összteljesítménye** [3]. Bár ez a teljesítményérték még mindig alacsonynak tekinthető az adottságainkhoz képest, azonban abban az esetben, ha ez a dinamikus teljesítménynövekedés a következő éveket is meghatározza, akkor Magyarországon is egyre jelentősebbé válik a napelemek villamosenergia-termelésben való részaránya.

17. ÁBRA: A HAZAI NAPELEMES BEÉPÍTETT ÖSSZTELJESÍTMÉNY ALAKULÁSA 2008-TÓL



*Forrás: Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal: A háztartási méretű kiserőművek adatai a 2008 és 2014 közötti időszakra vonatkozóan*

Összefoglalva tehát megfigyelhető, hogy a napelemekkel történő villamosenergia-előállítás egyre inkább kezd hangsúlyos szerepet betölteni a villamosenergia-termelés területén. Ugyanakkor az is világosan látszik, hogy jelenleg a napelemek elterjedését alapvetően meghatározzák a rájuk vonatkozó támogatási rendszerek. A napelemek és a hagyományos energiahordozókat felhasználó termelési technológiák versenyképessége között folyamatosan csökken a különbség, aminek hatására rövid időn belül támogatás nélkül is versenyképesek lesznek a napelemek, ezért várhatóan további növekedésre kell számítani az elterjedésüket illetően. Magyarország esetében is hasonló tendencia figyelhető meg az elmúlt néhány évben. A beruházási támogatások és a szaldóelszámolás következtében a hálózatra csatlakozó napelemek beépített kapacitása jelentős növekedésnek indult. Abban az esetben, ha ez a növekedés tovább folytatódik, akkor a hazai hálózatokon sem hagyható figyelmen kívül a napelemek hálózatra kifejtett kedvezőtlen hatásai.

## A napelemek kedvezőtlen hálózati hatásai

### A hálózati hatások eredete

A napelemek elterjedése a villamosenergia-rendszerben jelentős befolyással bír a hálózat tervezésére és üzemeltetésére, ugyanis a napelemek számos nem kívánt hatást fejtenek ki a hálózatra. Első lépésként fontos áttekinteni a fellépő negatív hálózati hatások forrásait, ugyanis ez kulcsfontosságú előfeltétele azok hatékony csökkentésének. A napelemek hálózatra kifejtett hatásai alapvetően három fő okra vezethetők vissza. Természetesen nem minden esetben dönthető el egyértelműen, hogy az adott hatás minek következtében

keletkezik, azonban a következő „hármás lista” döntően meghatározza a napelemek hálózatra kifejtett kedvezőtlen hatásait:

1. A napelemek, mivel az esetek döntő többségében az elosztóhálózatra csatlakoznak, valamint viszonylag kis teljesítménnyel rendelkeznek, **elosztott energiatermelő egységnek tekinthetők**. Azonban az elosztóhálózat nem arra lett tervezve, hogy energiatermelő egységek kapcsolódjanak rá, ugyanis a közcélú elosztóhálózatokat hagyományosan az erőművekben megtermelt villamos energia elosztására alakították ki.
2. A napsütés – mint energiaforrás – egyik lényeges tulajdonsága, hogy rendelkezésre állása sztochasztikus jellegű, ennek következtében a napelemek által **betáplált teljesítményt is meghatározza a változékonyság**.
3. A hálózatra csatlakozó napelemek mindig tartalmaznak egy olyan teljesítményelektronikai eszközt, ami a modulok által megtermelt egyenáramot az áramszolgáltatók szigorú előírásainak megfelelő minőségű váltakozó árammá alakítja. Ez a teljesítményelektronikai eszköz az inverter, ami a modulok mellett a napelemes rendszerek legfontosabb komponense. Ugyanakkor az **inverterek működési jellege** is negatív hatásokat fejthet ki a hálózatra.

A napelemek hálózatra kifejtett kedvezőtlen hatásainak csökkentése érdekében alapvető szemléletváltásra van szükség mind a villamosenergia-rendszer tervezése, mind az üzemeltetése területén. A negatív hatások forrásai meghatározzák azt a paradigmaváltást, ami elengedhetetlen feltétele a napelemek eredményes hálózatba integrálásának:

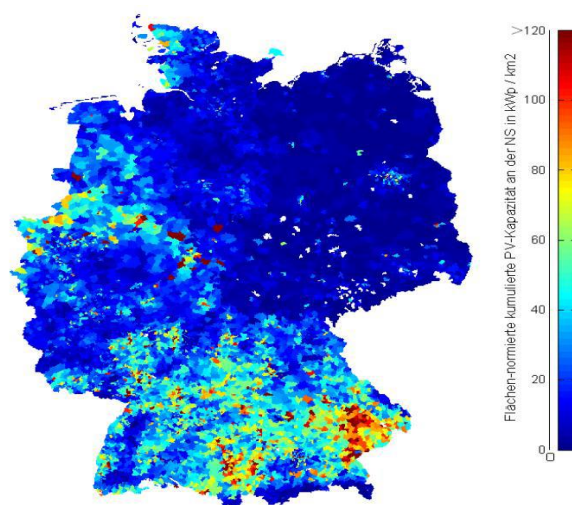
1. Az elosztott energiatermelés térnyerése következtében a korábban passzív elosztóhálózatok fokozatosan aktív hálózati részként vehetők figyelembe. Ennek következtében szükséges a hagyományos megközelítés – mely szerint a tervezés során szinte kizárólag méretezéssel biztosítják a megfelelő villamosenergia-minőség teljesülését – felváltása egy aktív és „smart” szemléletre. Ennek elengedhetetlen feltételei egy **valós idejű monitoringrendszer kialakítása**, valamint egy **kétirányú kommunikáció megvalósítása**, melyekkel az elosztóhálózat állapota folyamatosan nyomon követhető és irányítható.
2. A változékonyság kiküszöbölése érdekében szükség van olyan **termelés-előrejelzési módszerek alkalmazására**, melyekkel a napelemes betáplálás mértéke megfelelő pontossággal becsülhető. Ennek segítségével a napelemek termelése jobban tervezhetővé válik, különösképpen rendszer-irányítói szempontból.
3. A napelemek elterjedésének következtében egyre több inverteres csatlakozású termelőegységet fog tartalmazni a villamosenergia-rendszer. A rendszer minőségi jellemzőinek szabályozásában jelenleg nem vagy csak alig vesznek részt a

napelemek. A növekvő elterjedés hatására a napelemeknek várhatóan egyre nagyobb mértékben **részt kell vállalniuk a villamosenergia-rendszer minőségi jellemzőinek szabályozásában.**

## Hálózati hatások csoportosítása

A napelemek hálózatra kifejtett hatásai alapvetően két csoportba oszthatók aszerint, hogy a villamosenergia-rendszer mely részében okozzák azokat. Németország az egyik legjobb példa arra, hogy a két eltérő esetet célszerű külön kezelni. Németországban a hálózatra termelő napelemek körülbelül 70 százaléka csatlakozik a kisméretű, míg 25 százaléka a közepesfeszültségű elosztóhálózatra [4]. Ezek a hálózati részek azonban nem arra lettek tervezve, hogy aktív termelő egységek csatlakozzanak rájuk, ezért a napelemek hálózati hatásai elsősorban ezekben a hálózati részekben lépnek fel erőteljesen. Tovább árnyalja a képet, hogy ezeken a hálózatokon belül a rájuk csatlakozó napelemek száma területileg nem egyenlő, hanem nagymértékű heterogén eloszlást mutat. Németországban a déli, napsütéses órákban gazdagabb régiók, elsősorban Baden-Württemberg és Bajorország területeire koncentrálódik a teljes németországi napelemes kapacitás jelentős hányada. Ezekben a régiókban az elosztóhálózati engedélyesek már szembesültek a napelemek kedvezőtlen hálózati hatásaival. Ugyanakkor az elosztóhálózatot üzemeltetők tapasztalatai alapján a problémák fellépése a régiókon belül is jelentős eltéréseket mutat. Egyes hálózati részeket számottevően meghatározzák a napelemes betáplálás okozta hatások, míg más hálózati részekre ez nem jellemző. Ebből kifolyólag a hálózatra kifejtett hatások egyik csoportját a **lokális hatások** alkotják, melyek elsősorban közép-/kisméretű transzformátor ellátási körzetekben lépnek fel, továbbá azok mérséklése az elosztói engedélyesek feladata.

18. ÁBRA: AZ EGY NÉGYZETKILOMÉTERRE JUTÓ NAPELEMES TELJESÍTMÉNY ELOSZLÁSA NÉMETORSZÁGBAN



Forrás: Jens Jacobs: *Germany's Energiewende – Current and imminent challenges for the Transmission System Operator in Germany*

A napelemek által okozott lokális hálózati hatások a villamosenergia-rendszer működésének egészét is befolyásolhatják abban az esetben, ha a beépített napelemes kapacitás összemérhető az adott ország fogyasztási igényeivel. Németország esetében ez már teljesült, hiszen a németországi napelemek összteljesítménye közel a fele a teljes ország átlagos villamosenergia-rendszerterhelésének. Ilyen nagyságrend esetén már nem hagyható figyelmen kívül a hálózatra kifejtett hatások másik nagy csoportja, a **globális hatások**, melyek az adott ország villamosenergia-rendszerének egészére vonatkoznak, ennek megfelelően csökkentésük a rendszerirányító hatáskörébe tartozik [5].

## Lokális hálózati hatások

A napelemek villamosenergia-rendszerben való fokozatos elterjedésének első fázisára a lokális hálózati hatások megjelenése jellemző. Mivel Németországhoz hasonlóan Magyarországon is többnyire a kisméretű elosztóhálózatokra csatlakoznak a napelemek, ezért elsősorban ezen hálózati részekben kell számítani a kedvezőtlen hatásokra. Fontos megjegyezni, hogy a jelenlegi, alacsony beépített napelemes kapacitás ellenére – az elosztói engedélyesek tapasztalatai alapján – már érzékelhetők a lokális hatások. Az elterjedés növekedésével ezen hálózati hatások egyre több helyen és egyre nagyobb mértékben fognak megjelenni. A napelemek által okozott kedvezőtlen lokális hálózati hatások a következők lehetnek [4]–[9]:

- Az inverter nem képes tökéletes, csak alapharmonikus tartalmú szinuszos áramot előállítani, ezért **felharmonikusok** jelennek meg a hálózatba táplált váltakozó áramban. Ezek a felharmonikusok több nehézséget is okozhatnak a villamosenergia-rendszerben, elsősorban a villamosenergia-minőség területén. Az egyik legfőbb ilyen probléma abból ered, hogy a hálózat elemeinek nemcsak ohmos ellenállása, hanem kapacitása és induktivitása is van, ezért a különböző frekvenciájú áramokkal szemben egyrészt a rendszer impedanciája is eltérő lesz, másrészt ezen az impedancián létrehozott feszültségváltozás hatására torzulhat az alapjel. A harmonikusok még számos egyéb problémát okozhatnak a hálózatban. Rezonancia jelenhet meg egyes harmonikus rendszámokon, a hálózati elemek veszteségei megnövekedhetnek, téves védelmi működések léphetnek fel, továbbá az adatátviteli vonalakban zavarok keletkezhetnek, amennyiben felharmonikusok jelennek meg a betáplált váltakozó áramban.
- Mivel a legtöbb hálózatra termelő napelem viszonylag kis teljesítményű, ezért többnyire egyfázisú csatlakozással kapcsolódnak a hálózatra. Azonban a villamosenergia-rendszer háromfázisú szimmetrikus rendszer, ezért e csatlakozási mód következtében jelentősen eltérhet a szimmetrikus esethez képest a feszültség, vagyis **aszimmetria** léphet fel a hálózaton. A legkönnyebben úgy csökkenthető az aszimmetria, ha a napelemektől megköveteljük a háromfázisú csatlakozású inverterek használatát.

- Egy adott hálózat erősségét és robusztusságát jellemezhetjük a rajta fellépő zárlati áram nagyságával. Amikor zárlat lép fel az elosztóhálózaton, akkor a zárlati áramot nemcsak a villamosenergia-rendszer, hanem a hálózatra csatlakozó napelemek is táplálhatják. Ennek következtében az elosztóhálózatra csatlakozó napelemek **növelik a zárlati áram értékét**, ami jelentősen fokozza a hálózati elemek igénybevételét.
- A villamosenergia-rendszerben előfordulhat egy olyan, nem tervezett üzemállapot, amikor a hálózat egy része, függetlenül a többitől, önállóvá válik. Ez a **vétlen szigetüzem**, melynek során villamosenergia-minőséggel kapcsolatos problémák léphetnek fel. A legfontosabb közülük, hogy a fogyasztók számára nem biztosítottak a megfelelő frekvencia- és feszültségértékek. Ilyen üzemállapot fellépése esetén az inverterbe beépített védelem feladata, hogy a napelemet lecsatlakoztassa a hálózatról.
- A napelemek csatlakozása a többségében sugaras felépítésű elosztóhálózatra módosíthatja a korábban egyirányú teljesítményáramlást. A **fordított teljesítményáramlás** jelenségéről akkor beszélhetünk, ha a napelemek termelése nagyobb, mint a vele egy csatlakozási ponton lévő fogyasztók teljesítményigénye.
- Abban az esetben, ha egy adott transzformátor ellátási körzetében a napelemek betáplálása meghaladja a fogyasztási igényeket, akkor a kiefeszültségű hálózatból a magasabb feszültségű hálózati részek felé folyhat az áram, vagyis a nagymértékű fordított teljesítményáramlás **visszáramló energiát okozhat**, ami komoly hatásokkal lehet a hálózatra. Különböző védelmi berendezések léphetnek működésbe, amik akár leválaszthatnak fogyasztókat a hálózatról.
- Korábban az elosztóhálózatokat úgy alakították ki, hogy feltételezték annak passzivitását, azaz rájuk villamosenergia-termelő egység nem csatlakozik. Ilyen esetben az energia áramlása egyirányúnak tekinthető, aminek következtében a transzformátortól a fogyasztókig folyamatosan csökken a feszültség. Napjainkban ez a hálózati struktúra egyre inkább átalakulóban van, ugyanis a napelemek térnyerésével az elosztóhálózat fokozatosan kezd aktívá válni. A fordított teljesítményáramlás egyik legjelentősebb következménye, hogy a napelem csatlakozási pontján és a vezetéseken egyaránt **feszültségemelkedés** lép fel. A jelenség tipikusan a dél körüli órákban fordul elő, amikor alacsony terhelés mellett nagy a napelemek által leadott teljesítmény. Mivel ez a két feltétel legtöbbször teljesül – hiszen nappal a háztartások fogyasztása viszonylag alacsony, valamint kedvező időjárási körülmények között nagy a napelemek betáplált teljesítménye – ezért a feszültségemelkedés problémája viszonylag gyakran lép fel. Különösen szignifikáns a probléma a vidéki kiefeszültségű elosztóhálózatokon, amikre a hosszú vezetékek és a kis teljesítménysűrűség jellemző. A feszültségemelkedés jelensége egyre erőteljesebben lép fel, minél messzebb található a transzformátortól a napelem csatlakozási pontja.



- A napelem a beeső fény intenzitásától függő villamos teljesítmény leadására képes. A napsugárzás azonban számos környezeti paraméter függvénye. A legfontosabb közülük, hogy a gyors felhőátvonulások következtében a besugárzás is jelentős mértékben változhat. Ennek következtében a beeső fény intenzitását is a változékonyság jellemzi, vagyis az időjárás sztochasztikus jellege időben **változékonny kimeneti teljesítmény**hez vezethet.
- Az időben ingadozó kimeneti teljesítmény hatására a csatlakozási ponton és a vezetékeken egyaránt a **változékonyság** jellemzi a **feszültség** nagyságát. Az elosztóhálózatokon található feszültségszabályozó eszközök a sokszor előforduló feszültségváltozások miatt gyakrabban léphetnek működéskébe, amik egyrészt lecsökkenthetik azok élettartamát, másrészt megnövelhetik a karbantartási költségeiket.
- Mivel a hálózaton kialakult meddő teljesítményviszonyok és a feszültségek szorosan összefüggenek, ezért a gyakori feszültségváltozások **meddő teljesítményingadozás**hoz vezethetnek.
- Nagyobb napelemes rendszerek esetében nem hanyagolható el a **villogás** jelensége, amely definíciószerűen az időben változó fényességű vagy színképi eloszlású fényinger által okozott látásérzet-ingadozás, melyet a feszültség effektív értékének gyors és ciklikus változása okoz. A jelenség azért is különösen jelentős, mert közvetlen hatást gyakorol az emberi szervezetre (növeli a fáradékonyságot). Különböző időjárási jelenségek (fák árnyékolása, felhőátvonulás) következtében a feszültség és így a leadott teljesítmény jelentős mértékben, gyorsan és ciklikusan változhat.
- A napelemek elterjedése az elosztóhálózaton jelentősen megváltoztathatja a hálózaton keletkező veszteségek alakulását. Nagyobb napelemes rendszerek telepítése esetén a helyi fogyasztáson felül a hálózatba betáplált teljesítmény elszállítása a vezetékek többletterheléséhez vezethet, aminek eredményeként a **veszteségek** lényegesen **megnövekedhetnek**.

## Globális hálózati hatások

A napelemek által a hálózatra kifejtett globális hatások akkor léphetnek fel, ha a beépített napelemes kapacitás összemérhető az adott ország átlagos fogyasztási igényével. Ez jelenleg Magyarország esetében még nem teljesül, ugyanis a napelemek összteljesítménye közelítőleg 1,5 százaléka a villamosenergia-rendszer átlagos terhelésének. Nehéz pontos becslést adni arról, hogy mekkora elterjedtségi szintnél jelentkeznek majd a globális hálózati hatások, mivel viszonylag kevés ország rendelkezik releváns tapasztalattal ennek terén. A nemzetközi szakirodalmak, illetve az aktuális publikációk jellemzően a 10–20 százalékos értéket jelölik meg olyan határként, aminél a napelemek globális hálózati hatásai már nem hagyhatók figyelmen kívül. Ez Magyarország esetében hozzávetőleg az 500–1000 MW

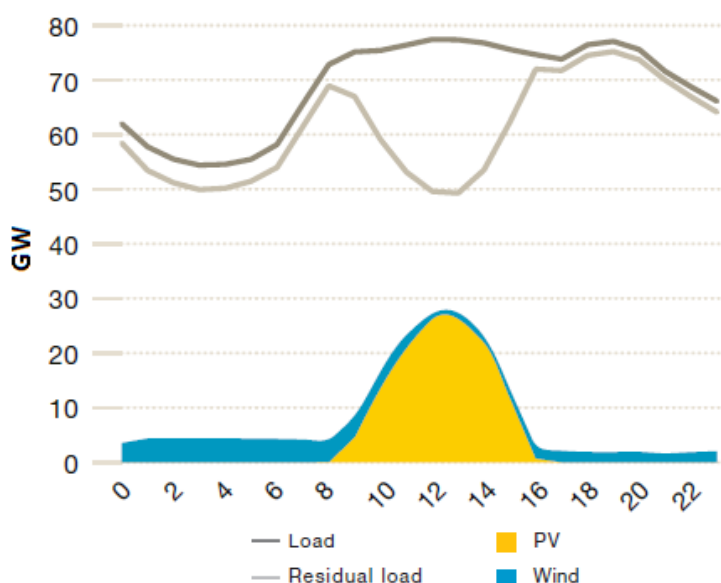


beépített napelemes kapacitást jelenti. Ilyen teljesítményértékek esetén a villamosenergia-rendszer üzemeltetésére és stabilitására is számottevő hatással lehetnek a napelemek, ezért a globális hálózati hatások kiértékelése és csökkentése a rendszerirányító hatáskörébe tartozik. A napelemek által okozott kedvezőtlen globális hálózati hatások a következők lehetnek:

- A villamosenergia-rendszer minőségi jellemzői közül az egyik legfontosabb a frekvencia, ami a szinkron generátorok forgási sebességének mértéke. A feszültségtől eltérően a frekvencia a rendszer minden pontján azonos, és értékére igen szigorú előírások vonatkoznak. A hálózaton keletkező hibák, illetve a termelés és fogyasztás közötti egyensúlytól való eltérések hatására a frekvencia folyamatosan ingadozik a névleges 50 Hz-es érték körül. A megfelelő sávon belüli tartása a rendszerirányító feladata, amit az átviteli hálózatra csatlakozó generátorok segítségével hajt végre. A frekvencia szabályozása egy többszintű eljárás, aminek az első része az azonnali beavatkozáson alapul. A villamosenergia-rendszer egyik alapvető tulajdonsága a generátorok forgó tömegéből származó nagymértékű tehetetlenség, ami közvetlen kapcsolatban áll a forgó tömegben tárolt kinetikus energiával. Hiba fellépése esetén minél nagyobb a rendszer inerciája, annál lassabban változik a frekvencia. Mivel a napelemek nem rendelkeznek forgó tömeggel, ezért minél több napelem váltja fel a hagyományos forgógépes termelési technológiákat, annál inkább csökken a rendszer tehetetlensége és azzal együtt a forgó tömegben tárolt kinetikus energia is. Ennek következtében a nagymértékű napelemes elterjedés jelentősen **csökkenti a villamosenergia-rendszer tehetetlenségéből fakadó frekvenciaváltozást csillapító hatást**, ami frekvenciastabilitási problémákhoz vezethet. Habár a jelenség elsősorban a gyengén összekapcsolt rendszerekben léphet fel erőteljesen, azonban a várható további napelemes beépített kapacitásnövekedés hatására már nem hagyható figyelmen kívül az európai összekapcsolt villamosenergia-rendszerben sem [10].
- A villamosenergia-rendszer üzemeltetésének meghatározó jellegzetessége, hogy a villamos energia váltakozó áram formájában nem tárolható. Ebből kifolyólag a termelésnek és a fogyasztásnak mindig meg kell egyeznie, ezért a rendszerirányító egyik fő feladata ennek az egyensúlynak a biztosítása. A napelemes elterjedtségi szint növekedésének hatására egyre nagyobb mértékben lesznek jelen az időjárástól függő és sztochasztikusan termelő egységek a villamosenergia-rendszerben. A változékonyság következtében a napelemek betáplálásának figyelembevétele egyre nagyobb kihívást jelent majd a rendszerirányító számára. A napelemek fokozatos térnyerésével párhuzamosan új megközelítésre van szükség a termelés-fogyasztás egyensúlyának biztosítása érdekében, aminek legfontosabb komponense a napelemes termelés előrejelzése. A fogyasztókhöz hasonlóan a napelemek termelés-előrejelzése is annál jobban becsülhető, minél több egységet veszünk figyelembe, vagyis a rendszer egészére vonatkozó bizonytalanság annál inkább csökken, minél

több napelem termelésére vonatkozik az előrejelzés. A jelenlegi előrejelzési módszerek alkalmazásával a becslés hibája 5–7 százalékra csökkenthető [11]. A rendszerirányítónak tehát egy **kismértékű bizonytalanságot** tudnia kell kezelni a **napelemes termelés figyelembevételekor**. Az előrejelzés bizonytalanságán túlmenően a napelemek fokozatos elterjedésének hatására a napi rendszerterhelési görbe is megváltozhat. **A dél körüli órákban**, amikor a napelemek betáplálása a legmagasabb, **a terhelési görbén jelentős csökkenés figyelhető meg**. Németországban már megtapasztalták az említett jelenséget, és a növekvő napelemes elterjedtségi szint hatására további rendszerterhelés-csökkenést prognosztizáltak. A 2020-ra vonatkozó németországi előrejelzések alapján a dél körüli órákban a rendszerterhelés elérheti a hajnali időszakra jellemző mélyvölgyi állapotot. A napelemek elterjedtségének fokozatos növekedésével valószínűsíthető, hogy az eddig érvényben lévő rendszerterhelési jelleggörbe helyett új karakterisztikát kell figyelembe venni, amiben a mélyvölgyi időszak a dél körüli órákban lép majd fel [11].

19. ÁBRA: A NAPELEMEK ÉS SZÉLERŐMŰVEK EGYÜTTESEN KIFEJTETT HATÁSA A NÉMETORSZÁGI VILLAMOSENERGIA-RENDSZER NAPI TERHELÉSI GÖRBÉJÉRE 2020-RA VONATKOZÓAN



*Forrás: European Photovoltaic Industry Association: Connecting the Sun: Solar photovoltaics on the road to large-scale grid integration*

## A hálózati hatások mérséklése

### Lokális hatások csökkentése

Egészen napjainkig az elosztói engedélyesek elsődleges feladata a megfelelő minőségű villamosenergia-ellátás biztosítása volt minden fogyasztó számára. A napelemek elterjedésének hatására ez a szerep egyre komplexebbé kezd válni. Az elosztói

engedélyeseknek új kihívásokkal kell szembenézni, amiket nagyrészt a sztochasztikusan termelő napelemek lokális hálózati hatásai okoznak. Németországban már évekkal ezelőtt megtapasztalták ezeket a kedvezőtlen hatásokat. A németországi tömeges napelemes elterjedés következtében az elosztói engedélyeseknek új megközelítésre volt szükségük a hálózat tervezése és üzemeltetése területén. Tapasztalataik alapján **a legnagyobb problémát a napelemek által előidézett feszültségemelkedés okozza** [12]–[15]. A jelenség egyrészt kiemelkedik a többi lokális hatás közül, másrészt egyre erőteljesebben lép fel a napelemek elterjedésének növekedésével, valamint a **további napelemek hálózatra csatlakozásánál is az elsődleges korlátot a feszültségemelkedés jelenti**. Ennek következtében a jelenlegi kutatások egyik fő területe a feszültségemelkedés csökkentésének lehetséges megoldásainak vizsgálata. A kutatások jelenlegi fázisában az általános álláspont szerint nincs egyetlen olyan optimális módszer sem, amit mindig alkalmazni lehetne a probléma enyhítése érdekében, helyette az elosztói engedélyeseknek minden esetben egyedi vizsgálatot célszerű végrehajtani. Fontos megjegyezni, hogy műszakilag jelenleg nincs akadálya a napelemek lokális hatásai csökkentésének, azonban az optimális stratégia megtalálása részletes vizsgálatot követel, melynél figyelembe kell venni az adott hálózati rész műszaki paramétereit, a fogyasztási igényeket és a napelemek elterjedtségének mértékét. Az elosztói engedélyesek a feszültségemelkedés mérséklése érdekében a következő módszereket alkalmazhatják [16]–[18]:

1. Hálózat megerősítése – *Grid reinforcement*
2. Terhelés alatt változtatható áttételű transzformátor – *On-load tap-changer transformer (OLTC)*
3. Hatásos teljesítmény korlátozása – *Active power curtailment*
4. Meddő teljesítmény szabályozása – *Reactive power control*
5. Elosztott energiatárolás – *Distributed energy storage*

### **Hálózat megerősítése**

Jelenleg a lokális hatások csökkentésének leggyakrabban alkalmazott módszere a hálózat megerősítése. Németországban, ha egy napelem műszaki okok miatt nem tud csatlakozni a hálózatra, akkor az illetékes elosztói engedélyes köteles megerősíteni a hálózatot és biztosítani a csatlakozáshoz szükséges feltételeket. A hálózat megerősítése lényegében a vezetékek és a transzformátor cseréjét foglalja magába. Nagyobb keresztmetszetű vezetékek alkalmazásával a kisebb impedancia következtében a feszültségemelkedés jelentős mértékben csökkenthető. Az ellátást biztosító transzformátor lecserélése egy korszerűbb és nagyobb teljesítményű egységre kedvező hatással van a napelemes betáplálás hatására fellépő túlterhelések mérséklésére. A vezetékek és a transzformátor cseréje végeredményében nagymértékben megnöveli a hálózat átviteli képességét. A hálózat megerősítése tehát egy igen hatékony módja a lokális hatások csökkentésének, ugyanakkor

rendkívül költséges eljárás is egyben, ezért alkalmazása elsősorban abban az esetben lenne célszerű, ha a többi módszer hatástalannak bizonyult.

### **Terhelés alatt változtatható áttételű transzformátor**

A terhelés alatt változtatható áttételű transzformátor különösen NaF/KöF feszültség szinteken alkalmazott berendezés, ugyanakkor Németországban már számos pilot projekt keretében olyan KöF/KiF feszültség szinteken is vizsgálták a módszer hatékonyságát, melyekre a magas napelemes elterjedtségi szint jellemző. Az OLTC transzformátor működésének lényege a fokozatkapcsolón alapul, melynek segítségével a transzformátor áttétele terhelés alatt változtatható, ezzel lehetővé téve a szekunder oldali (kis)feszültség szabályzását. A szekunder oldali sín induló feszültségét olyan értékre kell szabályozni, hogy a transzformátorból elmenő áramkörökön lévő összes fogyasztó részére megfelelő feszültség álljon rendelkezésre. A módszer egyik hátránya, hogy a hatékony működéshez kommunikációs infrastruktúrát kell kiépíteni, melynek segítségével a fogyasztók smart mérőkkel továbbíthatják csatlakozási pontjuk feszültségét az OLTC transzformátornak, amiből a fokozatállítást meghatározhatják. A módszer másik fő hátránya, hogy heterogén napelemes eloszlás esetében a feszültség szabályzása jelenleg nem megoldott probléma. A KöF/KiF ellátási körzeteket az esetek jelentős részében ilyen heterogén eloszlás jellemzi, vagyis egyes elmenő áramkörökre számos napelem csatlakozik, míg a többire nem kapcsolódik egy sem. Ilyenkor az OLTC transzformátor a szabályzás során nem tudja biztosítani, hogy a feszültség nagysága a megengedett sávon belül maradjon a napelem nélküli és a napelemekkel rendelkező áramkörökben egyaránt.

### **Hatásos teljesítmény korlátozása**

A kisméretű elosztóhálózatok egyik jellemzője a viszonylag magas R/X arány, aminek következtében ezek a hálózati részek alapvetően rezisztív jellegűek, ezért a napelemek által betáplált hatásos teljesítmény és a hálózat feszültségviszonyai között erős kapcsolat áll fenn, amit a feszültségemelkedés mérséklésében is hatékonyan fel lehet használni. Ezt felismerve Németországban a 2012 után csatlakozó napelemeknek rendelkezniük kell olyan funkcióval, melynek segítségével az elosztói engedélyesek korlátozhatják a napelemek által a hálózatba betáplált hatásos teljesítmény mértékét. A módszer lényege, hogy a napelemes csatlakozási pont feszültségének függvényében egy előre meghatározott karakterisztika szerint lineárisan csökken a hálózatba betáplált hatásos teljesítmény. A mai modern inverterek segítségével ez a funkció egyszerűen megvalósítható. Annak ellenére, hogy a hatásos teljesítmény korlátozásával jelentősen csökkenthető a napelemek által okozott feszültségemelkedés, a módszer alkalmazásával kapcsolatban számos kérdés merül fel. Egyrészt az EU energiapolitikai célkitűzéseivel ellentétes hatást fejt ki a napelemek által betáplált hatásos teljesítmény korlátozása, ugyanis a módszer számottevő zöldenergiát használ fel szabályzási célokra. Másrészt a napelem-tulajdonosok így jelentős bevételtől eshetnek el, hiszen az elszámolások alapját a betáplált hatásos teljesítmény adja. Ráadásul egy adott hálózati

részben ez a bevételecsökkenés különböző mértékben lép fel az egyes napelem-tulajdonosok között az eltérő hálózati feszültségviszonyok következtében.

### **Meddő teljesítmény szabályzása**

A villamosenergia-rendszer nagyobb feszültségű hálózati részeit a kicsi R/X arány jellemzi, aminek következtében a meddő teljesítmény és a feszültség között szoros kapcsolat áll fenn. Ezt az összefüggést feszültség szabályozási célokra hatékonyan fel is használják, elsősorban a nagy- és középfeszültségű hálózati részeken. A meddő teljesítmény fogyasztásával, illetve termelésével a hálózati feszültség nagysága nagymértékben befolyásolható. Az elmúlt néhány évben a napelemek inverterei többek között olyan funkcióval is bővültek, aminek következtében képesek meddő teljesítményt fogyasztani vagy előállítani, miközben hatásos teljesítményt táplálnak a hálózatba. Ennek a funkciónak a felhasználásával a napelemek részt tudnak venni az általuk okozott feszültségemelkedés csökkentésében. Ezt felismerve a németországi hálózati csatlakozásra vonatkozó előírások már 2012 óta tartalmazznak olyan kritériumokat, amik megkövetelik a napelemektől, hogy a csatlakozási teljesítményüktől függő mértékben vegyenek részt a feszültség szabályozásában. Az előírások rögzítik ugyan a szabályzásban való részvétel mértékét, ugyanakkor a szabályzási stratégia meghatározása az elosztói engedélyes feladata. Ennek segítségével az adott hálózati szituációhoz a leginkább megfelelő módszer alkalmazható. A gyakorlatban kétféle szabályzási stratégia terjedt el, amiket kifejezetten az időben változó termelésű napelemek esetén ajánlott alkalmazni:

1.  $\cos(P)$ : a módszer alapja, hogy az inverter a teljesítménytényezőjét a pillanatnyilag betáplált hatásos teljesítmény függvényében állítja be. A  $\cos\varphi(P)$  stratégia lényegében a napelemek magas hatásos teljesítménybetáplálását és a feszültségemelkedés jelenségét társítja egymáshoz. Ennek megfelelően a szabályzás bemenete csak a hatásos teljesítmény nagyságát foglalja magába, vagyis a szabályozni kívánt jellemzőről, azaz a feszültségről nem tartalmaz visszacsatolást, aminek következtében a  $\cos\varphi(P)$  szabályzás nem optimális.
2.  $Q(U)$ : a módszer lényege, hogy az inverter méri a csatlakozási pont feszültségét, majd annak függvényében állítja be a szabályzáshoz felhasznált meddő teljesítményt. A szabályzás tehát tartalmaz a feszültségről visszacsatolást, ezáltal a  $Q(U)$  eljárás közvetlenül képes reagálni a hálózaton bekövetkező feszültségváltozásokra. A módszer hátránya, hogy a szabályzási karakterisztika kialakítása jóval bonyolultabb feladat, mint a  $\cos\varphi(P)$  stratégia esetében, azonban a  $Q(U)$  módszer alkalmazása esetén a szabályzáshoz felhasznált meddő teljesítmény mennyisége optimalizálható. A hatékonysága miatt a következő években várhatóan egyre inkább meghatározó szerepe lesz a  $Q(U)$  stratégiának.

A  $\cos(P)$  és  $Q(U)$  módszerek közös jellemzője, hogy az elosztói engedélyesek által meghatározott szabályzási karakterisztika könnyedén implementálható az inverterbe,

valamint a működtetéshez nem szükséges kommunikációs infrastruktúra kiépítése. A szabályzások alkalmazása ugyanakkor megköveteli az inverter túlméretezését, ugyanis csak így biztosítható, hogy maximális hatásos teljesítményű betáplálás esetén is képes legyen az inverter meddő teljesítményt előállítani. A módszerek további hátránya, hogy a szabályzáshoz felhasznált meddő teljesítmény megnöveli a hálózati veszteségeket és csökkenti az átviteli kapacitást. A  $\cos\varphi(P)$  és a  $Q(U)$  stratégiák alkalmazása esetén figyelembe kell venni, hogy a kisfeszültségű elosztóhálózatokon az  $R/X$  arány viszonylag nagy, ezért a meddő teljesítménynek kisebb hatása van a feszültség alakulására, mint a hatásos teljesítménynek.

### **Elosztott energiatárolás**

A feszültségemelkedés tipikusan a dél körüli órákban fordul elő, amikor alacsony terhelés mellett nagy a napelemek által leadott teljesítmény. Kézenfekvő megoldás a fogyasztáson felüli napelemes többleteljesítmény eltárolása egy erre a célra alkalmas energiatároló berendezéssel. Az így eltárolt energiát fel lehet használni abban az esetben, amikor a fogyasztási igények meghaladják a napelem termelését. Lényegében az energiatárolás alkalmazásával a napközbeni magas napelemes betáplálás időben eltolódik a kora esti magas terhelési időszakra. Ezt a tárolási stratégiát – a napelemekre jellemző teljesítményértékek és a kisütési időtartamok hossza miatt – az esetek többségében akkumulátoros technológiával célszerű megvalósítani. A napelemes termelés időbeli eltolásának egyik nagy előnye, hogy az energiatárolóval rendelkező fogyasztónak jelentős mértékben csökken a hálózatról felvett és a betáplált teljesítménye egyaránt, aminek következtében a hálózatra kifejtett lokális hatások is számottevően mérséklődnek. Jelenleg az energiatárolás alkalmazásának legnagyobb korlátját a magas költségek jelentik, azonban ezen a téren is fokozatos csökkenés figyelhető meg. Várhatóan a következő évtizedek egyik kulcsterülete lesz az energiatárolás alkalmazása a villamosenergia-rendszerben, aminek segítségével az időben változó termelésű napelemek egyre nagyobb számban integrálhatók majd a hálózatba.

### **Globális hatások csökkentése**

A napelemek által a villamosenergia-rendszer egészére kifejtett globális hatások mérséklése többnyire még csak elméleti szinten létezik, mivel eddig igen kevés ország rendelkezik olyan mértékű napelemes beépített kapacitással, ami komolyabb beavatkozást igényelne. A problémák várhatóan a következő évtizedekben lépnek majd fel erőteljesebben. A lokális hálózati hatások csökkentési stratégiáival ellentétben a globális hatások mérséklése területén jelenleg még nincsenek olyan tapasztalatok, amik világosan körülhatárolnák az optimális módszer kiválasztását. Azonban az elmúlt néhány évben a különböző kutatások egyre inkább előtérbe helyezik a rendszer egészére vonatkozó problémákat és azok kezelésének módjait. A tanulmányok alapján a globális hatások csökkentésének vizsgálatában célszerű külön kezelni a hálózati frekvenciára és a terhelési görbére kifejtett hatásokat, ugyanis ezen hatások mérséklése alapvetően eltérő szemléletet igényel.

A frekvencia stabilitására kifejtett kedvezőtlen hatások csökkentése a virtuális inercia megközelítésén alapul. A koncepció két módszerrel valósítható meg [19], [20]:

1. Csökkentett üzem – *Deloaded operation*
2. Energiatárolás – *Energy storage*

### **Csökkentett üzem**

A napelemek elterjedésének következtében egyre kevesebb forgó tömeggel rendelkező termelő egység vesz majd részt a frekvencia szabályozásban. Azonban abban az esetben, ha a napelemes rendszer kiegészül egy további, gyors reagálásra képes szabályzási körrel, akkor a forgó tömegben tárolt kinetikus energia frekvenciaváltozást csökkentő hatása megvalósítható. A kiegészítő szabályzás lényege, hogy az inverter által beállított maximális teljesítményű munkaponttól (*MPP*) eltérően egy csökkentett teljesítményű módban üzemel a napelem. Ez egyszerűen végrehajtható a napelemcellák optimális egyenfeszültségtől eltérő beállításával. Az így keletkező teljesítménytartalék felhasználható frekvenciaszabályozási célra. Lényegében a csökkentett üzemmód következtében a forgó tömeggel rendelkező termelő egységek azonnali frekvenciaszabályozása megvalósítható napelemek esetében is. A módszer hátránya, hogy a napelemek által előállított villamos energia mennyisége nem lesz maximális, hiszen a csökkentett üzemmód esetén a napelemek nem az optimális munkapontjukban üzemelnek.

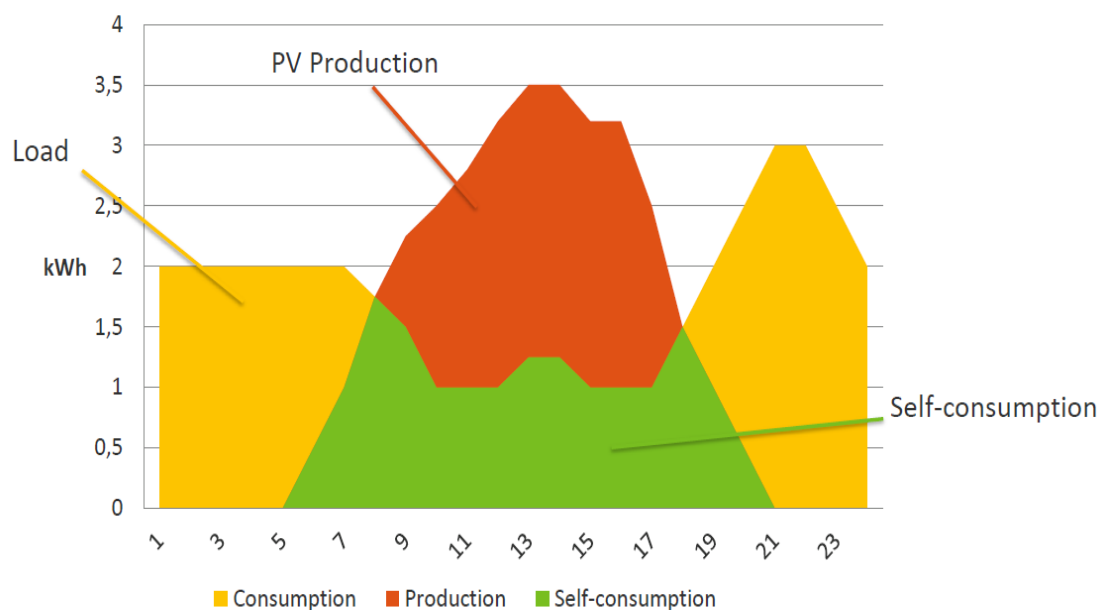
### **Energiatárolás**

A virtuális inercia koncepciója energiatároló berendezéssel is megoldható. Abban az esetben, ha a napelemes rendszer kiegészül egy energiatárolóval, akkor a forgó tömegben tárolt kinetikus energia frekvenciaváltozást csökkentő hatása megvalósítható. Az erre a célra leginkább megfelelő technológia a különféle akkumulátorok, mivel az esetek többségében gyors reakció képességgel rendelkeznek, valamint jól illeszkednek a napelemekre jellemző teljesítményértékekhez. A frekvenciaszabályozáshoz szükséges teljesítménytartalékokat ilyenkor az akkumulátorok biztosítják. A napelem és az energiatároló berendezés együttes üzemének alapvető szükséglete az összehangolt működés, ugyanis csak így valósítható meg, hogy az akkumulátorok a töltésükkel vagy kisütésükkel részt vegyenek a frekvencia szabályozásban. Az energiatárolás alkalmazásának egyik nagy előnye, hogy a napelemek a maximális teljesítményű munkapontban üzemelhetnek, miközben a virtuális inercia koncepciója által részt vesznek a frekvencia szabályozásban.

A frekvencia stabilitására gyakorolt kedvezőtlen hálózati hatásoktól alapvetően eltérő megközelítésre van szükség a napelemek terhelési görbére kifejtett hatásainak vizsgálatakor. A rendszerterhelésre vonatkozó hatások csökkentése azon a koncepción alapul, hogy a napelemes termelési és a magas fogyasztási időszakok időben közelebb kerülnek egymáshoz, ezzel növelve a fogyasztási igények saját előállításból való mértékét (*self-consumption*).



20. ÁBRA: EGY NAPELEMMEL RENDELKEZŐ CSALÁDI HÁZ NAPI FOGYASZTÁSI ÉS TERMELÉSI GÖRBÉJE



*Forrás: Marie Latour: Net-Metering and Self-Consumption Schemes in Europe*

A koncepció kétféleképpen valósítható meg. Egyrészt a napelemes többletermelés időben eltolható a magas terhelési időszakokra, jellemzően a kora esti órákra, másrészt a fogyasztás is átütemezhető a dél körüli, nagy napelemes betáplálás idejére. Ezek alapján a rendszerterhelésre kifejtett hatások csökkentésének lehetséges módszerei [11], [21]–[23]:

1. Energiatárolás – *Energy storage*
2. Fogyasztó oldali befolyásolás – *Demand side management*

### **Energiatárolás**

A terhelési görbére kifejtett hatások mérséklésének egyik kézenfekvő megoldása a napelemek által termelt többletenergia eltárolása, majd felhasználása a magas fogyasztási időszakokban. Ennek megvalósítására alapvetően két eltérő stratégia alkalmazható. Centralizált energiátárolással a dél körüli órákban fellépő napelemes betáplálás eltárolható egyetlen nagy kapacitású és hosszú kisütési idővel rendelkező energiátároló berendezéssel. Az így eltárolt energiát a nagy terhelési időszakokban fel lehet használni, amivel a terhelési görbe maximuma jelentősen csökkenthető. Ehhez a leginkább megfelelő technológia a szivattyús-tározós erőmű, amit már évtizedek óta használnak a villamosenergia-rendszerben, többek között a terhelési görbére gyakorolt kedvező hatásai miatt. A centralizált energiátárolástól eltérően a decentralizált stratégia esetén minden fogyasztó rendelkezik egy energiátárolásra alkalmas berendezéssel, amivel a fogyasztását meghaladó napelemes többletermelés eltárolható. Az így eltárolt energia felhasználható akkor, amikor a napelemes termelés nem elegendő a saját fogyasztási igények kielégítésére. A decentralizált energiátárolási stratégia megvalósítására a leginkább megfelelő technológiák a különböző



akkumulátorok. Fogyasztói szempontból az elosztott energiatárolás egyik legnagyobb előnye, hogy alkalmazásával a saját fogyasztási igények közel 70 százaléka előállítható kizárólag a napelem által termelt villamos energiából [11]. Mind a centralizált, mind a decentralizált tárolási stratégiának rendszerirányítói szempontból kedvező tulajdonsága, hogy hatására a terhelési görbe kisimul, valamint a maximuma és minimuma közötti különbség kisebbé válik, ami óriási gazdasági előnyökkel jár.

### **Fogyasztó oldali befolyásolás**

A terhelési görbére kifejtett hatások mérséklésének másik lehetséges megoldása a fogyasztó oldali befolyásolás. A módszer lényege egy olyan ösztönzési rendszer megteremtése, ami segít akkor elfogyasztani a villamos energiát, amikor a napelemek nagy betáplálással rendelkeznek. A sikeres fogyasztói befolyásolás kulcsa egy olyan tarifarendszer kidolgozása, ami elegendő ösztönzést nyújt ahhoz, hogy a fogyasztók átrendezzék tevékenységeiket, ezáltal kilépjenek komfortzónájukból. A fogyasztói szokások megváltoztatásának eredményeként jelentősen módosulhat a fogyasztási profilok alakja, aminek következtében a terhelési görbe is kedvező irányba változhat. Abban az esetben, ha a tarifarendszer megfelelő pénzügyi ösztönzést jelent a kora este fellépő fogyasztás átütemezéséhez a déli órákra, akkor kisimultabb rendszerterhelési görbére lehet számítani. Ezt felismerve Németországban és Olaszországban is a korábbi kötelező átvétel (*Feed-in Tariff*) helyett a fogyasztási igények saját termelésből való fedezése (*Self-consumption*) került előtérbe. Az önellátás lényege, hogy a fogyasztó villamosenergia-igényeinek a lehető legnagyobb hányadát napeleme által állítsa elő. Az erre való ösztönzés alapját a hálózatról fel nem használt villamos energia jelenti, amivel számottevő költségcsökkenés érhető el. Németországban a támogatási rendszer 2011–2012-ben jutalmazta azokat a fogyasztókat, akik villamosenergia-igényük legalább 30 százalékát napelemükkel állították elő. A támogatási rendszer változása, vagyis 2012 augusztusa óta a FiT átvételi ár csökkentésével közvetve segíti elő az önellátás elterjedését. A második legnagyobb európai napelemes beépített kapacitással rendelkező Olaszország a fogyasztók ösztönzéséhez bevezette a *self-consumption* bónuszt, amivel szintén az önellátó fogyasztókat jutalmazza. Az önellátás elterjedése a villamosenergia-rendszer szempontjából is rendkívül kedvező, mivel a fogyasztók és a hálózat közötti interakció mérséklődik. Csökken a napelemes betáplálás és a terhelés is egyaránt, ami a napelemek hálózatra kifejtett kedvezőtlen hatásait is jelentősen redukálja. Egy következő lépcsőfokot jelent az okos mérőórák használata, amikkel a fogyasztói befolyásolás még hatékonyabban megvalósítható. A smart mérők a negyedórás mérési adatokkal megfelelő mennyiségű információt nyújtanak a fogyasztóknak, továbbá lehetővé teszik a villamos energia valós idejű árazását. Ezenfelül az okos mérés kétirányú kommunikációt is biztosít, amivel a terhelések bekapcsolása távolról vezérelhető, ezáltal az energiafelhasználás optimalizálható [24].

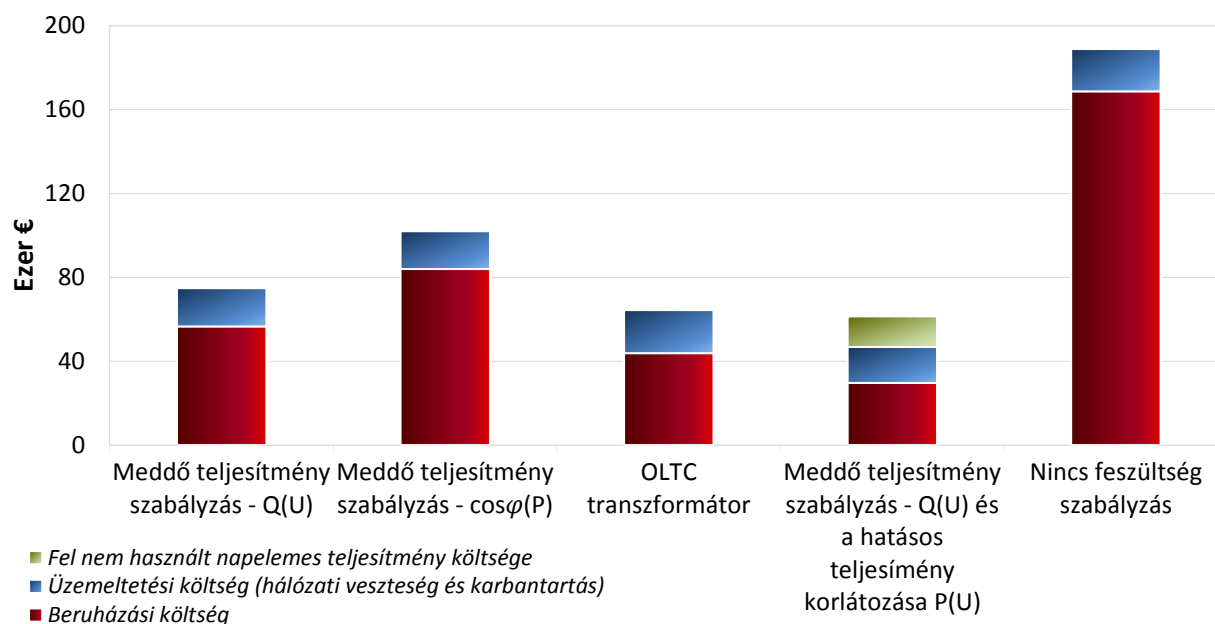
## Költség- és gazdasági értékelés

### A lokális hatások csökkentési módszereinek gazdasági hatása

A napelemek által okozott lokális hatások csökkentése az elosztói engedélyesek feladata. A fellépő problémák enyhítése érdekében minden esetben egyedi vizsgálatot célszerű végrehajtani, mivel az elosztóhálózatok igen változatos műszaki paraméterekkel rendelkeznek. A lokális hatások csökkentésekor elsősorban a feszültségemelkedés mérséklése a fő cél, mivel ez a kedvezőtlen hatás lép fel a legerőteljesebben. A németországi elosztóhálózatokat üzemeltetők az elmúlt években egyre nagyobb érdeklődést mutattak a műszakilag és gazdaságilag is optimális stratégia megtalálásában. Az egyes módszerek költségigényeinek becslése igen összetett feladat, mivel az elosztói engedélyesek nem rendelkeznek hosszú távú üzemeltetési tapasztalatokkal. A témával kapcsolatos kutatások az egyre jobban elterjedő napelemek következtében a németországi kifizetésű elosztóhálózatokra végeztek gazdasági számításokat az egyes módszerekkel kapcsolatban. A számítások eredményei vizsgált hálózati részenként eltérnek, ugyanakkor egyértelmű tendenciák figyelhetők meg [11], [25]:

- A legnagyobb költségvonzata annak a módszernek van, amiben a napelemek nem vesznek részt a feszültség szabályozásában. Ilyenkor a felmerülő problémákat az elosztói engedélyesek a hálózat megerősítésével (transzformátor és vezeték cseréje) kötelesek megoldani, ami hosszú távon rendkívül drága megoldás.
- A beruházási költségek jelentősen csökkenthetők abban az esetben, ha a napelemek aktívan részt vesznek a feszültség szabályozásában. Ilyenkor lényegesen kevesebb vezeték- és transzformátorcserére van szükség.
- Az OLTC transzformátornak egyszeri nagy beruházási költsége van, de hosszú távon igen gazdaságos az alkalmazása.
- Az üzemeltetési költségek tekintetében (hálózati veszteség és karbantartások költsége) nincs számottevő eltérés a vizsgált módszerek esetében.
- A gazdaságilag legkedvezőbb megoldásban a napelemek a meddőteljesítmény-szabályzásukon túlmenően a hatásos teljesítményük korlátozásával is részt vesznek a feszültség szabályozásában. Ebben az esetben azonban a napelem-tulajdonosok számottevő bevételkieséssel számolhatnak, ami erősen kérdésessé teszi a módszer alkalmazását.
- Az aktuális kutatások az elosztott energiatárolás módszerét külön kezelik a többi stratégiától, mivel az energiatárolás költségei jelenleg meglehetősen magasak. Ugyanakkor abban egyetértés van, hogy a költségek csökkenésével a lokális hatások mérséklésében egyre nagyobb szerep jut az energiatárolás alkalmazásának.

21. ÁBRA: AZ EGYES MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA ESETÉN A 10 ÉV ALATT FELLÉPŐ KÖLTSÉGEK EGY TÍPIKUS NÉMETORSZÁGI KÖF/KIF TRANSZFORMÁTOR ELLÁTÁSI KÖRZETE ESETÉBEN



Forrás: T. Stetz, K. Diwold, M. Kraiczy, D. Geibel, S. Schmidt, M. Braun: *Techno-Economic Assessment of Voltage Control Strategies in Low Voltage Grids*

## A globális hatások csökkentési módszereinek gazdasági hatása

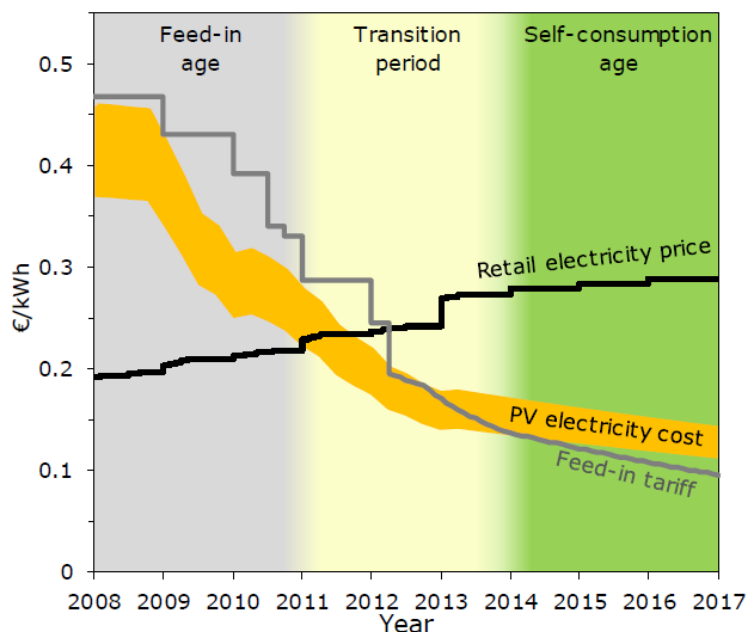
A villamosenergia-rendszer egészére vonatkozó globális hatások mérséklésekor a frekvenciastabilitásra és a rendszerterhelési görbére kifejtett hatásokat célszerű különválasztani. Annak ellenére, hogy jelenleg még sehol sem kötelező ezeknek a hatásoknak a csökkentése, várhatóan a következő évtizedek meghatározó problémái lesznek a napelemek által kifejtett globális hatások.

A frekvencia stabilitására kifejtett kedvezőtlen hatások csökkentésével kapcsolatos költségek becslése meglehetősen bonyolult, mivel a csökkentett üzemmód mértékének meghatározása függ a napelemek elterjedtségi szintjétől és a rendszerben üzemelő hagyományos termelő egységek jellemzőitől. Nagyságrendileg az éves megtermelt napelemes villamos energia 1–2 százaléka elegendő lehet a virtuális inercia koncepciója megvalósításához [10].

A rendszerterhelésre kifejtett hatások csökkentése esetén a sikeres fogyasztó oldali befolyásolás kulcsa egy olyan tarifarendszer kialakítása, ami kellő ösztönzést jelent a fogyasztóknak tevékenységük átrendezéséhez. Az önellátás (*self-consumption*) mértékének folyamatos növelésével a terhelési görbére kifejtett hatások mérsékelhetők, sőt a kora esti csúcsterhelés is csökkenthető. A fogyasztók önellátásra való ösztönzésének fő mozgatórugói a villamos energia árának folyamatos növekedése és a kötelező átvételi ár fokozatos csökkenése. A kettő közötti különbség egyre inkább nő, ami megteremti az alapot a *self-consumption* tarifák elterjedéséhez. Németországban a kötelező átvételi ár 0,13 euró/kWh,

míg a villamos energia ára közel 0,30 euró/kWh volt 2013-ban. A kettő közötti 0,17 euró/kWh-s eltérés jelentette az önellátásra való ösztönzést [26]. Az előrejelzések szerint a különbség folyamatosan növekedni fog, ezért a self-consumption koncepció egyre inkább meghatározó lesz a tarifarendszer kialakításakor [27].

22. ÁBRA: A TÁMOGATÁSI RENDSZEREK ÁTALAKULÁSA NÉMETORSZÁGBAN



*Forrás: Johannes Weniger, Joseph Bergner, Tjarko Tjaden, Volker Quaschnig: Economics of Residential PV Battery Systems in the Self-Consumption Age*

A napelemekkel történő villamosenergia-előállítás már 2012 óta támogatás nélkül is versenyképes Németországban, aminek következtében a korábbi FIT támogatási rendszer jelentősége fokozatosan csökken. Várhatóan a kötelező átvételi rendszer teljesen háttérbe fog szorulni, helyette az önellátás határozza majd meg a napelemek további elterjedését. Németországban jelenleg a napelemmel rendelkező fogyasztóknak a hálózatra termelésnél sokkal jövedelmezőbb a napelemmel előállított villamos energiát azonnal elfogyasztani. Mivel ez a hálózat nézőpontjából is rendkívül kedvező, ezért a német törvényhozás 2013 óta további pénzügyi támogatást nyújt az önellátásra való ösztönzéshez. Abban az esetben, ha egy napelemmel rendelkező németországi fogyasztó energiatároló berendezést is alkalmaz, akkor a napelem teljesítményétől függően maximálisan 600 euró/kWp támogatásban részesül [26].

## Javaslatok a hazai villamosenergia-rendszerre vonatkozóan

Magyarországon is egyre inkább figyelemreméltó a napelemek fokozatos elterjedése, mivel az elmúlt 6 év alatt több mint a 200-szorosára növekedett a hazai napelemek beépített kapacitása. Abban az esetben, ha ez a dinamikus teljesítménynövekedés a következő éveket

is meghatározza, akkor Magyarországon is egyre jelentősebbé válik a napelemek részaránya a villamosenergia-termelésben. Ennek következtében a napelemek hálózatra kifejtett kedvezőtlen hatásai már nem hagyhatók figyelmen kívül. A legnagyobb problémát a lokálisan megjelenő feszültségemelkedés jelenti. Számos módszer alkalmazható a jelenség mérséklése érdekében, ugyanakkor műszakilag és gazdaságilag is a legkedvezőbb megoldást az jelenti, ha a napelemektől megköveteljük, hogy a csatlakozási teljesítményüktől függő mértékben meddőteljesítmény-szabályzással vegyenek részt az általuk előidézett feszültségemelkedés csökkentésében. Nehéz pontos becslést adni, hogy mekkora beépített kapacitás esetén lenne célszerű a feszültség szabályozásában való részvételt előírni, azonban az egyre növekvő ütemű elterjedés következtében várhatóan a következő évek egyik meghatározó feladata lesz a csatlakozási előírások megújítása. A hazai villamosenergia-rendszer esetében a rendszerterhelésre kifejtett hatások is egyre nagyobb mértékben lépnek majd fel. A jelenlegi 77 MWp beépített napelemes kapacitás még nem okoz rendszerszintű problémákat, azonban a rendszerirányítók a másnapi menetrend összeállításakor a napelemek termelését már nem hagyhatják figyelmen kívül. A rendszerterhelési görbén a dél körüli órákban fellépő csökkenés egyre nagyobb mértékben fog majd megjelenni a napelemek elterjedésével. A probléma csökkentése érdekében megoldást jelenthet az energiatárolás és a fogyasztó oldali befolyásolás is, azonban a hazai villamosenergia-rendszer esetében azok alkalmazása több okból kifolyólag sem szükségszerű. Egyrészt a fogyasztási igények közel harmada importból származik – ez közel 2 GW a dél körüli órákban –, másrészt a hazai erőművek fokozatos elöregedése miatt jókora kapacitáskieséssel lehet számolni a következő években. Ezek következtében a napelemek fokozatos elterjedése rendszerszinten nem problémákat okoz, hanem az egyik megoldást jelentheti. Azonban jelentős napelemes beépített kapacitás esetén a változékony termelés következtében a rendszerirányítónak létfontosságú a nagymértékű rugalmasság, ami energiatárolással és fogyasztó oldali befolyásolással egyaránt megvalósítható. Ennek az alapját a „self-consumption”, vagyis az önellátás koncepciója jelentheti. Ez a megközelítés Németországban már a támogatási rendszerben is megjelent, és várhatóan a következő években egyre inkább meghatározóvá válik. Az önellátás a hálózat szempontjából is igen előnyös, ugyanis mind a lokálisan megjelenő feszültségemelkedésre, mind a rendszerterhelésre kedvező hatással van, ezért a „self-consumption” feltételeinek megteremtése az egyik kulcsterület lehet a hazai villamosenergia-rendszerre vonatkozóan is.

## Forrásjegyzék

- [1] European Photovoltaic Industry Association: *Global Market Outlook For Photovoltaics 2014–2018*, 2014.
- [2] International Energy Agency – Photovoltaic Power Systems Programme: *2014 Snapshot of Global PV Markets*, 2015.
- [3] Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal: *A háztartási méretű kiserőművek adatai a 2008 és 2014 közötti időszakra vonatkozóan*, 2015.
- [4] By Jan von Appen, Martin Braun, Thomas Stetz, Konrad Diwold, Dominik Geibel: *Time in the Sun: The Challenge of High PV Penetration in the German Electric Grid*, 2013.
- [5] Jens Jacobs: *Germany’s Energiewende – Current and imminent challenges for the Transmission System Operator in Germany*, 2014.
- [6] Papp Szabolcs: *Kis- és középfeszültségű elosztóhálózatra csatlakozó napelemes rendszerek optimális telepítésének vizsgálata*, 2013.
- [7] Hartmann Bálint: *Kiserőmű hálózati visszahatásának vizsgálata*, 2007.
- [8] Samuel Wolfe, Adje Mensah: *Overcoming Challenges to High Penetration of Solar PV: Using Optimized Energy Storage and Distribution Grid Controls*, 2012.
- [9] Víctor H. Méndez Quezada, Juan Rivier Abbad, Tomás Gómez San Román: *Assessment of Energy Distribution Losses for Increasing Penetration of Distributed Generation*, 2006.
- [10] Claudia Rahmann, Alfredo Castillo: *Fast Frequency Response Capability of Photovoltaic Power Plants: The Necessity of New Grid Requirements and Definitions*, 2014.
- [11] European Photovoltaic Industry Association: *Connecting the Sun: Solar photovoltaics on the road to large-scale grid integration*, 2012.
- [12] Thomas Stetz, Frank Marten, Martin Braun: *Improved Low Voltage Grid-Integration of Photovoltaic Systems in Germany*, 2013.
- [13] Adrian Constantin, Radu Dan Lazar, Dr. Søren Bækhøj Kjær: *Voltage control in low voltage networks by Photovoltaic Inverters*, 2012.
- [14] Bogdan Craciun, Tamas Kerekes, Dezso Sera, Remus Teodorescu: *Control of Grid Connected PV Systems with Grid Support Functions*, 2011.
- [15] Erhan Demirok, Pablo Casado González, Kenn H. B. Frederiksen, Dezso Sera, Pedro Rodriguez, Remus Teodorescu: *Local Reactive Power Control Methods for Overvoltage Prevention of Distributed Solar Inverters in Low-Voltage Grids*, 2011.
- [16] Kyriakos Pantziris: *Voltage support strategies in a rural low voltage network with high photovoltaic penetration*, 2014.

- [17] Xiangkun Li: *Supporting PV Integration in Low-Voltage Feeders with Demand Response*, 2014.
- [18] International Energy Agency – Photovoltaic Power Systems Programme: *Transition from Uni-Directional to Bi-Directional Distribution Grids*, 2014.
- [19] Pieter Tielens, Dirk Van Hertem: *Grid Inertia and Frequency Control in Power Systems with High Penetration of Renewables*, 2012.
- [20] Xiaoyu Wang, Meng Yue, Eduard Muljadi: *PV Generation Enhancement with a Virtual Inertia Emulator to Provide Inertial Response to the Grid*, 2014.
- [21] Marie Latour: *Net-Metering and Self-Consumption Schemes in Europe*, 2013.
- [22] European Photovoltaic Industry Association: *Self Consumption of PV Electricity*, 2013.
- [23] Nieberl Norbert Ferenc: *Háztartási fogyasztók várható villamosenergia-fogyasztásának előrejelzése*, 2014.
- [24] Gobind G. Pillai, Ghanim A. Putrus, Nicola M. Pearsall: *The Potential of Demand Side Management to Facilitate PV Penetration*, 2013.
- [25] T. Stetz, K. Diwold, M. Kraiczy, D. Geibel, S. Schmidt, M. Braun: *Techno-Economic Assessment of Voltage Control Strategies in Low Voltage Grids*, 2014
- [26] Jan von Appen, Thomas Stetz, Martin Braun, Armin Schmiegel: *Local Voltage Control Strategies for PV Storage Systems in Distribution Grids*, 2014.
- [27] Johannes Weniger, Joseph Bergner, Tjarko Tjaden, Volker Quaschnig: *Economics of Residential PV Battery Systems in the Self-Consumption Age*, 2014.