

Energetikai Monitor

2016. április

© Századvég Gazdaságkutató Zrt.

A jelentést készítették: Zarándy Tamás, Papp Máté, Vágvölgyi Szabolcs és Zemplényi Zalán.
A felhasznált adatbázis 2016. március 16-án zárult le.

Tartalomjegyzék

1	Vezetői összefoglaló	3
2	Makrogazdasági helyzetkép	9
2.1	Nemzetközi környezet	9
2.2	Magyarországi környezet	11
2.3	A vártnál jobban nőtt a magyar gazdaság 2015 IV. negyedében	11
3	Nemzetközi energiapiaci folyamatok	15
3.1	Olajpiac	15
3.2	Szénpiac	16
3.3	Földgázpiac	17
3.3.1	A földgázárak csökkenése	17
3.3.2	Olajáresés	18
3.3.3	LNG-túlkínálat.....	18
3.3.4	A földgázpiac átalakulása	19
3.3.5	Árverseny.....	19
3.4	Villamosenergia-piac	21
3.5	A gázalapú villamosenergia-termelés versenyképessége Európában.....	23
4	Hazai energiapiaci folyamatok	25
4.1	A villamosenergia-piac alakulása	25
4.2	A földgázpiac alakulása	31
5	A villamosenergia-tárolás szerepe a villamosenergia-rendszerekben.....	35
5.1	A villamosenergia-tárolási igényeket befolyásoló tényezők	35
5.2	Tárolási technológiák.....	38
5.2.1	Szivattyús tározós erőmű	38
5.2.2	Sűrített levegős tározós erőmű	39
5.2.3	Lendkeres tározóberendezések.....	41
5.2.4	Elektrokémiai tározóberendezések.....	43
5.2.5	Power-to-Gas.....	49
5.2.6	Power-to-Heat.....	50
5.2.7	Kísérleti technológiák	51

5.3	Az energiatárolási technológiákban rejlő lehetőségek	53
5.3.1	Technológiák értékelése az általuk megvalósítható rendszerszintű szolgáltatások szerint	53
5.3.2	Technológiák értékelése a hálózati elhelyezésüktől függően.....	56
5.4	Nemzetközi gyakorlatok	59
5.4.1	Portugália	59
5.4.2	Korea	59
5.4.3	Németország	60
5.4.4	Olaszország.....	61
5.5	A magyarországi energiapiac sajátosságait figyelembe vevő energiatárolási technológiák és alkalmazási lehetőségük	62

1 Vezetői összefoglaló

Nemzetközi energiapiaci folyamatok

A Brent típusú olaj ára 2016. január közepén érte el mélypontját, amikor hordónként 30 dollár alá esett vissza. Ezt követően korrekció volt megfigyelhető, az ár két hónap alatt 40 dollárig emelkedett. Az olajár növekedése mögött vélhetően az a befektetői várakozás állhat, hogy a Kőolaj-exportáló Országok Szervezetének (OPEC) országai, illetve más nagyobb kitermelők (köztük Oroszország) széles köre meg fog tudni egyezni a kitermelés befagyasztásáról. Az elemzői konszenzus a 2016-os évre vonatkozóan 35–45 dolláros hordónkénti árat vetít előre, illetve középtávon sem vár 60 dollárnál magasabbat. A globálisan visszaeső szénkereslet következtében az energiahordozó árának 2012 óta tartó csökkenése 2015-ben, illetve 2016 első két hónapjában is folytatódott, az ARA típusú szén ára 2016 márciusában tonnánként 46 dolláron stabilizálódott. A szén piacán az árat leszorító túlkínálat döntően a kínai és az amerikai szénkereslet visszaesésének következménye. A következő években a szénfogyasztás további csökkenése várható, a határidős indexek 2017-re és 2018-ra 40 dollár/tonná-s árat vetítenek előre.

A meghatározó energiahordozók és nyersanyagok világpiaci árának esésébe 2015–2016 folyamán a földgáz is bekapcsolódott. Az európai tőzsdei gázár 2016 januárjában megawattónként 12 euróra csökkent, ami közel 50 százalékos visszaesést jelent a 2015 azonos időszakát jellemző árhoz képest. Az áresés mögött részben az olajárak csökkenése állt, részben pedig a cseppfolyósított földgáz (LNG) Ázsiában kialakult túlkínálata. Az Ázsiában kibontakozott túlkínálat eredményeként az Európába irányuló LNG-export is számottevően emelkedett, ami leszorította az árakat. Az LNG-kínálat folyamatos növekedése az árak egyetemes csökkenése mellett számos egyéb hatást indukál a földgázpiacon, amelyek következtében egy globális, likvid és rugalmas gázpiac jöhet létre. Az amerikai dominancia növekedésével pedig egyre erőteljesebbé válhat a Henry Hub-alapú árazás. Az Európába irányuló, alacsony árú LNG-export a kontinens országait hagyományosan ellátó kitermelők (Oroszország, Norvégia) számára jelentős kihívást jelent, hiszen árversenyre kényszeríti azokat. A hagyományos ellátók piaci részesedésüket vélhetően csak az árak csökkentése révén lesznek képesek megőrizni, amiből az európai gázfogyasztók – köztük Magyarország is – profitálni fog.






Az európai tőzsdei villamosenergia-ár 2016. február–március folyamán meredeken visszaesett, az időszak során jellemző megawattónkénti 24–27 eurós zsinórtermékár 10–13 euró/MWh-val (30 százalékkal) alacsonyabb, mint egy évvel korábban. Az áramár csökkenésében a földgázár radikális visszaesése, a megújulóenergia-termelő kapacitások dinamikus bővülése, az enyhe időjárás következtében mérséklődő áramfelhasználás, valamint a megújulóenergia-termelés (különösen a szélenergia-termelés) szempontjából

kedvező időjárás állt. Az előrejelzések szerint a villamos energia európai tőzsdei ára tovább eshet, a 2017-es fizikai szállítású éves zsinórtermék 22 euró/MWh-s, a 2019-es pedig mindössze 20,5 euró/MWh-s áron köthető le a határidős piacon.

A földgázalapú villamosenergia-termelés 2013–2015 között kiszorult az európai villamosenergia-piacról, az erőművek jövedelmezősége drasztikusan visszaesett. A gázerőművi termelés rentabilitásában a 2015–2016-os év fordulója paradigmaváltást eredményezett, a gázerőművek árapiaci jövedelmezőségét számszerűsítő Clean Spark Spread mutató értéke ugyanis a földgázár jelentős visszaesése következtében masszívan pozitív tartományba került. Bár az európai gázár jelenlegi alacsony szintje tartósnak ígérkezik, a villamosenergia-ár prognosztizált további csökkenése ismét negatív fordulatot hozhat a gázerőművek tulajdonosai számára.

Az átlagos energiahordozó-árakra történő éves visszatekintés alapján megállapítható, hogy a legnagyobb mértékű csökkenés a kőolaj (-39,8%), illetve a földgáz (-35,2%) esetében történt, a villamosenergia-ár (-18%) esetében pedig folytatódott a 2012 óta tartó mérséklődés (1. táblázat).

1. táblázat: Az energiahordozók tőzsdei jegyzésárának, valamint a gázerőművek jövedelmezőségének változása éves összevetésben

Energiahordozó-ár (index)	Ár	Ár	Változás (év/év)
	(2015 dec. – 2016 febr. átlag)	(2014 dec. – 2015 febr. átlag)	
Olajár (Brent)	33,8 USD/bbl	56,1 USD/bbl	- 39,8% 
Szénár (ARA)	46,1 USD/T	64,2 USD/T	- 28,2% 
Földgázár (TTF)	14,0 EUR/MWh	21,6 EUR/MWh	- 35,2% 
Villamosenergia-ár (EEX Phelix base)	29,1 EUR/MWh	35,5 EUR/MWh	- 18% 
Clean Peak Spark Spread	7,2 EUR/MWh	0,7 EUR/MWh	+ 6,5 EUR/MWh 

Forrás: Reuters, Századvég-számítás

Hazai energiapiaci folyamatok

2015-ben a világgazdasági válságot követő időszakban először növekedett jelentős mértékben a hazai villamosenergia-fogyasztás. A bruttó villamosenergia-felhasználás éves bázison 2,7 százalékkal, 43,7 TWh-ra emelkedett. A rendkívüli mértékű áramigény-növekedés mögött a historikusan forró nyár miatt megemelkedett hűtési igény, az alacsony 2014-es bázis, az ipari termelés vártnál erőteljesebb bővülése, valamint az erőművi

önfogyasztás növekedése állt. A hazai villamosenergia-felhasználás 2015-ös növekedése régiós összevetésben nem volt kiemelkedő. A 2016-os év első két hónapjának adatai alapján az áramigény növekedésének jelentős lassulása azonosítható.

A hazai ipari fogyasztók számára versenyhátrányt jelent, hogy a magyarországi tőzsdei villamosenergia-ár (HUPX) permanens felárat tartalmaz a cseh, szlovák, német tőzsdei áramárral szemben, amelynek értéke 2014-ben és 2015-ben átlagosan 7–8 euró/MWh volt. 2016. január–március folyamán a hazai tőzsdei áramár jelentős csökkenése, régiós szinthez történő konvergenciája volt megfigyelhető. A pozitív folyamat több tényező együttes eredménye lehetett:

- Az európai földgázár visszaesése következtében a magyar földgázimportár is mérséklődött, aminek következményeként a hazai gázerőművek is alacsonyabb áron tudtak termelni. Ez nemcsak a hazai erőművektől történő árambeszerzés költségét csökkentette, hanem a villamosenergia-importigényt is, aminek köszönhetően kisebb mértékben alakult ki szűkölet a határkeresztező kapacitásokon.
- Az említett időszakban szokatlanul magas volt a hőmérséklet, ami Európa-szerte csökkentette az áramfogyasztást. Az alacsony áramigény a magas nyugat-európai beépített teljesítőképesség mellett nagy mennyiségű, olcsó kínálatot biztosított a magyarországi áramimport számára.
- Valamint annak is szerepe volt, hogy a Paksi Atomerőmű mind a négy blokkja üzemelt. Ugyanis valamennyi olyan időszakban, amikor a hazai áramtőzsdei ár elszakadt a régiós szinttől, a Paksi Atomerőmű valamely blokkja karbantartás miatt nem termelt.

A földgázárak visszaesése a magas hatékonyságú magyarországi menetrendtartó földgázerőművek esetében is fordulatot eredményezett. A Gönyői Erőmű és a Dunamenti G3 kihasználtsága jelentősen emelkedni tudott, előbbi 2016 utolsó két hónapjában meghaladta a 40 százalékot. A 2016 első két hónapjából származó előzetes adatok a gázerőművek kihasználtságának további növekedéséről tanúskodnak.

A magyarországi földgázfelhasználás 2015-ben 8909 millió köbméter volt, ami 555 millió köbméterrel meghaladja a 2014-ben regisztrált szintet, de 325 millió köbméterrel elmarad a 2013-as értéktől. A látszólag nagymértékű növekedés mögött szinte kizárólagosan időjárási okok állnak, nevezetesen, hogy 2014 első három hónapjában 0,9–3,1 C-kal magasabb volt a hőmérséklet, mint 2015 első negyedében. Az ipari termelés dinamikus növekedése ugyanakkor a villamosenergia-fogyasztással szemben a gázigények esetében nem okozott számottevő emelkedést.

A hazai földgázkitermelés visszaesése 2015-ben sem állt meg, a kitermelés alig haladta meg az 1,5 Mrd köbmétert, ami a teljes belföldi gázfelhasználás 17 százaléka. A kitermelés csökkenése alapvetően geológiai okokkal magyarázható, de a szabályozási és üzleti környezet sem támogató, hiszen alacsonyak a nagykereskedelmi gázárak, az 1998 előtti

termelésbe állított mezőkről kitermelt gáz tekintélyes része hatósági áras, valamint a Robin Hood-adó következtében 50 százalékos nyereségadó terheli a vállalatokat. A földgázimportszaldó 2015-ben alig haladta meg a 6,2 Mrd köbmétert, ami 1995 óta a legalacsonyabb érték. A historikusan alacsony import kialakulásában a zsugorodó gázfogyasztás mellett kisebbrészt a tárolói készletek megnövekedett felhasználása is szerepet játszott. A belföldi földgázfelhasználás és hazai kitermelés különbségeként képzett valós földgázimportigény 7,4 Mrd köbméter volt, gyakorlatilag azonos a 2013-as szinttel.

A hazai földgáztárolókban lévő gázmennyiség 2016. március 16-án 1150 millió köbméter volt, ami valamivel több mint 18 százalékos töltöttségi szintet jelent. Az alacsony tárolói töltöttség gazdasági megfontolások eredménye. Ugyanis a 2015 során folyamatosan csökkenő gázár mellett a kereskedők számára a tárolással szemben kedvezőbb volt az energiahordozót a spot piacon megvásárolni, majd értékesíteni, hiszen a megvásárolt gáz folyamatosan veszített értékéből, illetve a tárolásnak jelentős díja van. Mivel a magyarországi importgázár várhatóan 2016 második és harmadik negyedében éri el mélypontját, így ebben az időszakban a betárolási aktivitás jelentős növekedésére lehet számítani.

A villamosenergia-tárolás szerepe a villamosenergia-rendszerekben

A villamosenergia-tárolás iránti keresletre egyre nagyobb igény mutatkozik a jövő és a jelen energetikájában. A klímapolitikai célok elérése érdekében feltétlenül szükséges az energiaszektor dekarbonizációja, ami nagy arányban megköveteli a megújulóalapú és egyéb szén-dioxid-mentes technológiák villamosenergia-termelésre történő felhasználását. A megújuló energiák közül a nagy fejlődési potenciállal rendelkező nap- és szélenergia azonban csak időszakos termelést biztosíthat, a szintén szén-dioxidot ki nem bocsátó atomerőművek termelése pedig nem igazodik jól villamos energia napi fogyasztási szokásaihoz. Ezek a faktorok összességében megkövetelik a villamosenergia-rendszerek rugalmasabbá tételét, amelynek egy hatásos eszköze a villamosenergia-tárolási technológiák alkalmazása.

Villamos energiát leggyakrabban kémiai, potenciális, mozgási és hőenergiaként tárolnak. A világ jelenlegi villamosenergia-tároló kapacitásának a több mint 95 százalékát adó szivattyús energiatározók potenciális energiaként tárolják az áramot, csakúgy, mint a sűrített levegős tározóberendezések. A jelenlegi tározós technológiák közül egyedülként mozgási energiaként tárolják a villamos energiát a lendkerekes tározós rendszerekben. A kémiai kötésekben megbújó elektronok segítségével a jelenleg leginkább kis méretben elterjedt akkumulátorok hatékony és moduláris megoldást kínálhatnak a villamos energia tárolására, ugyanakkor a Power-to-Gas tárolás kémiai átalakulások segítségével földgázban raktározza el az időszakonként felesleges villamos energia mennyiségét. Hőenergiaként leggyakrabban a nap termikus energiáját hasznosító megújuló-erőművek raktározzák az energiát, ugyanakkor lakossági rendszerek is ismertek, amelyeket intelligens hálózatok koordinálnak a villamos energia tárolására.

A leggyakrabban alkalmazott energiatárolási berendezések jellemzőit az alábbi táblázatban gyűjtöttük össze (2. táblázat). A legnagyobb tárolási kapacitással a sűrített levegős tározós erőművek bírnak, ugyanakkor a legsokoldalúbb felhasználási lehetőségekkel az akkumulátorok rendelkeznek. Az élettartamot tekintve mindenképpen a szivattyús tározók a meghatározók, a megépítést követően akár 60 évig is képesek szolgálni. A tárolási hatások szempontjából a legtöbb vizsgált technológia jól teljesít, ugyanakkor a lendkerekes tározók rendelkeznek a legmagasabb hatásfok értékkel viszont az önkisülési ráta a legmagasabb a vizsgált módszerek esetében. Összességében megállapítható, hogy nincs egy olyan meghatározó technológia, ami minden energiatárolási szempontnak kivétel nélkül megfelelne, ezáltal a technológiák kombinációjára és együttes alkalmazására is szükség lehet a villamosenergia-rendszerekben.

2. táblázat: Leggyakrabban alkalmazott energiatárolási berendezések jellemzői

	Tárolókapacitás	Napi önkisülési ráta	Tárolási hatásfok	Élettartam
Szivattyús energiatározó	500-800 MWh	alacsony	70-85%	40-60 év
Sűrített levegős tározós erőmű	580-2860 MWh	rendkívül alacsony	42-70%	20-40 év
Lendkerekes tárolóberendezések	< 5 MWh	> 20%/h	90-95%	15-20 év
Akkumulátorok	0,001-600 MWh	0,1-0,6%	60-90%	5-20 év
Flow battery	0,4-4 MWh	nagyon alacsony- alacsony	65-85%	5-20 év

Forrás: Századvég-gyűjtés

A tározóberendezések elsődleges szerepükön kívül rendszerszintű szolgáltatásokat is nyújthatnak, amelyek segítségével még inkább rugalmasabbá tehetők a villamosenergia-rendszerek, és kiválthatók a jelenleg fosszilis tüzelőanyaggal működő erőművek által nyújtott szolgáltatások is. Egy ilyen szolgáltatás a frekvenciaszabályozás, amelyeket hagyományosan forgó tartalékokkal rendelkező erőművek biztosítottak, ugyanakkor mára már akkumulátoros egységek is elláthatnak ilyen feladatokat. Ezenkívül a tározóberendezések képesek kiegyenlítői szerepet játszani mind a fogyasztási (*time shifting*), mind pedig a termelési oldalon (*forecast hedging*), valamint az átviteli hálózaton jelentkező szűk keresztmetszetek kezelésében is lehet a technológiára számítani.

A telepítés helyszínét tekintve tározóberendezések elhelyezhetők a fogyasztóknál, az elosztó hálózat kifeszültségű részében, valamint az átviteli hálózaton. A fogyasztói energiatárolás elsősorban a fotovillamos energiatermeléssel kapcsolható össze, a legjobban hasznosítható eszközök jelenleg a lítiumos és ólomsavas akkumulátorok. Az elosztói hálózaton belül az energiatárolás a transzformátorállomásoknál könnyen a rendszerbe építhető, a közösségi energiatárolás segítségével akár több tucat napelemmel rendelkező háztartás tárolási igényét is ki lehet elégíteni. A közösségi energiatárolás esetében jelenleg elsősorban az akkumulátorok a meghatározó technológiák. Az átviteli hálózatba integrált

tározóberendezések a legnagyobb kapacitással rendelkezők, szerepük elsősorban a rendszerszintű tartalékok biztosítása, és olyan nagy termelési egységek, mint az atomerőművek termelésének a kiegyenlítése.

Magyarországon eddig nem valósult meg említésre érdemes energiatárolási beruházás, ugyanakkor a hazai villamosenergia-piacon várható kihívások egyre inkább szükségessé teszik az ilyen jellegű fejlesztéseket. Jelentős probléma, hogy sem szabályozási, sem támogatási szinten nincs az energiatárolás elősegítve. A 2030-ig szóló energiastratégiában is csak érintőlegesen van szó a villamosenergia-tárolásról és a jelenlegi támogatási rendszerek sem foglalják magukba az ilyen jellegű rendszerek telepítését egyik szinten sem. Napjainkig hálózati szempontból nem volt indokolt tározói kapacitás kiépítése, hiszem sem a megújuló részaránya, sem az energia mix összetétele nem indokolta tározós kapacitások kiépítését, de a következő években ez az igény jelentősen változni fog. Egyrésztől rohamosan várható a megújulóenergia-kapacitások felfutása az országban, legfőképpen pedig a napenergia termelésének megugrása prognosztizálható, ami a fogyasztói energiatárolást teszi szükségessé. Emellett Paks II. miatt a jelenlegi reaktoroknál nagyobb blokkjainak felépülésével nőhet az a rendszerszintű tartalék, amit az európai szabályok értelmében folyamatosan biztosítani szükséges a villamosenergia-rendszerben. Ezt az igényt, az esetleges EU ETS-kvótaárak emelkedésével egyre drágább lesz fosszilis tüzelőanyagú erőművekkel fenntartani, így az energiatárolási technológiák ebben a feladatban is eredményesen segíthetik a hazai ellátásbiztonságot.

Az elmúlt években többször felmerült a szivattyús-tározós erőművek létesítésének a lehetősége, és habár alkalmas helyszínből több is található az országban, a társadalmi megítélése egy ilyen tározó létesítésének valószínűleg erősen vitatott. A közeljövőben Magyarországon az akkumulátoros tározói technológiáknak van a legnagyobb esélye az elterjedésre, moduláris felépítésüknek köszönhetően nagy mérettartományt képesek lefedni, üzemeltetésükkel van tapasztalata a lakosságnak is, valamint megbízhatóan, akár több hétig is képesek az energiát raktározni.

2 Makrogazdasági helyzetkép

2.1 Nemzetközi környezet

Éves alapon az utolsó negyedévben 1,8 százalékkal bővült az Európai Unió gazdasága, ami alig marad el az USA növekedési ütemétől. Az európai növekedést továbbra is a folyamatosan bővülő lakossági fogyasztás dinamizálja, amit a harmadik negyedévvel szemben a beruházások hatása is jelentősen támogatott. Az állóeszköz-felhalmozás egymaga 0,88 százalékponttal növelte a GDP növekedési ütemét, ami 0,5 százalékpontos növekedés a harmadik negyedévhez képest. A fejlődő gazdaságok lassuló növekedésének köszönhetően a nettó export az utolsó negyedévben is negatívan hatott az unió gazdasági bővülésére, a külkereskedelmi aktívum visszaesése egymaga 0,53 százalékponttal csökkentette az unió növekedési rátáját. Várakozásunk szerint a korábban vártnál visszafogottabb exportteljesítmény a következő negyedévekben is visszavetheti az unió növekedési teljesítményét, ellenben a Juncker-tervként elhíresült uniós beruházásösztönző program az idei év mások felétől már éreztetheti hatását. Az Európai Bizottság előrejelzése szerint a következő két évben 2 százalék körül bővíthet az öreg kontinens kibocsátása.

Az Egyesült Államok gazdasága 2014 és 2015 negyedik negyedéve között 1,9 százalékkal nőtt, így már harmadik negyedéve folyamatosan lassul az amerikai gazdaság éves bővülési üteme. A visszaesés továbbra is a beruházások, azon belül is főként a nem lakásjellegű beruházások volumencsökkenésének következménye, a folyamatosan csökkenő olajár hatására a bányászati szektor beruházási aktivitása három évtizede nem látott mértékben, közel 35 százalékkal csökkent. Az amerikai gazdaság húzóereje továbbra is a lakossági fogyasztás, melynek növekedési üteme másfél év után ismét 3 százalék alá csökkent. Főként az erős dollár és a gazdaság főbb felvevőpiacainak lassuló növekedése miatt a tavalyi negyedik negyedévben 2009 óta először csökkent az amerikai exportvolumen, amiben jelentős szerepet játszott az alacsony olajárak miatt hektikus, az előző negyedévekhez képest mérséklődő olajkivitel is.

A foglalkoztatottak állománya mindkét gazdaságban 1 százalékot meghaladó mértékben bővült 2015 harmadik negyedévében, az új munkahelyek főként a szolgáltató szektorban keletkeztek. Januárban az USA munkanélküliségi rátája újabb hétéves mélypontra, 5 százalék alá süllyedt, miközben az önszántukon kívül részmunkaidőben foglalkoztatottak száma is éves alapon 20 százalékkal esett. Az unió munkanélküliségi rátája 8,9 százalékot tett ki januárban, a déli tagállamok kedvező munkaerőpiaci folyamatainak következtében a mutató a következő negyedévekben tovább mérséklődhet.

A várakozásoknak megfelelően decemberben tíz év után először emelte irányadó kamatát a Fed, ám az amerikai kamatkondíciók jelentős szigorodása az USA gyenge exportteljesítményének fényében kevésbé valószínű. Márciusi ülésén az EKB

Kormányzótanácsa a csalódást keltő decemberi lazításhoz viszonyítva jelentősen enyhítette monetáris kondícióit, aminek keretében 0,05-ről 0 százalékra csökkentette irányadó rátáját. A csökkentéssel egyidejűleg a tanács 60-ról 80 milliárd euróra emelte az EKB mennyiségi lazítási programjának havi felvásárlási keretét, valamint a vállalati hitelezés fellendítése érdekében négy célzott, hosszú finanszírozási programot (TLTRO) hirdetett meg. A TLTRO II. program feltételeinek teljesítése esetén az igényelhető források minimális kamatlába az EKB –0,4 százalékos betéti kamatlábaig süllyedhet, így megfelelő felhasználás esetén a hitelintézeteknek kevesebb forrást kell visszafizetniük az EKB-nak, mint amennyit kölcsönöztek.

Az év első hónapjainak pénzügyi folyamatait főként a kínai tőzsde újabb nagyarányú esése irányította. Az ázsiai ország lassuló növekedése és pénzügyi szabályozásának hibái miatt január első két hetében összességében 18 százalékkal csökkent a Shanghai Composite Index. Az ázsiai ország tőkepiaci problémái miatt is a kínai jüan tovább gyengült a dollárhoz képest, ám az utóbbi hónapok valutapiaci meglepetését a font és a jen szolgáltatta. A japán monetáris stimulusok visszafogott reálgazdasági hatása miatt is december és március között a jen 8 százalékkal erősödött, míg az Egyesült Királyság uniós tagságáról szóló június 23-ai népszavazás miatt a font 8 százalékkal gyengült a dollárhoz viszonyítva. Az EKB laza monetáris politikája miatt nyomot kamatkörnyezet jellemezte az európai gazdaságot, ami a jegybank márciusi ülésének köszönhetően a következő negyedévekben is fennmaradhat.

Mind az Egyesült Államokban, mind az unióban növekvő inflációs rátát regisztráltak december–januárban. Az USA gazdaságában az éves pénzromlás növekedési üteme 1,4 százalékra gyorsult januárban, míg az uniós inflációs ráta továbbra is nulla közelében tartózkodik. A Crude kőolaj spot hordónkénti ára februárban 13 éves mélypontra csökkent, a nyersanyagárak további csökkenésének hatására a következő hónapokban ismét deflációs nyomás nehezedhet az unió gazdaságára.

2016-ban is folytatódhat az unió költségvetési konszolidációja, az Európai Bizottság előrejelzése szerint idén a 2015-ös 2,5 százalékról 2,2 százalékra mérséklődhet az unió költségvetési hiánya. A további javulás főként két tényezőre, a növekvő foglalkoztatás miatti alacsonyabb munkanélküliségi kiadásokra, valamint a laza monetáris politika miatt alacsony kamatkidadásokra vezethető vissza. A tavalyi év uniós szintű hiányszámait a görög és a portugál bankrendszer szükséges feltőkésítése növelte, ám a következő években az egyszeri tételek kiadásokat növelő szerepe várhatóan folyamatosan mérséklődhet. Jelenleg 9 tagállam áll túlzottdeficit-eljárás alatt, ami alól idén várhatóan Írország és Szlovénia kerülhet ki: az unió nagyobb tagállamai közül Spanyolországgal és az Egyesült Királysággal szemben várhatóan 2018, míg Franciaország ellen csak 2019-ben szűnhet meg az eljárás.

2.2 Magyarország környezete

A magyar gazdaság teljesítménye 2015 IV. negyedévében a vártnál nagyobb mértékben, éves összehasonlításban 3,2 százalékkal bővült. A növekedéshez elsősorban a háztartások fogyasztásának növekvő volumene, valamint a beruházások esetében az uniós pénzek IV. negyedévben kicsúcsosodó felhasználása járult hozzá, de ehhez kapcsolódóan bővült a közösségi fogyasztás is. Negatív folyamatok mutatkoznak ugyanakkor a külkereskedelmi egyenleg alakulásában. Amíg az import egyenletesen növekedett tovább, az export növekedése lassult. Termelési oldalról a GDP növekedéséhez negatívan járult hozzá a mezőgazdaság: a rossz idő miatt a termés az előző évinél alacsonyabb volt. Ezzel szemben az ipar jelentősen hozzá tudott járulni a IV. negyedévben a növekedéshez, míg a szolgáltatások növekedése az előző negyedévinél kisebb volt. A jövőre vonatkozó várakozásaink szerint 2016-ban a GDP növekedésének üteme 2,4, míg 2017-ben 3,0 százalékos lesz. 2016-ban a növekedést elsősorban a fogyasztás és a nettó export növelheti, de 2017-ben már a beruházások ismételt növekedése is hozzájárulhat. A munkaerőpiac helyzete előrejelzéseink szerint tovább javul: a munkanélküliségi ráta átlagos értékét 2016-ban 6,0, míg 2017-ben 5,8 százalékra várjuk. Előző előrejelzésünkhöz képest az infláció várhatóan mérsékeltebben alakul: 2016-ban átlagosan 0,8, míg 2017-ben 1,8 százalék lehet az átlagos mértéke. Ez azt jelenti, hogy a jegybanknak a jövőben lehetősége nyílhat a gazdasági növekedés további ösztönzésére, akár konvencionális, akár nem konvencionális eszközökkel.

2.3 A vártnál jobban nőtt a magyar gazdaság 2015 IV. negyedévében

A magyar gazdaság 2015. IV. negyedéves adatai a gyorsuló növekedés jeleit mutatták a megelőző két negyedévhez képest. Ennek oka, hogy a háztartások fogyasztásának bővülése felzárkózott a 2015-ös év eleji mértékhez, továbbá a beruházásokban az uniós pénzek IV. negyedévben kicsúcsosodó felhasználása pozitív átmeneti változást generált. Negatív folyamatok mutatkoznak ugyanakkor a külkereskedelmi egyenleg alakulásában. Amíg az import egyenletesen növekedett tovább, az export növekedési indexe az év eleji sinthez képest romlott, és az utolsó negyedévben alulmúlta a behozatal bővülési ütemét. A kivitel lassuló növekedését elsősorban a szolgáltatások (vendéglátás és javítási szolgáltatások, szállítás és raktározás) okozták. Ennek következtében 2015 utolsó negyedévében a külkereskedelmi többlet csak nagyon minimális mértékben járult hozzá a GDP-növekedéshez. A 2015. október–decemberi időszak GDP-bővülését 0,2 százalékponttal magyarázza a nettó export, míg 3 százalékponttal a belső felhasználás. Ez azt jelenti, hogy a növekedés súlypontja eltolódott a hazai fogyasztás és a beruházások felé. A belföldi felhasználást a háztartások fogyasztási kiadásának 3,5 százalékos növekedése mellett a tervezett mértéket jelentősen meghaladó közösségi fogyasztás 6,7 százalékos és az utolsó

negyedévben kicsúcsosodó uniós források által felpumpált beruházások 6,5 százalékos bővülése húzta. A mezőgazdaság az év során komoly visszaesést produkált a megelőző év magas bázisához képest, ami az utolsó negyedévben is megjelent az adatokban. Az ipari termelés viszont újabb lendületet vett az év középső két negyedévének lassulása után. Az építőipar továbbra is csak oldalazott a megelőző év azonos időszakával megegyező kibocsátási szinten, tekintve, hogy az uniós pénzből finanszírozott, illetve a nagyvállalati beruházások kifutóban vannak, a lakáspiaci ösztönzők pedig várhatóan csak 2016 második felében gyakorolnak érezhető hatást a gazdaságra. A szolgáltató szektorban lassult a bővülés üteme, de a GDP-növekedéshez való hozzájárulása (1,7 százalékpont) még így is meghaladja az ipari bővülés részesedését (1,6 százalékpont). A beruházások esetében kockázati tényező, hogy a látványos növekedés az államháztartási és az uniós beruházásokhoz kapcsolódik, míg a versenyszféra ágazataiban visszaesés figyelhető meg.

A kedvező munkaerőpiaci trendek 2015 IV. negyedévében is folytatódtak, a foglalkoztatás és az aktivitás is jelentősen bővült. A munkanélküliségi ráta mérséklődési üteme nem változott, szintje az év utolsó három hónapjában (szezonálisan kiigazított adatok alapján) 6,3 százalékon állt. A munkaerőpiac feszessége emiatt nőtt, annak ellenére is, hogy a betöltetlen álláshelyek száma nem változott. A bérek éves növekedési üteme elsősorban a közsférában tapasztalható bérrendezéseknek köszönhetően 5,3 százalékra gyorsult, amihez azonban a versenyszférában tapasztalható átlagon felüli, 4 százalékos keresetnövekedés is hozzájárult.

2015 IV. negyedévében éves szinten megindult Magyarországon a fogyasztói árak emelkedése – bár a növekedés mértéke alacsony volt, a pénzromlás üteme így is jelentősen elmaradt a jegybank inflációs céljától. Az áremelkedés megindulásához hozzájárult a rezsicsökkentés bázisértékbe való beépülése, a növekedés mértékét ugyanakkor fékezte az olajárak további esése. A IV. negyedévben átlag felett drágultak az élelmiszerek, a dohányárak és szeszes italok, valamint a szolgáltatások. Ez utóbbi kategóriában az átlagot meghaladó mértékben nőtt a lakbérek, a színház- és mozijegyek, valamint a külföldi utazások ára, ami a háztartások javuló jövedelmi helyzetére és növekvő fogyasztási hajlandóságára utal. Éves szinten 2015-ben az infláció Magyarországon $-0,1$ százalék volt. Az infláció továbbra is alacsony szintje további monetáris lazításnak adhat teret, azonban lehetséges, hogy ezt a Magyar Nemzeti Bank nem konvencionális eszközökkel (például Növekedési Hitelprogram, kamatcsereügyletek) hajtja végre.

A hazai kockázati környezet az elmúlt negyedévben enyhén javult. A hazai fizetőeszköz erősödött az euróval szemben, a CDS-felár alig emelkedett, és a 10 éves állampapír hozama csökkent. Habár a Magyar Nemzeti Bank Monetáris Tanácsa a tél folyamán nem változtatott alapkamatának mértékén, monetáris lazítást eszközölt. Az önfinanszírozási program folytatásához híven ugyanis bejelentette a korábbi irányadó instrumentumának a megszüntetését, azaz a jelenleg 1000 milliárd forintos kéthetes betétállomány leépítését.

A nagy nemzetközi hitelminősítő intézeteknél hazánk besorolása a befektetésre nem ajánlott szint legmagasabbján maradt. Az NHP II. program nagy sikerrel zárult decemberben, hiszen a rendelkezésre álló keretet összességében majdnem teljesen kihasználták.

A Kormány 2016. január 1-től mérsékelte a bankadót az EBRD-vel és az Erstével kötött megállapodása alapján. Ennek értelmében az eddigieknek kevesebb, mint a felét vonja el a jövőben a bankszférától.

Legfrissebb előrejelzésünk a korábbinál kismértékben magasabb GDP-növekedéssel számol 2016-ra. Ez elsősorban a kedvező IV. negyedéves adatnak, illetve a CSOK bevezetése miatt a korábban előre jelzettnél várhatóan kismértékben magasabb beruházásoknak köszönhető. A 2016-os 2,4 százalékra becsült éves GDP-növekedés után 2017-re ennél dinamikusabb, 3,0 százalékos növekedést várunk, amelyhez jelentősen hozzájárulhat a beruházások magára találása az európai uniós források újbóli fokozottabb lehívásának köszönhetően. Ennek hiánya 2016-ban jelentősen visszafogja a növekedést. A gazdaság növekedéséhez 2016-ban és 2017-ben egyaránt pozitívan járul hozzá a fogyasztás bővülése és a nettó export. Előrejelzésünk szerint az export növekedése mindkét évben felülmúlja az importét, ám növekedésük 2017-ben már mérsékeltebb lesz a korábbinál. Ennek oka elsősorban az ipari kapacitások csúcsra járatása miatti növekedési korlát. A fogyasztás esetében különösen 2016-ban számítunk jelentős bővülésre elsősorban a háztartások óvatossági motívumának enyhülése miatt. Ehhez hozzájárulhatnak a továbbra is kedvező munkaerőpiaci folyamatok (növekvő aktivitás és foglalkoztatottság), az alacsonyabb személyi jövedelemadó és a családi adókedvezmények, valamint a növekvő bérek. A bérek emelkedése mindkét évben folyamatos lesz, ami különösen az idén okozhat jelentős reálbér-emelkedést az alacsony inflációs szint miatt. Számításaink szerint a kibocsátási rés 2015 IV. negyedévében bezáródott, és 2016-ban, valamint 2017-ben végig alacsony, de pozitív értéket vesz fel, tehát a magyar gazdaság a potenciális szintje fölött teljesíthet.

Előrejelzésünk szerint a munkaerőpiac növekedése folytatódik, és a foglalkoztatottak száma a jövő év végéig 100 ezer fővel emelkedhet. A növekvő aktivitás miatt a munkanélküliségi ráta csak kismértékben csökken, és éves átlagban idén 6,2, míg jövőre 6,0 százalék körül alakul. A bruttó bérek növekedési üteme 2016-ban 4,5, míg 2017-ben 4,7 százalékra gyorsul. Utóbbi azonban a növekvő infláció következtében mindössze 2,9 százalékos reálbér-emelkedést jelent, szemben az idei évre várható 3,7 százalékkal.

A maginfláció továbbra sem indult jelentős emelkedésnek, bár a IV. negyedévben 0,2 százalékponttal nőtt a megelőző időszakhoz képest, ám értéke így is mindössze 1,4 százalék, kismértékben elmaradva várakozásainktól. Előrejelzésünk szerint a mutató értéke 2016 végére korábbi prognózisunktól elmaradva mindössze 1,9 százalékra, 2017 végére pedig 2,2 százalékra nőhet. Az alacsony maginflációhoz legnagyobb mértékben a mérsékelt külső árnyomás járul hozzá. Jelentősen csökkentettük előrejelzésünket az infláció tekintetében is. A mérsékeltebb infláció oka az alacsonyabb olajár, illetve az élelmiszerek

vártnál alacsonyabb áremelkedése. A pénzromlás mértéke az előrejelzés horizontján azonban folyamatosan növekedhet, egyre közelebb kerülve az MNB inflációs céljához. Összességében 2016-ra éves szinten átlagosan 0,8, míg 2017-re 1,8 százalékos inflációt várunk.

Tekintettel a tartósan alacsony külső és belső inflációs környezetre és a stabilan alacsony inflációs várakozásokra, a hazai monetáris politika további lazítást hajthat végre, amelynek egyaránt lehetnek konvencionális és nem konvencionális eszközei – a jegybanki kommunikáció az elsőre utal, tehát várható a kamat további, akár 1 százalék alá történő mérséklése. Az alapkamat csökkentése ellen szól ugyanakkor, hogy a maginfláció nagysága szinte megegyezik az alapkamatéval, és hogy az alacsony inflációs mutatóhoz egyszeri vagy külső tényezők (áfacsökkentés, alacsony olajár) is jelentősen hozzájárulnak. Kérdéses, hogy a Fed milyen ütemben folytatja a megkezdett kamatemelési ciklusát, illetve hogy az EKB tovább lazítja-e politikáját.

3. táblázat: A főbb makrogazdasági változók várható alakulása

	2015	2016	2017
Bruttó hazai termék (volumenindex)*	2,9	2,4	3,0
A háztartások fogyasztási kiadása (volumenindex)*	3,1	3,3	3,1
Bruttó állóeszköz-felhalmozás (volumenindex)*	1,9	-2,2	2,5
Kivitel volumenindexe (nemzeti számlák alapján)*	8,4	7,7	6,1
Behozatal volumenindexe (nemzeti számlák alapján)*	7,8	6,9	5,5
A külkereskedelmi áruforgalom egyenlege (milliárd euró)	8,1	9,4	10,5
Fogyasztóiár-index (%)	-0,1	0,8	1,8
A jegybanki alapkamat az időszak végén (%)	1,35	1,05	1,05
Munkanélküliségi ráta (%)*	6,8	6,0	5,8
A bruttó átlagkereset alakulása (%)*	4,2	4,5	4,7
A folyó fizetési mérleg egyenlege a GDP százalékában	4,6	5,3	5,2
Külső finanszírozási képesség a GDP százalékában	9,9	7,6	8,4
Az államháztartás ESA-egyenlege a GDP százalékában	-1,8	-1,6	-1,0
GDP-alapon számított külső kereslet (volumenindex)*	2,0	2,4	2,4

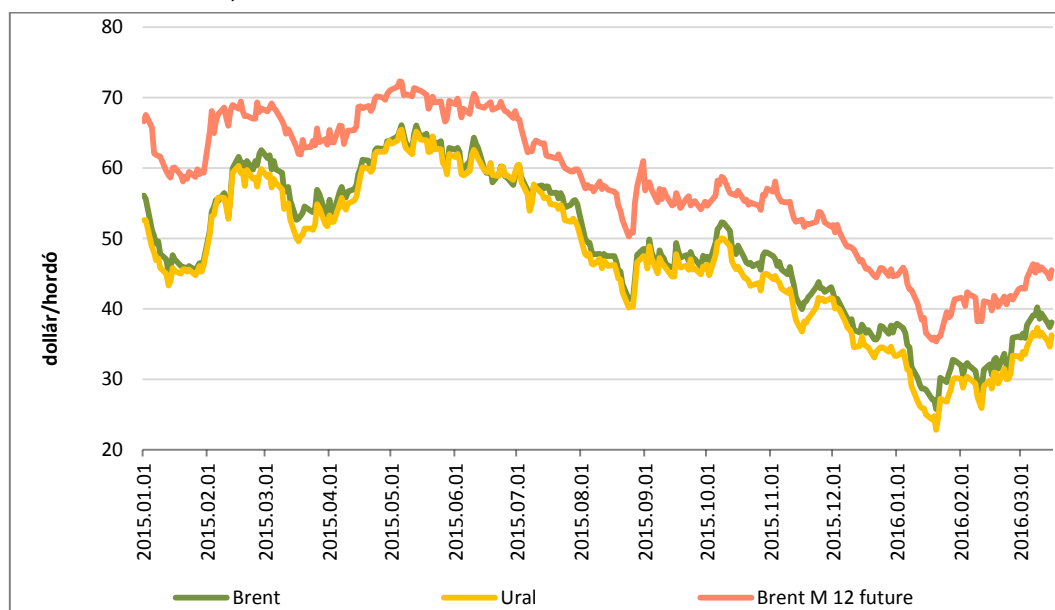
* Szezonálisan kiigazított adatokból számítva. Forrás: MNB, KSH, Századvég-számítás

3 Nemzetközi energiapiaci folyamatok

3.1 Olajpiac

2015 harmadik és negyedik negyedében folytatódott a kőolajár csökkenése. A Brent-ár 2016. január közepén érte el mélypontját, amikor hordónként 30 dollár alá süllyedt. Az olajár február–március folyamán el tudott mozdulni mélypontjáról, és egészen a 40 dollár/hordó-szintig emelkedett.

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



Forrás: Reuters

Az árfordulat vélhetően elsősorban abból a befektetői várakozásból fakad, hogy a meghatározó kitermelők széles köre – köztük Szaúd-Arábia és Oroszország – meg fog tudni egyezni az olajkitermelési szint befagyasztásáról. Január folyamán szűkebb körben már kötött egy hasonló megállapodás, ugyanakkor a résztvevők annak életbelépését Irak és Irán csatlakozásához kötötték. A Kőolaj-exportáló Országok Szervezetének (OPEC) országai, valamint más, OPEC-en kívüli jelentős kitermelők áprilisban fogják megtartani az olajárat alapvetően meghatározó tanácskozásukat. Fontos kiemelni, hogy amennyiben a résztvevők valóban befagyasztanák kitermelésüket, az annak rekordszintjén történne. Az olajpiacra fokozatosan visszatérő Irán a tárgyalásokkal kapcsolatban úgy nyilatkozott, hogy később, termelése felfuttatását követően csatlakozna a megállapodáshoz.

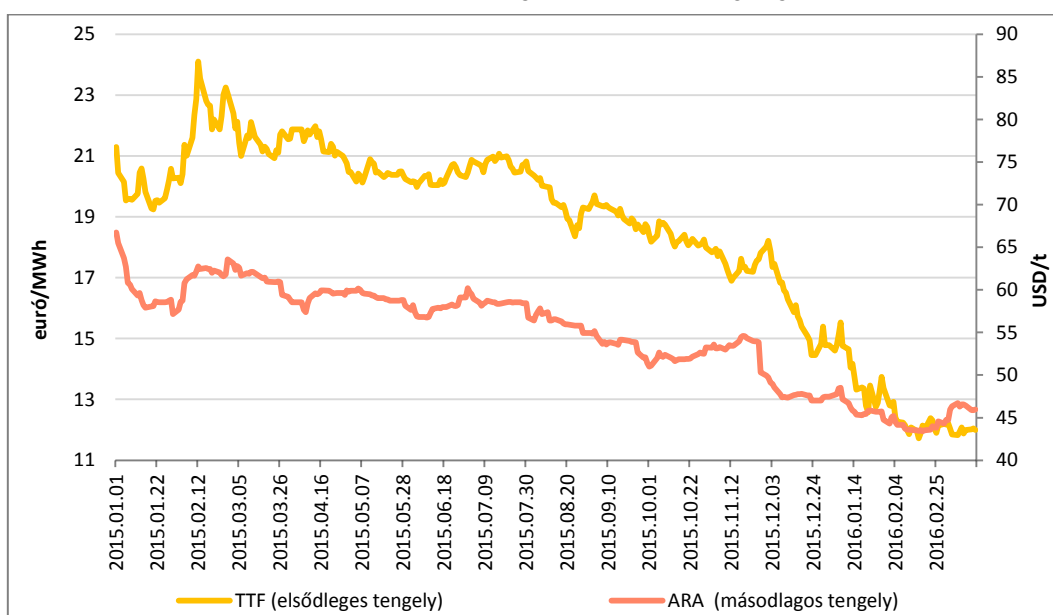
A Nemzetközi Energiaügynökség (IEA) előrejelzése szerint 2016 folyamán jelentősen csökkenhet az olajpiaci túlkínálat, míg 2017 folyamán állhat be a piaci egyensúly. A szervezet várakozásai szerint ez annak ellenére következik be, hogy a világpiaci olajkereslet éves viszonylatban mindössze napi 1,2 millió hordóval emelkedik 2016-ban, szemben a 2015-ös

1,6 millió hordóval. Ugyanis az IEA szerint az OPEC-en kívüli országok kitermelése 750 ezer hordóval mérséklődik 2016-ban, míg az OPEC kitermelése stabil marad¹. Hozzáteesszük, az amerikai kitermelés radikális visszaeséséről szóló prognózisok az első két hónap tényadatai alapján eltúlzottnak tűnnek, főként, hogy a kitermelési költségük lényegesen alacsonyabbnak bizonyult, mint azt korábban vélelmezték. Az iparági szakértők ma már úgy vélik, hogy a hordónkénti 30 dolláros olajár mellett esetlegesen veszteségbe forduló amerikai palaolaj-termelés 40 dolláros szint mellett ismét gazdaságosan működtethető, ráadásul e kutak lényegesen rugalmasabb kitermelést tesznek lehetővé.

Az elemzői konszenzus a 2016-os évre vonatkozóan átlagosan 35–45 dolláros hordónkénti jegyzésárat tart valószínűnek, a várakozások szerint az ár középtávon sem emelkedik 60 dollár fölé.

3.2 Szénpiac

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



Forrás: Reuters

Az európai nagykereskedelmi szénár szempontjából irányadó ARA típusú szén jegyzésára 2016 februárjában érte el a mélypontját, amikor az energiahordozó tonnánkénti ára 44 dollár alá csökkent. Ez az érték 30 százalékkal marad el az egy évvel korábbtól, míg 2011-hez képest 70 százalékkal lett olcsóbb a szén. 2016 márciusában kismértékű árkorrekció következett be, de a jegyzésár nem tudta átlépni a 47 dollár/tonna szintet. A szén árának 2012 óta tartó folyamatos visszaesése egyértelműen a csökkenő világpiaci kereslet eredménye.

¹ IEA, Oil Market Report 11 March 2016., <https://www.iea.org/oilmarketreport/omrpublic/> (2016. III. 24.).

A globális szénfogyasztás több mint 10 százalékáért felelős Egyesült Államokban elsősorban a palagáz-forradalom miatt állt csökkenő pályára a szénfogyasztás, hiszen az olcsó hazai termelésű földgáz kiszorítja a szenet a villamosenergia-piacról. Az EIA (US Energy Information Administration) adatai szerint 2015 első 11 hónapjában az amerikai szénfogyasztás éves bázison közel 12 százalékkal csökkent, míg a széntermelés az év első 9 hónapjában éves szinten 8 százalékkal zsugorodott². Az USA-ban kialakult masszív túlkínálat jelentős szerepet tölt be az világpiaci és európai jegyzésárak letörésében. A szénkitermelés kilátásalanságát jól mutatja, hogy a legnagyobb amerikai széntermelő vállalat 2016 februárjában csődvédelmet kért.

A szén árának 2015-ben tapasztalt csökkenésében főszerepet töltött be a kínai szénimport drasztikus, éves összevetésben 35 százalékos visszaesése, míg a szénfogyasztás 5 százalékkal zsugorodott. Mivel Kína a világ szénfelhasználásának körülbelül 50 százalékát adja, így belátható, hogy milyen méretű keresleti oldali sokkot jelent az ország „szénéhségének” csökkenése. A kínai szénfogyasztás csökkenése mögött két fő tényező állt. Egyrészt a városi légszennyezettség csökkentése, illetve a sokasodó bányabalesetek megfékezése érdekében a kormány csökkentette és tovább fogja csökkenteni a szén arányát az ország energiafelhasználásának szerkezetében, amelyet megújuló-, illetve nukleárisenergia-termeléssel pótol. A szén kiváltása a vártnál lényegesen gyorsabban zajlik. Másrészt a távolkeleti gazdaság növekedése lassul, illetve átalakul, amit jól mutat, hogy villamosenergia-fogyasztása 2015-ben 0,2 százalékkal csökkent. A következő években az előbbi két trend eredőjeként a szénfogyasztás további csökkenése prognosztizálható.³ Így az európai szénárak nyomás alatt tartó globális túlkínálat akár fokozódhat is. A határidős indexek 2017-re és 2018-ra 40 dollár/tonná-s árat vetítenek előre.

3.3 Földgázpiac

3.3.1 A földgázárak csökkenése

A meghatározó energiahordozók és nyersanyagok világpiaci árának esésébe 2015–2016 folyamán a földgáz is bekapcsolódott. Az európai kontinentális, illetve a hazai nagykereskedelmi földgázárakat alapvetően meghatározó holland gáztőzsdei ár (TTF) a 2015 első hónapjait jellemző 19–22 euró/MWh-s szintről december végére 15 euró/MWh alá esett vissza. A gázár ezt követően tovább csökkent, 2016. február–március folyamán megawattónként 12 eurón stabilizálódott.

² EIA, Coal Data, <http://www.eia.gov/coal/data.cfm> (2016. III. 24.).

³ Climate Central, China's Coal Use Declines As Electricity Demand Falls Flat, <http://www.climatecentral.org/news/china-coal-use-declines-electricity-demand-flat-19931> (2016. III. 24.).

Az európai földgázár 2015–2016 során kibontakozott meredek visszaesése döntően az olajáresés, a cseppfolyósított földgáz (LNG) tekintetében kialakult globális túlkínálat következménye, de rövid távon az enyhe tél is szerepet játszott.

3.3.2 Olajáresés

Bár az olajindexált árazás szerepe és súlya folyamatosan csökken a gázz szállítási szerződések esetében, az ázsiai importárakat nagymértékben, az európai importárakat csökkenő mértékben ugyan, de továbbra is alakítja. Az olajár 2014 augusztusa és 2016 márciusa között a harmadára esett vissza, az árcsökkenés pedig 6–9 hónapos késéssel folyamatosan begyűrűzött az árakba⁴.

3.3.3 LNG-túlkínálat

Az ázsiai LNG-piacon 2014–2015 folyamán jelentős, egyre növekvő túlkínálat alakult ki. Ennek kínálati oldali mozgatója az volt, hogy 2013-tól kezdődően folyamatosan növekszik az ausztráliai–kelet-ázsiai térségben a földgáz-cseppfolyósító terminálok kapacitása. A magas ázsiai gázárakra és növekvő igényekre tervezett LNG-terminálok által az ázsiai piacra juttatott földgáz ugyanakkor gyengülő kereslettel találkozik. A 2014-ig dinamikusan bővülő LNG-kereslettel rendelkező, meghatározó ázsiai piacokon ugyanis 2015-ben fordulat állt be, a japán LNG-import mennyisége éves összevetésben 4, a dél-koreaié 11 százalékkal esett vissza⁵. Az ázsiai piacon kialakult túlkínálat eredményeként az ázsiai és európai földgázárak konvergenciája következett be, az Ázsiából Európába visszatérő LNG-szállítmányok pedig nyomás alá helyezték a kontinensen jellemző gázárakat.

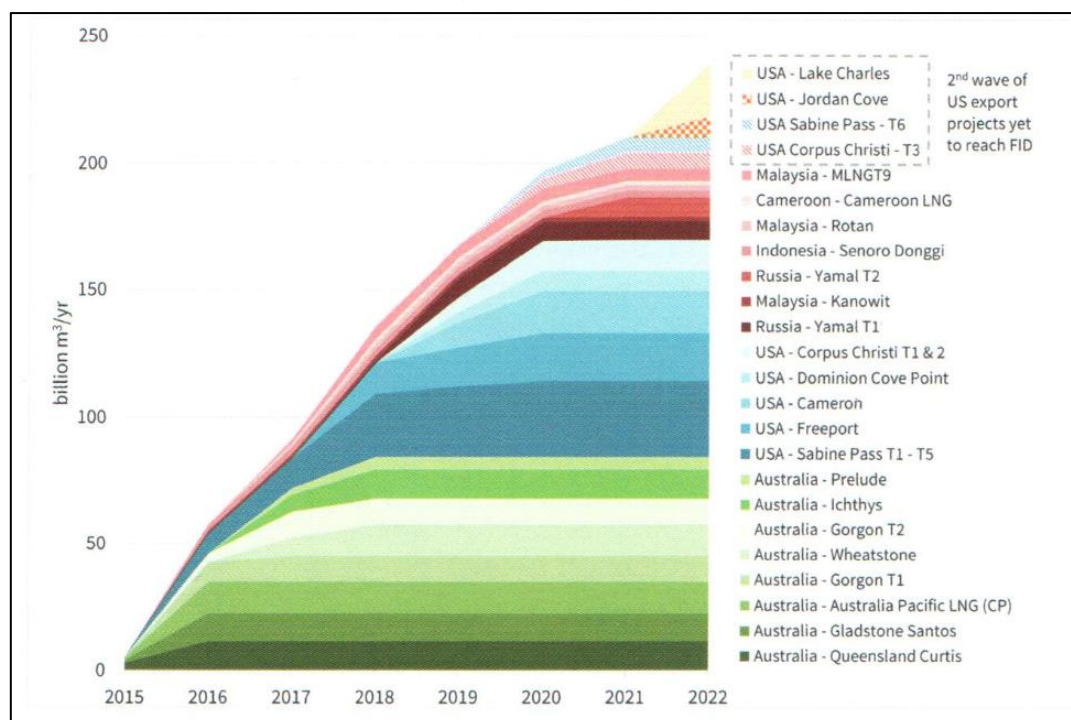
A földgázpiacon kialakult globális túlkínálat 2016–2020 között várhatóan fokozódni fog. 2015–2020 folyamán várhatóan 200 milliárd köbméternyi földgáz-cseppfolyósító kapacitás fog termelésbe állni, döntő részben Ausztráliában és az USA-ban (3. ábra). Ezzel szemben az ázsiai gázigény csökkenése vetíthető előre, illetve az európai gázimportigény esetében sem várható jelentős emelkedés.

Mérföldkőnek tekinthető, hogy az Egyesült Államok a rohamosan növekedő gázkitermelése következményeként 2015 végére nettó exportőr lett, és 2016 februárjában első ízben belépett a globális LNG-piacra. Az első szállítmány a Mexikói-öböl partján található Sabine Pass terminálból indult el.

⁴ Timera Energy, European gas hub dynamics in 2016, <http://www.timera-energy.com/european-hub-dynamics-in-gas-glut-ii/> (2016. III. 25.).

⁵ The Wall Street Journal, Global Demand for LNG Drops on Weak Demand in Asia and Increased Production, <http://www.wsj.com/articles/global-demand-for-lng-drops-on-weak-demand-in-asia-and-increased-production-1452675600> (2016. III. 25.).

3. ÁBRA: AZ ÉPÍTÉS ALATT ÁLLÓ, ILLETVE TERVEZETT FÖLDGÁZ-CSEPPFOLYÓSÍTÓ KAPACITÁSOK
(2015–2022)



Forrás: Timera Energy – LNG Industry

3.3.4 A földgázpiac átalakulása

A LNG-kínálat növekedése az árak egyetemes csökkenése mellett számos egyéb hatást indukál a globális földgázpiacon. Árkonvergenciát kiváltó hatása már 2014–2015 folyamán kibontakozott, hiszen jelentősen csökkentek a regionális gázárak (Európa és Ázsia) közötti különbségek. A földgázpiaci likviditás további bővülése következtében a piac várhatóan átterelődik a rövidebb termékek irányába, rugalmasabbá válik, hiszen az ellátásbiztonság szavatolása nem fogja igényelni 20 éves, hosszú távú szerződések megkötését, illetve kisebb mennyiségű tételek vásárlása is lehetővé válik. A gázimportszerződések árazása vélhetően véglegesen el fog szakadni az olajáraktól, és tisztán piaci alapúvá válik. Az amerikai LNG-piaci dominancia eredményeként egyre erőteljesebbé válhat a Henry Hub-alapú árazás.

3.3.5 Árverseny

Geopolitikai szempontból is különösen fontos jelenség kibontakozása várható az európai gázpiacon, hiszen az LNG-kínálat növekedése jelentős árverseny kialakulását okozza a hagyományos ellátók, azaz Oroszország (Gazprom) és Norvégia (Statoil), valamint az amerikai és más LNG-exportőrök között.

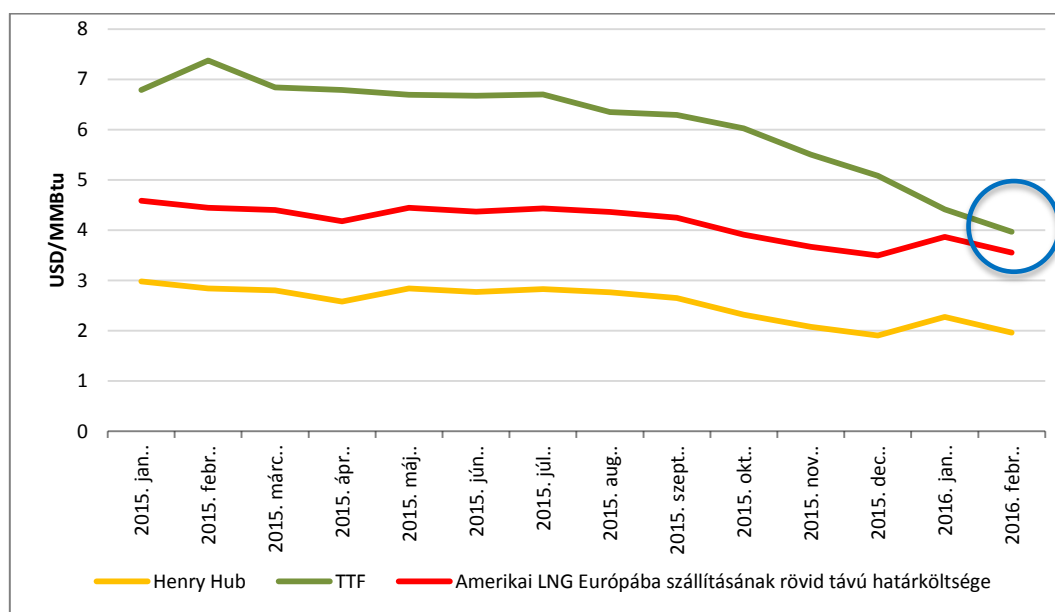
A kiélezett árversenyt jól szemlélteti a 4. ábra. Az ábrán a sárga görbe az amerikai tőzsdei gázár (Henry Hub), a zöld görbe az európai tőzsdei gázár (TTF) mutatja. A piros görbe pedig az amerikai LNG Európába történő szállításának rövid távú határkölttségét szemlélteti a

2016-ban termelésbe állt Sabine Pass LNG-terminál esetében rendelkezésre álló adatokkal számítva⁶. Az ábra tanúsága szerint 2016 februárjában az európai gázár 4 USD/MMBtu volt⁷, míg az amerikai LNG Európába történő szállításának rövid távú határkölsége kismértékben alacsonyabb volt. Ebből az a következtetés vonható le, hogy a jelenlegi gázárak mellett, amennyiben egy LNG-terminál már termelésbe állt az USA-ban, már gazdaságos lehet számára a földgáz Európába történő szállítása. A jelenlegi alacsony európai árak tartóssá válása ugyanakkor csekély megtérülést biztosíthat a projekteknek, ami a tervezett, de még nem épülő új terminálok esetében negatívan befolyásolhatja a beruházói döntést.

A hagyományos ellátóknak a növekvő árverseny következtében vélhetően nem lesz más lehetőségük, mint tovább csökkenteni importáraikat. Mind az orosz, mind a norvég vállalatok számára egyaránt Európa jelenti a piacot, így piaci részesedésüket vélhetően bármely árszinten igyekezni fognak megőrizni.

Az árverseny az európai fogyasztók számára ugyanakkor egyértelműen pozitív hozadékkal jár, hiszen az árak további csökkenését, az alacsony gázár stabilizálódását eredményezi.

4. ÁBRA: A HENRY HUB-, A TTF-ÁR, VALAMINT AZ AMERIKAI LNG EURÓPÁBA TÖRTÉNŐ SZÁLLÍTÁSÁNAK RÖVID TÁVÚ HATÁRKÖLSÉGE A SABINE PASS LNG-TERMINÁL PÉLDÁJÁN



Forrás: Reuters, MNB, Századvég-számítás

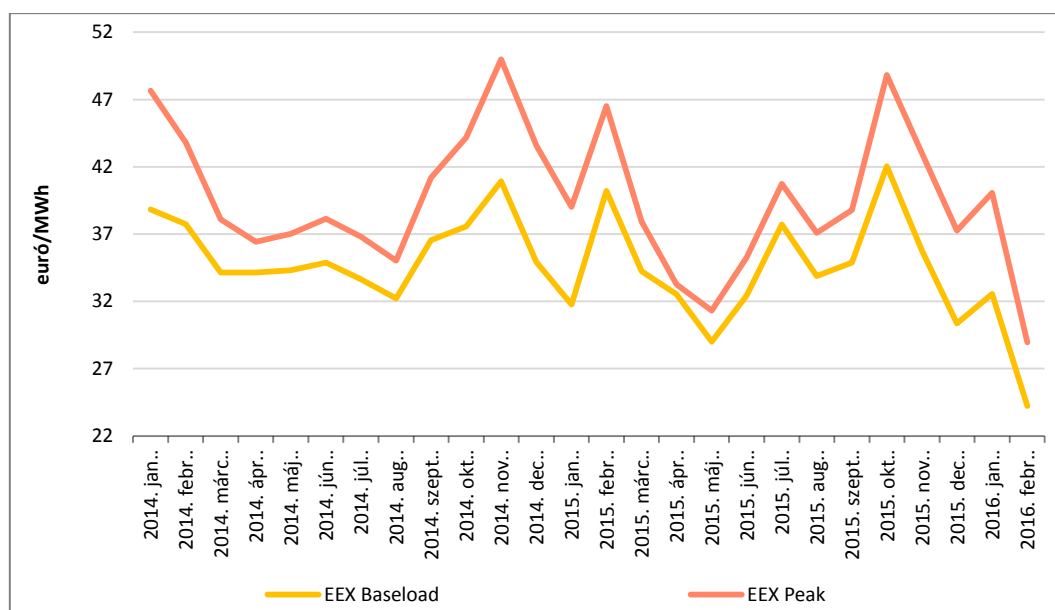
⁶ Cheniere Energy – The U.S. LNG Price Arbitrage Is Alive And Profitable.

⁷ A könnyebb összehasonlítás érdekében az európai gázárát is az USA-ban használatos USD/MMBtu egységre konvertáltuk át. 1 MMBtu 0,2931 MWh-nak felel meg.

3.4 Villamosenergia-piac

Az európai tőzsdei villamosenergia-ár 2011 óta tartós gyors csökkenése 2015-ben lelassult, az átlagár 2014-hez képest közelítőleg 1 euró/MWh-val csökkent. 2016. február–március folyamán az árak meredek csökkenése következett be, a lipcsei áramtőzsdén a zsinórtermék ára 24–27 euró/MWh-ra esett vissza az egy évvel korábbi 34–40 euró/MWh-ról.

5. ÁBRA: A ZSINÓRTERMÉK ÉS A CSÚCSTERMÉK ÁRÁNAK ALAKULÁSA A LIPCSEI VILLAMOSENERGIA-TŐZSDÉN



Forrás: Reuters

A nagymértékű árcsökkenésben a villamosenergia-árat meghatározó fundamentumok mellett a rendkívül enyhe időjárás is szerepet játszhatott:

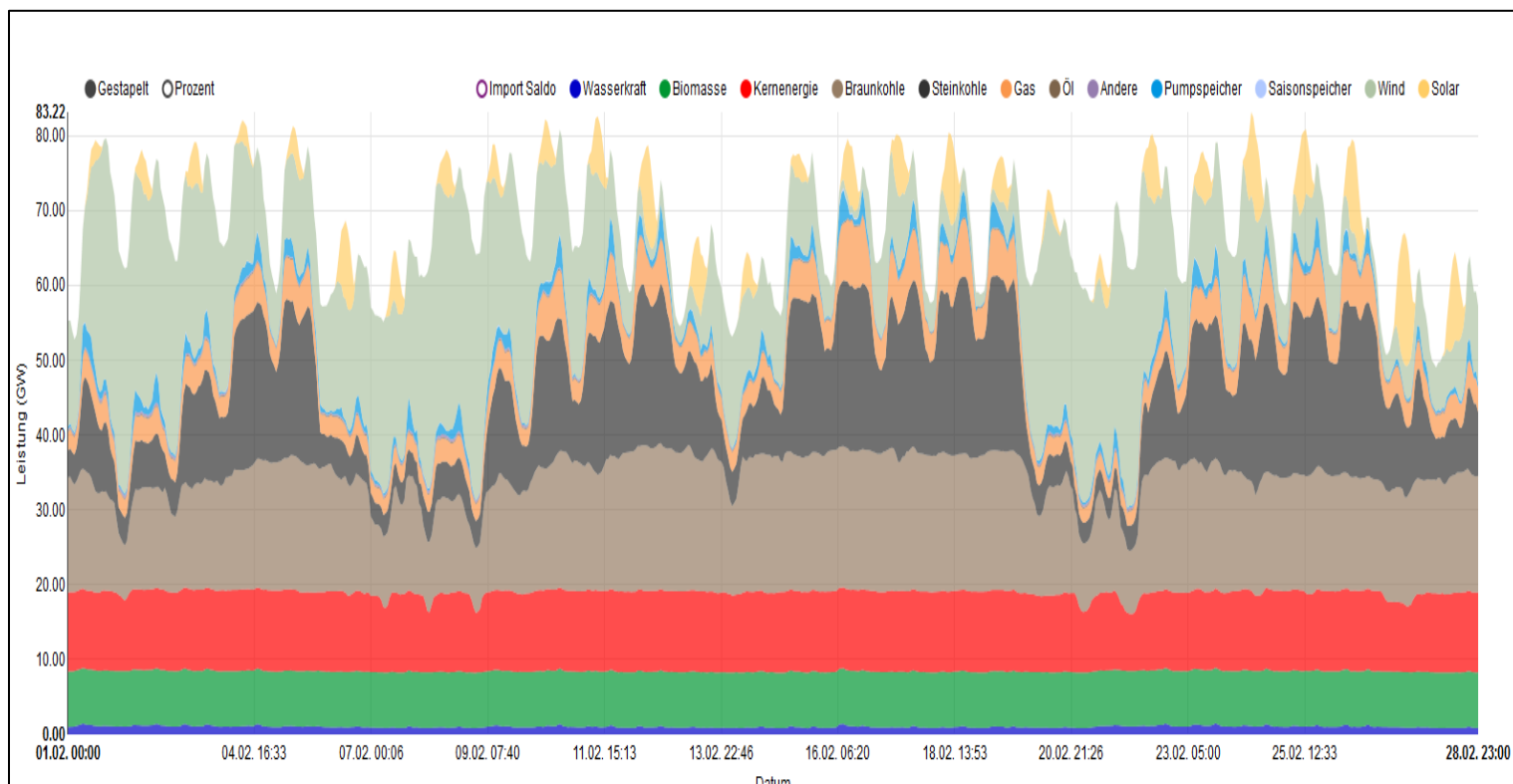
- **Földgázár csökkenése:** Az európai tőzsdei földgázár (TTF) 2015 szeptembere és 2016 januárja között 19-ről 12 euró/MWh-ra esett vissza. Az ár február és március folyamán ezen a szinten stabilizálódott. Ilyen gázárak mellett a magas hatásfokú, kombinált ciklusú gázerőművek rövid távú határköltése (tüzelőanyag- és szén-dioxid-költsége) 24–26 euró/MWh.
- **Megújulóalapú villamosenergia-termelés folyamatos növekedése:** A megújulóenergia-termelés az Európai Unió országaiban ártámogatásban részesül. Mivel a beruházások megtérülését a fogyasztói árakon keresztül finanszírozzák, illetve a technológia változó költsége elhanyagolható, így a növekvő megújuló forrásból származó villamos energia egyre nagyobb mennyiségű, olcsó kínálatot biztosít, aminek következtében leszorítja a tőzsdei áramárát.⁸

⁸ BDEW, Erneubare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken (2016), [https://www.bdew.de/internet.nsf/res/7BD63123F7C9A76BC1257F61005AA45F/\\$file/160218_Energie-Info_Erneuerbare%20Energien%20und%20das%20EEG_2016_final.pdf](https://www.bdew.de/internet.nsf/res/7BD63123F7C9A76BC1257F61005AA45F/$file/160218_Energie-Info_Erneuerbare%20Energien%20und%20das%20EEG_2016_final.pdf) (2016. III. 24.).

A támogatási rendszereknek köszönhetően folyamatosan emelkedik a megújulóenergia-termelés az unió országaiban. Például Németországban a szélerőművek által megtermelt áram mennyisége a 2010-ben regisztrált 38 TWh-ról 2014-re 57 TWh-ra, 2015-re 88 TWh-ra emelkedett. Azaz egyetlen év alatt több mint 30 TWh-val nőtt a német szélerőművi termelés, ami megegyezik a teljes magyarországi villamosenergia-termeléssel. A német napelemes kapacitás pedig a 2010-ben regisztrált 11,7 TWh-ról 2014-re 36,1 TWh-ra, 2015-re pedig 38,4 TWh-ra emelkedett.

- **Villamosenergia-fogyasztás csökkenése:** A februárban és márciusban tapasztalt, 2015-ben jellemzőnél több fokkal magasabb hőmérséklet következtében Európában várhatóan csökkent a villamosenergia-fogyasztás.⁹
- **Megújulóenergia-termelésnek kedvező időjárás:** A szélerőművek és a napelemek beépített teljesítőképességének emelkedésével párhuzamosan a villamosenergia-ár időjárás-függősége is növekszik. Februárban és márciusban az időjárás rendkívül kedvező volt a megújulóenergia-termelés szempontjából. Példaként tekintsük az európai áramárakat alapvetően meghatározó német villamosenergia-termelés 2016. februári összetételét (6. ábra).

6. ÁBRA: A NÉMETORSZÁGI VILLAMOSENERGIA-TERMELÉS ÖSSZETÉTELE 2016 FEBRUÁRJÁBAN



Forrás: Fraunhofer ISE¹⁰

⁹ Az adatzárás időpontjáig nem publikálták a februári és márciusi európai villamosenergia-fogyasztási adatot.

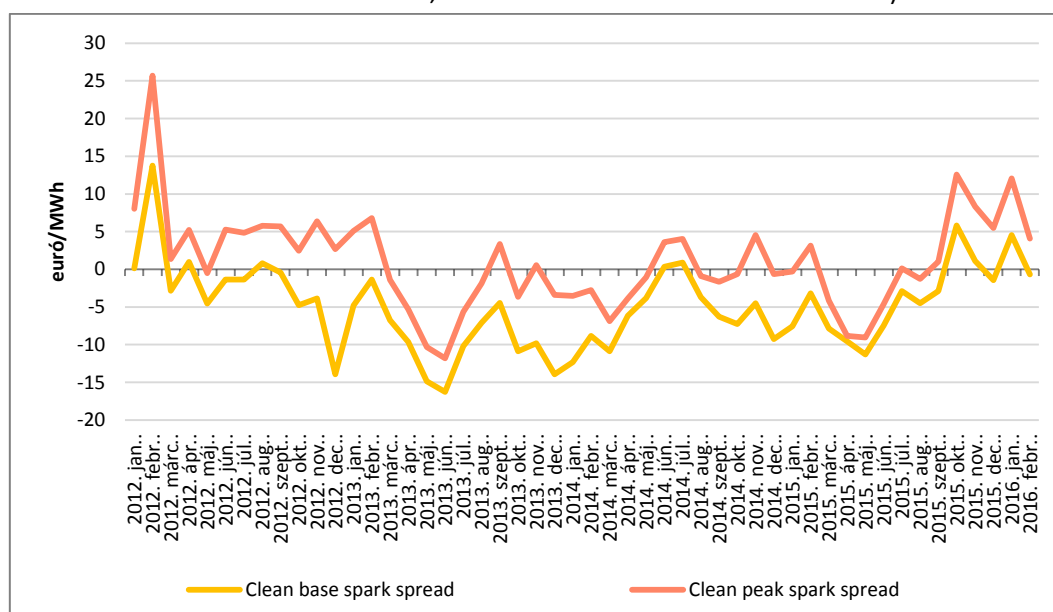
¹⁰ Fraunhofer ISE, Stromproduktion in Deutschland im Februar 2016., https://www.energy-charts.de/power_de.htm (2016. III. 24.).

Az ábráról leolvasható, hogy a rendkívül erős és stabil szélnek köszönhetően a hónap közel egyharmad részében a villamosenergia-igény 30–50 százalékát szélenergia és napelemek szolgáltatták. Így a tőzsdére kerülő, rendkívül nagy mennyiségű, megújuló forrásból származó villamos energia a korábbi indoklásnak megfelelően erős nyomást fejtett ki az áramárakra. Azokban az időszakokban, amikor a szélenergia termelése elérte a teljes rendszerterhelés felét, illetve az áramigény alacsony volt (hétvége), negatív árak is kialakultak. Különleges jelenségként az is azonosítható, hogy ezen időszakokban még egyes atomerőműveket is visszaterheltek.

Az európai határidős árak a következő évekre további tőzsdei villamosenergiaár-esést vetítenek előre. 2016 márciusában a lipcsei villamosenergia-tőzsdén a 2017-es fizikai szállítási éves zsinórtermékár 22 euró/MWh, a 2019-es pedig mindössze 20,5 euró/MWh volt.

3.5 A gázalapú villamosenergia-termelés versenyképessége Európában

7. ÁBRA: A GÁZALAPÚ VILLAMOSENERGIA-TERMELÉS GAZDASÁGOSSÁGÁNAK VIZSGÁLATA (CLEAN BASE SPARK SPREAD, ILLETVE CLEAN PEAK SPARK SPREAD)



Forrás: Reuters, Századvég-számítás

A földgáztermelés számára az európai energiapiaci környezet 2011-ig rendkívül kedvező volt a magas villamosenergia-áraknak köszönhetően. 2012 és 2015 között azonban a tőzsdei áramár rohamos csökkenése következett be, míg a tőzsdei földgázár egészen 2015 végéig stabil maradt. 2015 decembere–2016 januárja folyamán a földgázár gyors és jelentős csökkenése következett be az európai tőzsdéken, ami paradigmaváltást jelentett gáztermelés számára.

A földgázerőművek villamosenergia-piaci jövedelmezőségét jól mintázza az ún. Clean Spark Spread mutató, amelyet oly módon számítanak ki, hogy a piaci villamosenergia-árból levonják a földgáztüzelésű erőművek tüzelőanyag-költségét (figyelembe véve a hatásfokot), illetve szén-dioxid-költségét. Amennyiben a mutató előjele negatív, az azt jelenti, hogy a gázerőművek árbevétele még a folyó költségeiket sem fedezi, a termelés veszteséges.

Az egyes európai gázerőművek hatásfoka és fajlagos szén-dioxid-kibocsátása eltérő, ezért a mutató meghatározása során konvenciókat alkalmaznak. A hatásfokot illetően többféle értékre is képezik a mutatót, számításaink során 55 százalékos hatásfokot alkalmaztunk. A fajlagos szén-dioxid-kibocsátást illetően pedig adaptáltuk a Platts energiapiaci metodikájában szereplő értéket¹¹ (0,053942 tCO₂e/MMBtu).

A Clean Spark Spread a villamosenergia-zsinórtermék árát figyelembe véve már 2012 márciusában negatív tartományba került, míg a csúcstermék árát tekintve a mutató 2013 márciusától vett fel negatív előjelet. A Clean Spark Spread értéke az európai földgázár radikális csökkenése következtében 2015 végén–2016 elején tudott újra tartósan pozitív tartományba kerülni.

Az európai földgázár tartósan alacsonynak ígérkezik, ugyanakkor – tekintettel a határidős indexek által a következő évekre előrevetített 20–21 euró/MWh-s villamosenergia-árra – kérdéses, hogy a gázerőművek jövedelmezőségében tapasztalt fordulat mennyire lesz tartós.

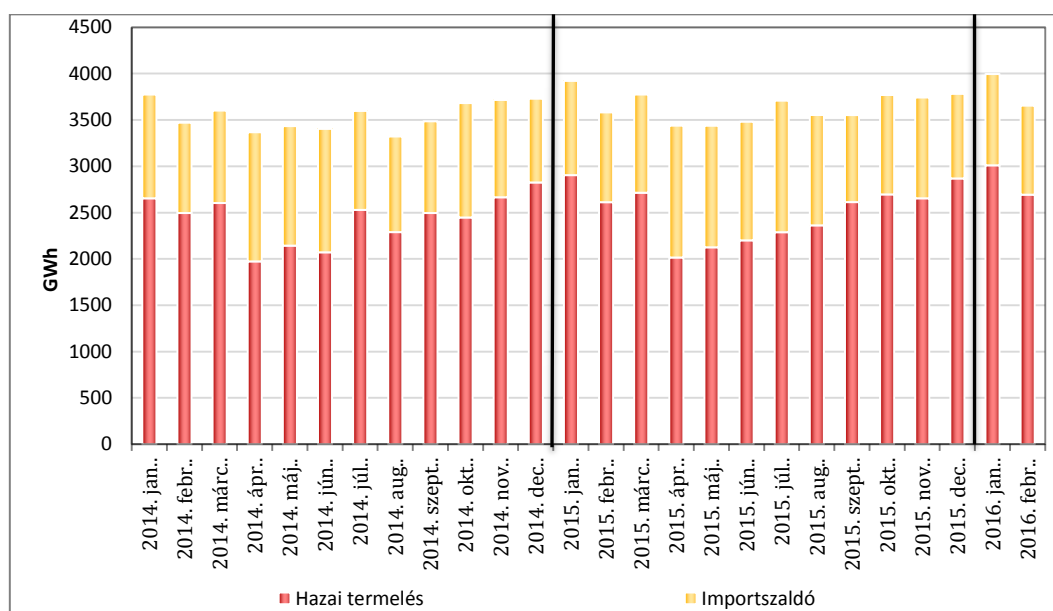
¹¹ Platts, Methodology and Specifications Guide – European Electricity Assessments and Indices, https://www.platts.com/IM.Platts.Content/methodologyreferences/methodologyspecs/european_power_methodology.pdf (2016. III. 23.).

4 Hazai energiapiaci folyamatok

4.1 A villamosenergia-piac alakulása

A hazai villamosenergia-fogyasztás növekedése 2015 negyedik negyedében is folytatódott, ugyanakkor az emelkedés mértéke jelentősen elmaradt az év első kilenc hónapjában tapasztalttól. 2015. október–december folyamán a bruttó villamosenergia-felhasználás 1,5 százalékkal haladta meg az előző év azonos időszakában regisztrált értéket, míg az egész évet tekintve a villamosenergia-igény növekedése 2,7 százalék (1159 GWh) volt. Így a bruttó villamosenergia-felhasználás 2015-ben meghaladta a 43,7 TWh-t.

8. ÁBRA: A HAZAI VILLAMOSENERGIA-RENDSZER FORRÁSAINAK ALAKULÁSA



Forrás: MAVIR

A rendkívüli áramigény-bővülés okai a következők voltak:

- **Hőmérséklet:** 2015-ben a nyári hónapokban 1,3–3,7 C-kal haladta meg az átlaghőmérséklet az egy évvel korábbit. A magasabb hőmérséklet elsősorban a lakossági és a szolgáltató szektorban eredményezte a hűtési célú villamosenergia-fogyasztás kiemelkedő mértékű emelkedését, de a megnövekedett áramigény az ipari fogyasztók esetében is kimutatható volt. A klímaberendezések penetrációját, villamosenergia-fogyasztásra gyakorolt hatását illetően nem készül országos statisztika, irányadók lehetnek viszont a MAVIR országos szintű (átviteli hálózaton mért) mérési tapasztalatai, amely szerint 24 C felett minden további 1 C-os emelkedés 90–100 MW-os terhelésnövekedést eredményez¹².

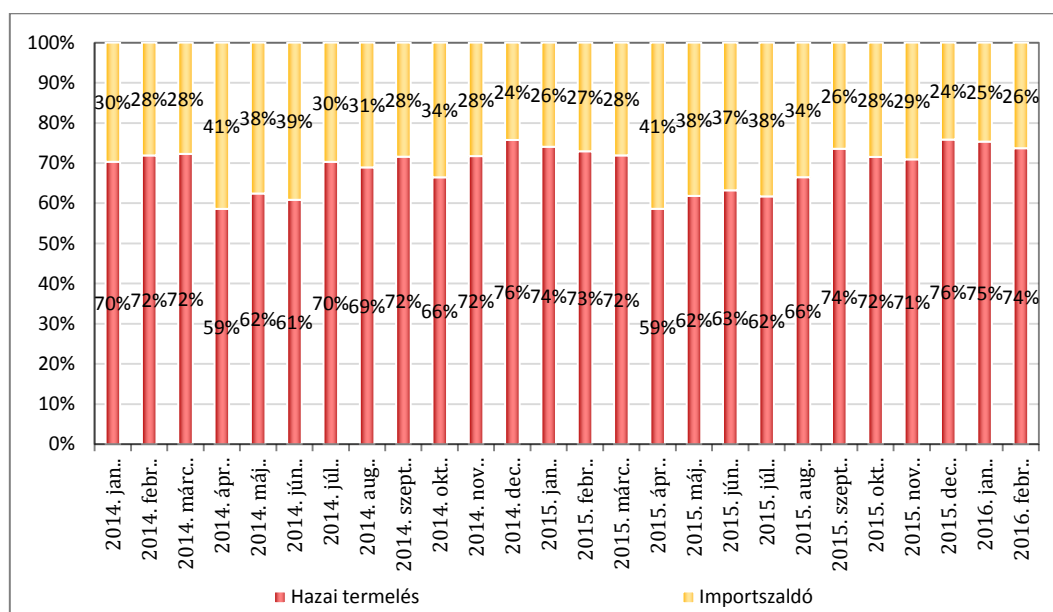
¹² MAVIR-sajtóközlemény: Rekord nyári villamosenergia-terhelést mért a MAVIR, 2015. július 8.

Az áramfogyasztás hőmérsékletfüggése a klímaberendezések penetrációjának növekedésével tovább fog emelkedni.

A 2015-ös, kiemelkedően forró nyár villamosenergia-rendszerterhelési szempontból is történelmi eseményt idézett elő, hiszen először fordult elő, hogy a nyári csúcsterhelés (6456 MW) magasabb volt, mint a téli (6447 MW).

- **Dinamikus ipari termelésbővülés:** A 2014-es 8,7 százalék után 2015-ben 8,1 százalékkal növekedett a feldolgozóipar termelési értékének volumenindexe, ami az előzetesen vártnál magasabb érték. A két vizsgált évben az ipari termelés növekedésének szerkezete hasonló volt.
- **Bázishatás:** 2014 első három hónapja rendkívül enyhe időjárást hozott, aminek köszönhetően a magas ipari termelésbővülés ellenére is az áramfogyasztás csökkenése volt regisztrálható. A jelenség magyarázata az, hogy a villamosenergia-fogyasztásnak télen is van hőmérsékletfüggése, igaz, a két mennyiség közötti kapcsolat gyengébb, mint nyáron. Részben ennek az alacsony bázisnak köszönhető a villamosenergia-felhasználás 2015 első negyedében tapasztalt 4 százalékos növekedése.
- **Erőművi önfogyasztás:** 2015-ben a hazai erőművek termelése 3 százalékkal haladta meg a megelőző évit. A megnövekedett erőművi termelés becslésünk szerint 60–70 GWh-val járulhatott hozzá a villamosenergia-felhasználás bővüléséhez.

9. ÁBRA: A VILLAMOSENERGIA-FORRÁSOK ÖSSZETÉTELE

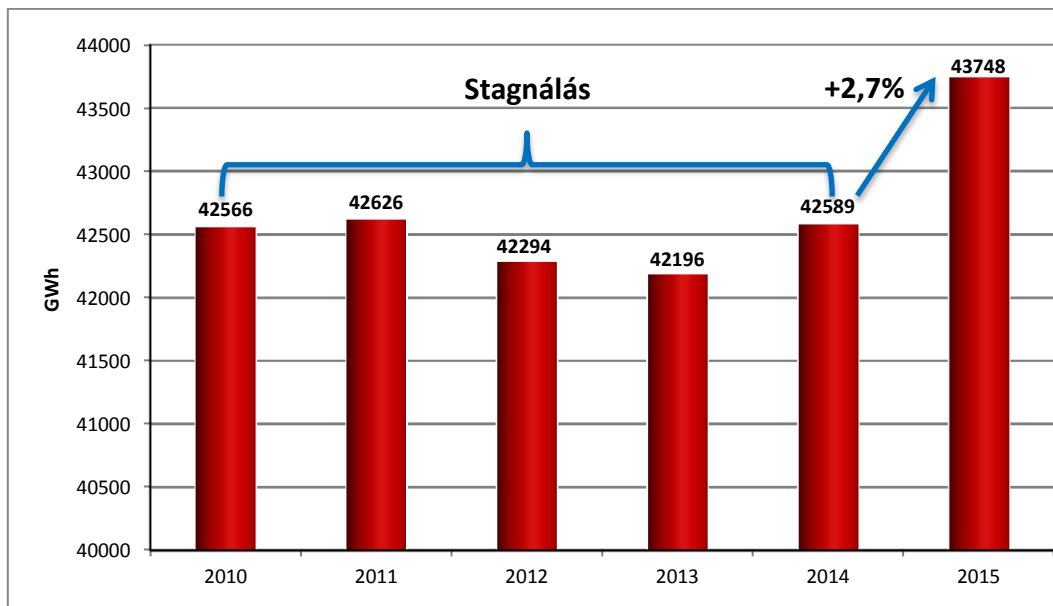


Forrás: MAVIR, Századvég-számítás

2015 negyedik negyedében a villamosenergia-import mind részarányát, mind mennyiségét tekintve csökkent. A vizsgált időszakban hazánk villamosenergia-igényének 27 százalékát elégítette ki importforrásból, míg 2014 utolsó három hónapjában ez az érték 29 százalék

volt. Az egész évet tekintve ugyanakkor a villamosenergia-importszaldó részaránya 2014-ben és 2015-ben is meghaladta a 31 százalékot.

10. ÁBRA: AZ ÉVES BRUTTÓ VILLAMOSENERGIA-FELHASZNÁLÁS ALAKULÁSA (2010–2015)



Forrás: MAVIR, Századvég-számítás

A válság óta eltelt időszakban a 2015-ös év volt az első, amely a bruttó villamosenergia-felhasználás számottevő emelkedését hozta. A bruttó villamosenergia-felhasználás ugyanis 2010–2014 között gyakorlatilag stagnált. Az adatok részletesebb vizsgálata kismértékben árnyaltabbá teszi a képet, hiszen a végfogyasztói áramigény (nettó villamosenergia-fogyasztás) az említett időszakban kismértékben ugyan (700 GWh), de emelkedett. Ezt ugyanakkor két tényező, az erőművi önfogyasztás és a hálózati veszteség csökkenése ellensúlyozni tudta.

- Az erőművi önfogyasztás csökkenésének egyik oka az volt, hogy a hazai gázalapú villamosenergia-termelést részben áramimport váltotta ki, a másik pedig, hogy több alacsony hatékonyságú erőművet leállítottak.
- A hálózati veszteség csökkenése pedig döntően a villamosenergia-fogyasztás szerkezetének átalakulásából eredt. A villamos energia szállítása nagyfeszültségen történik, az ipari fogyasztók a villamos energiát nagy-, illetve középfeszültségen vételezik, míg a lakossági fogyasztók kiefeszültségen. Ebből következően lakossági fogyasztók esetében lényegesen alacsonyabb feszültség szintre szükséges transzformálni az áramot, ami magasabb hálózati veszteséget eredményez. 2010 és 2014 között a lakossági áramfogyasztás folyamatos visszaesése, illetve az ipari áramfogyasztás folyamatos emelkedése volt megfigyelhető. A lakossági fogyasztás részarányának csökkenése tehát összességében alacsonyabb transzformációs, így alacsonyabb hálózati veszteséget eredményezett.

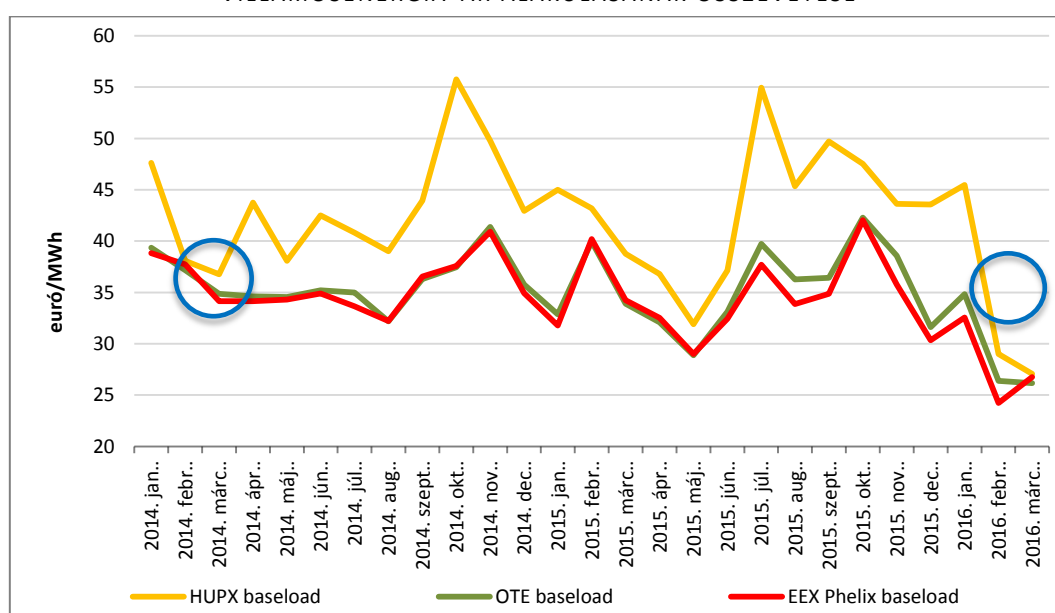
2015-ben a villamosenergia-felhasználás valamennyi összevetője növekedett, a bruttó villamosenergia-felhasználás növekedése üteme pedig elérte a 2,7 százalékot, amelyhez hasonló mértékű emelkedés utoljára 2006-ban volt tapasztalható.

A hazai villamosenergia-fogyasztás növekedésének mértéke azonban régiós összevetésben nem tekinthető kiemelkedőnek, hiszen Szlovákiában és Horvátországban a bővülés mértéke a magyarországinál magasabb volt, míg Lengyelországban és Romániában csak kismértékben maradt el tőle¹³.

Az idei év első két hónapjában az áramigény emelkedésének lassulása volt megfigyelhető. Februárban a naptárhatás kiszűrése mellett az adatok a villamosenergia-fogyasztás kismértékű visszaesését mutatták, amiben a csökkenő ipari dinamika mellett a rendkívül enyhe időjárásnak is szerepe volt.

A hazai ipari fogyasztók számára versenyhátrányt jelent, hogy a magyarországi nagykereskedelmi (tőzsdei) villamosenergia-ár a régiós áramtőzsdék összekapcsolása ellenére permanens felárat tartalmaz a cseh, szlovák, német tőzsdei áramárral szemben. A magyar villamosenergia-tőzsdén (HUPX) a másnapi szállítású zsinórtermék ára 2014-ben és 2015-ben átlagosan 7–8 euró/MWh-val haladta meg a régióban jellemző árat.

11. ÁBRA: A MAGYAR (HUPX), A CSEH (OTE) ÉS A NÉMET (EEX PHELIX) TŐZSDEI MÁSNAPI VILLAMOSENERGIA-ÁR ALAKULÁSÁNAK ÖSSZEJETÉSE



Forrás: HUPX, Reuters

2016 első két és fél hónapjában jelentős árkonvergencia következett be. Míg januárban a HUPX-en fizetett felár meghaladta a megawattóránkénti 10 eurót, addig március első felében ez az érték 1 euró/MWh alá esett vissza. (Hasonló folyamat utoljára 2014 első

¹³ ENTSO-E, Monthly consumption of all countries for a specific year, <https://www.entsoe.eu/db-query/consumption/monthly-consumption-of-all-countries-for-a-specific-year> (2016. III. 22.).

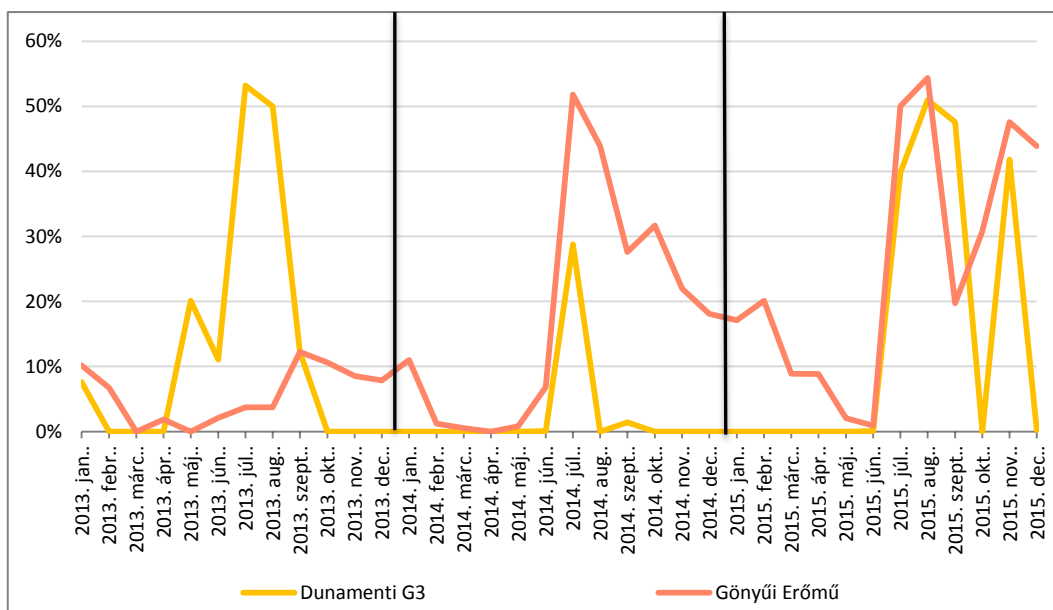
negyedében volt tapasztalható.) A magyarországi villamosenergia-ár 2016 elején bekövetkező áresése, illetve régiós szintre történő konvergenciája mögött számos tényező meghúzódhat:

- Rendkívüli mértékben lecsökkent a földgáz nagykereskedelmi ára, aminek következtében az európai és a hazai magas hatásfokú gázerőművek az európai tőzsdei árhoz hasonló áron voltak képesek villamos energiát termelni. Ez egyrészt a magyarországi villamosenergia-termelési árak csökkenését vonta maga után, másrészt időjárástól gyakorlatilag független, olcsó importáramot szavatolt. Harmadrészt pedig a hazai, alacsony áron történő áramtermelés növekedésén keresztül csökkentette a villamosenergia-importigényt, aminek következtében egyre kisebb mértékben alakulhatott ki szűkület a határkeresztező kapacitásokon.
- 2016 februárjában és márciusában – 2014-hez hasonlóan – szokatlanul magas volt a hőmérséklet, ami Európa-szerte csökkentette a villamosenergia-felhasználást. Az alacsony áramigény pedig a magas nyugat-európai beépített kapacitás mellett megnövekedett nagy mennyiségű, olcsó kínálatot biztosított a magyarországi áramimport számára.
- Az európai villamosenergia-piacon kialakult túlkínálathoz az alacsony áramkeresleten kívül a megújulóenergia-, főként szélenergia-termelés számára kedvező időjárás is hozzájárult (ahogyan azt a 6. ábra kapcsán tárgyaltuk).
- 2016 első három hónapjában a Paksi Atomerőmű mind a négy blokkja termelt. Ennek jelentőségét mutatja, hogy csaknem valamennyi időszakban, amikor ugrásszerűen megnőtt a magyar tőzsdei ár, és elszakadt a régióban jellemző ártól (pl. 2014. október, 2015. július, december), valamely paksi blokkon karbantartást végeztek.

A piaci árak 2013 és 2014 folyamán mind Európában, mind hazánkban rendkívül kedvezőtlenek voltak a gázalapú villamosenergia-termelés szempontjából (7. ábra). A villamosenergia-ár csökkenése és a viszonylag magas gázár mellett ugyanis még a magas hatásfokú, kombinált ciklusú gázerőművek is kiszorultak az árampiacról. Jól szemlélteti a jelenséget a hazai menetrendtartó gázerőművek (Gönyúi Erőmű, Dunamenti G3) kapacitáskihasználtságának alakulását bemutató ábra (12. ábra).

A 2015-ös év változást hozott az említett erőművek termelését illetően. A Gönyúi Erőmű kapacitáskihasználtsága 18-ról 25 százalékra, a Dunamenti G3-é pedig 2,5-ről 15 százalékra emelkedett. Hozzáteesszük, ez az érték még mindig messze elmarad a 2011–2012-ben tapasztaltól. A gázerőművek magasabb kihasználtsága mögött országspecifikus és nemzetközi trendből fakadó összetevők is meghúzódtak.

12. ÁBRA: A HAZAI MENETRENDTARTÓ GÁZERŐMŰVEK KIHASZNÁLTSÁGA



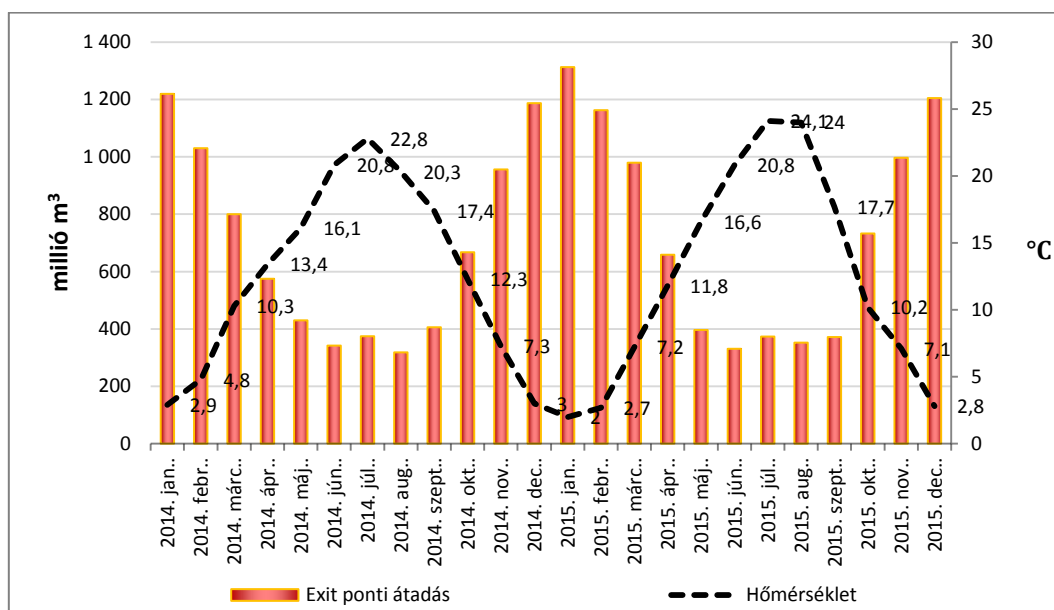
Forrás: Századvég-gyűjtés

2015. július–augusztus folyamán a magyarországi tőzsdei (nagykereskedelmi) villamosenergia-ár ugrásszerűen megnőtt, ami abból fakadt, hogy jelentősen megemelkedett a villamosenergia-igény, az északi, illetve nyugati határkeresztező kapacitások pedig szűkösnak bizonyultak, így megnövekedett az importból származó villamos energia ára. Emellett egy-egy 500 MW-os paksi blokk karbantartás miatt nem termelt. A megugró villamosenergia-ár az említett időszakban lehetővé tette a hazai magas hatásfokú gázerőművek számára a gazdaságos termelést, amelyek kihasználtsága a harmadik negyedévben meghaladta a 40 százalékot.

Ahogy korábban részletesen elemeztük, az európai földgázárak 2015 negyedik negyedévében megkezdődő meredek csökkenése ugrásszerűen javította a földgázerőművek versenyképességét (7. ábra). Magyarországon sem volt ez másként, hiszen a hazai nagykereskedelmi energiaárak – egyes rendhagyó időszakoktól eltekintve – ma már jól lekövetik az európaiakat. A gázerőművek szempontjából kedvező környezetben a Gönyői Erőmű kihasználtsága november–december folyamán 44–47 százalékra emelkedett. A 2016-os év első két hónapjának előzetes adatai azt mutatják, hogy a rendkívül alacsony villamosenergia-árak ellenére is magas, a korábbi éveket jelentősen meghaladó kihasználtság mellett termelnek a magyarországi menetrendtartó gázerőművek.

4.2 A földgázpiac alakulása

13. ÁBRA: BELFÖLDI SZÁLLÍTÓVEZETÉKI FÖLDGÁZÁTADÁS NEGYEDÉVENKÉNTI ALAKULÁSA

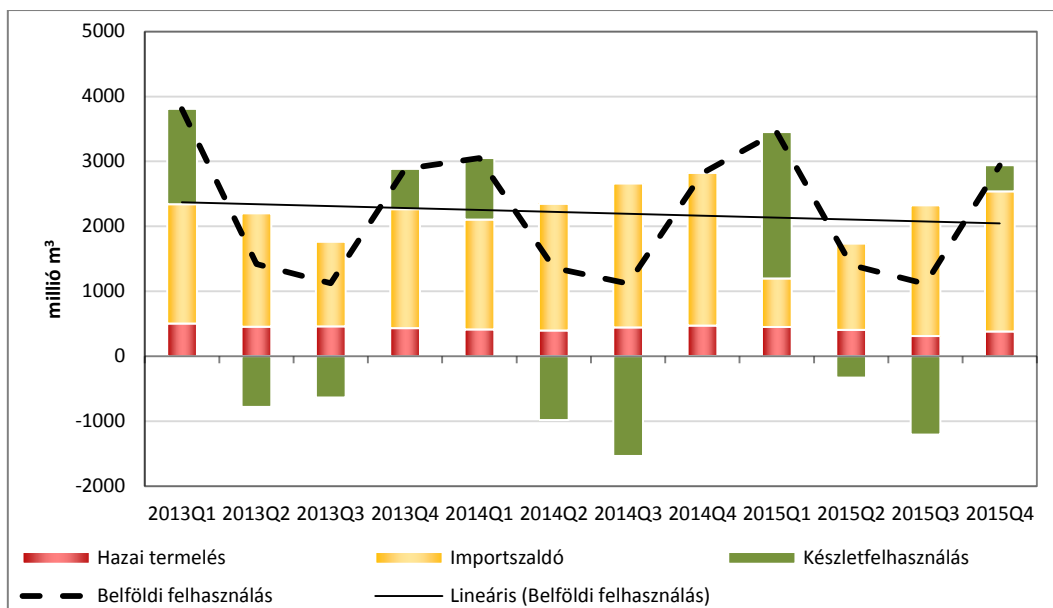


Forrás: MEKH

A hazai belföldi szállítóvezetési földgázátadás 2016 negyedik negyedében 2933 millió köbméter volt, 124 millió köbméterrel, 4,4 százalékkal magasabb, mint 2014 azonos időszakában. Az éves belföldi földgázfelhasználás (beleszámítva a földgázszállítás saját gázfogyasztását) 2015-ben 8909 millió köbméter volt, 555 millió köbméterrel, 6,6 százalékkal több, mint 2014-ben. A 2013. évihez képest ugyanakkor 325 millió köbméterrel mérséklődött a hazai gázigény.

A földgázfelhasználás 2015-ös szerkezete nem ismert, egyedül az erőművi felhasználással kapcsolatban áll rendelkezésre tényadat. Ugyanakkor a hazai gázfogyasztás havi szintű bontása, illetve a hőmérsékletadatok alapján megállapítható a változás oka. 2014 és 2015 második és harmadik negyedében – amikor elhanyagolható mértékű a hőmérsékletfüggő gázigény – közelítőleg azonos földgázfelhasználást regisztrált a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH). Ez azt igazolja, hogy az ipari vertikum gázfogyasztása a termelés dinamikus bővülése ellenére nem változott érdemben. Az éves földgázfelhasználás látszólag jelentős emelkedése mögött döntően az első negyedéves összevetésben tapasztalt 400 millió köbmétert meghaladó fogyasztásbővülés állt, ami a 2014-es rendkívül enyhe télből eredő alacsony bázis következménye.

14. ÁBRA: A HAZAI FÖLDGÁZFELHASZNÁLÁS FORRÁSSZERKEZETÉNEK NEGYEDÉVENKÉNTI ALAKULÁSA



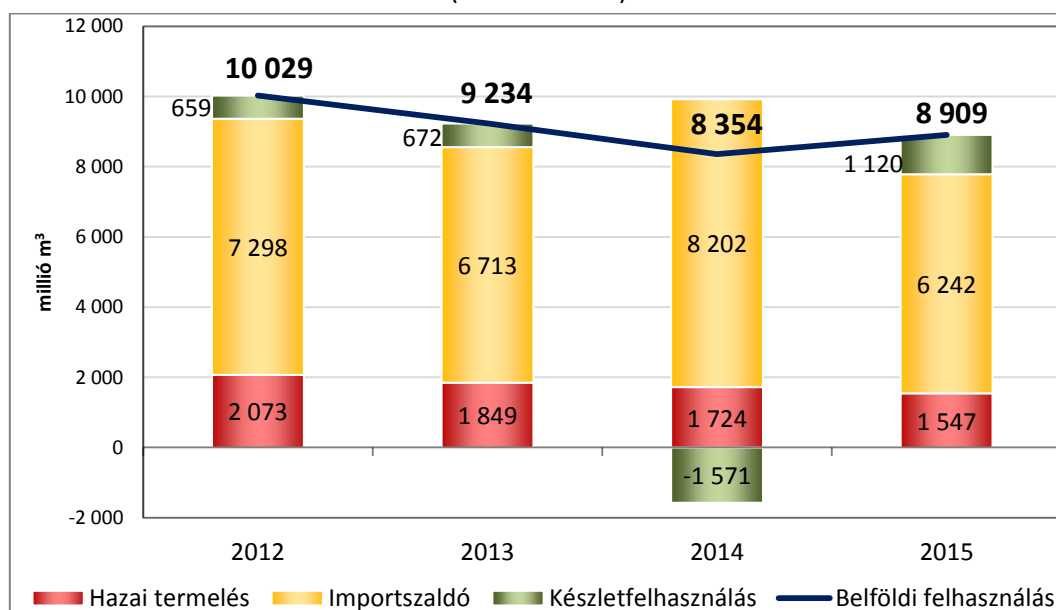
Forrás: MEKH, Századvég-számítás

A hazai földgázkitermelés 2015 utolsó három hónapjában némileg emelkedni tudott a 2015 harmadik negyedévében bekövetkezett drasztikus visszaesését követően, ugyanakkor éves bázison így is közel 20 százalékkal (91 millió köbméterrel) zsugorodott. 2015. október–december során a gáztárolói készletállomány 402 millió köbméterrel mérséklődött, míg a nettó gázimport 192 millió köbméterrel visszaesett.

Az éves adatokat vizsgálva megállapítható, hogy a hazai földgázkitermelés 2009 óta tartó csökkenése folytatódott, a kihozatal 2015-ben valamivel több mint 1,5 Mrd köbméter volt, amivel a hazai termelés a belföldi gázfelhasználás alig több mint 17 százalékát biztosította. A termelés visszaesésének több oka van. Egyrészt a hazai földgázmezők kora magas, így geológiai okokból fakadó kimerülésük természetes folyamat. Másrészt a szabályozási környezet sem támogató, hiszen a legjelentősebb hazai kitermelő az 1998 előtti mezőkről származó földgáz jelentős részét a piacinál lényegesen alacsonyabb áron köteles értékesíteni az egyetemes szolgáltatás részére, illetve az energiaellátók különadója a társasági adón felül további 31 százalékos nyereségadót jelent a kitermelő vállalatok számára. A 2016-os évben vegyes hatások érik a hazai földgázkitermelőket. Az európai nagykereskedelmi földgázárak radikális visszaesése rendkívül nagymértékben csökkenti az értékesítési árakat. Ezt az alacsonyabb olajárakból eredő bányajáradék-csökkenés csak részben kompenzálja. Másrészt viszont éppen a földgázimportár csökkenése következtében 2016-ban mérséklődhet az egyetemes szolgáltatás részére kötelezően felajánlandó gázmennyiség, azaz a legnagyobb hazai kitermelő több földgázt értékesíthet a szabadpiacon, ami ösztönzőleg hathat a tevékenységére.

A földgázimportszaldó 2015-ben 6,24 Mrd köbméter volt, ami 1995 óta a legalacsonyabb érték. Hozzá kell tenni ugyanakkor, hogy az import historikusan alacsony szintjében az alacsony földgázfelhasználás mellett a tárolói készletállomány megnövekedett felhasználása is szerepet játszott, hiszen a tavalyi évben 1,1 Mrd köbméterrel több gázt tároltak ki, mint be.¹⁴ A belföldi földgázfelhasználás és a hazai kitermelés különbségeként képzett valós földgázimportigény 7,36 Mrd köbméter volt, gyakorlatilag azonos a 2013-as szinttel.

15. ÁBRA: AZ ÉVES HAZAI FÖLDGÁZFELHASZNÁLÁS FORRÁSSZERKEZET SZERINTI ALAKULÁSA (2012–2015)



Forrás: MEKH, Századvég-számítás

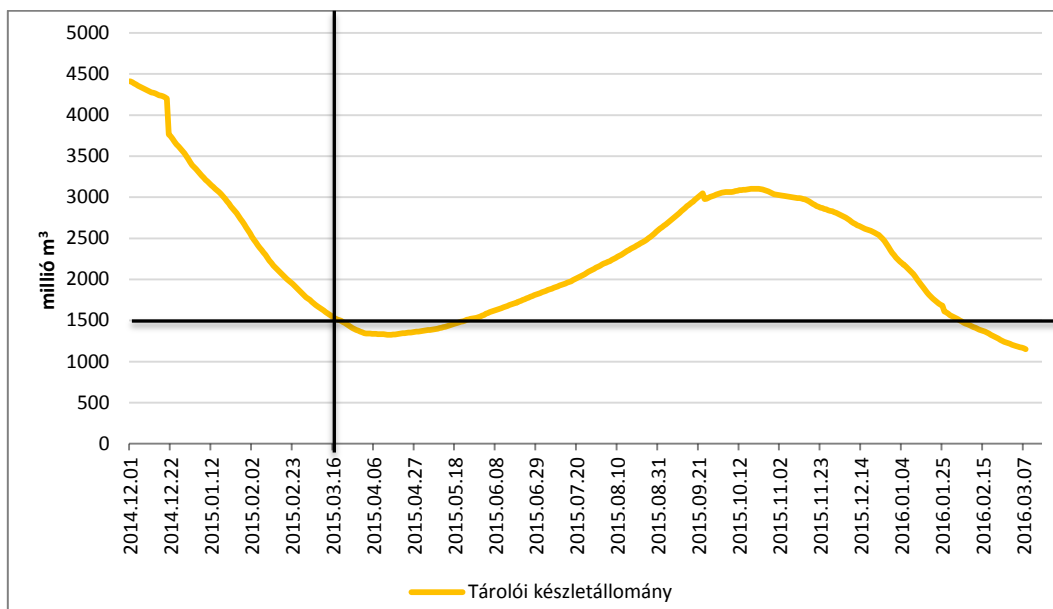
A hazai földgáztárolókban lévő gázmennyiség 2016. március 16-án 1150 millió köbméter volt, ami valamivel több mint 18 százalékos töltöttségi szintet jelent. Az alacsony készletállomány ellenére a Szőreg–1 biztonsági gáztárolóban lévő gázmennyiség meghaladta a 13/2015. (III. 31.) NFM rendeletben meghatározott 915 millió köbméteres biztonsági földgázkészlet szintjét.

Az alacsony tárolói töltöttség a szokatlanul kismértékű betárolásból eredt, ami mögött gazdasági megfontolások húzódtak meg. A földgáz európai nagykereskedelmi ára (ld. 2. ábra és 4. ábra), így a magyarországi importár ugyanis 2015 folyamán folyamatosan csökkent, a gázárésés 2015. december–2016. január folyamán felgyorsult. A folyamatosan csökkenő árak mellett a kereskedők számára a tárolásnál kedvezőbb volt a spot piacon azonnal hozzáférhető terméket vásárolni és azt értékesíteni, hiszen a betárolt gáz mennyisége folyamatosan veszített az értékéből, valamint a tárolásnak jelentős díja van. Az ártrendre visszatekintve megállapítható, hogy a magyarországi kereskedők és egyetemes szolgáltatók

¹⁴ Az adatokat némileg torzítja, hogy 2014 őszén a Gazprom 750 millió köbméter földgázt tárolt be Magyarországon, amelyet ezt követően európai ügyfeleinek értékesített.

stratégiája helyesnek bizonyult. Mivel a magyarországi importgázár várhatóan 2016 második és harmadik negyedében éri el mélypontját, így ebben az időszakban a betárolási aktivitás jelentős növekedésére lehet számítani.

16. ÁBRA: A HAZAI FÖLDGÁZTÁROLÓK TÖLTÖTTségÉNEK ALAKULÁSA



Forrás: GSE¹⁵

¹⁵ Gas Storage Europe.

5 A villamosenergia-tárolás szerepe a villamosenergia-rendszerekben

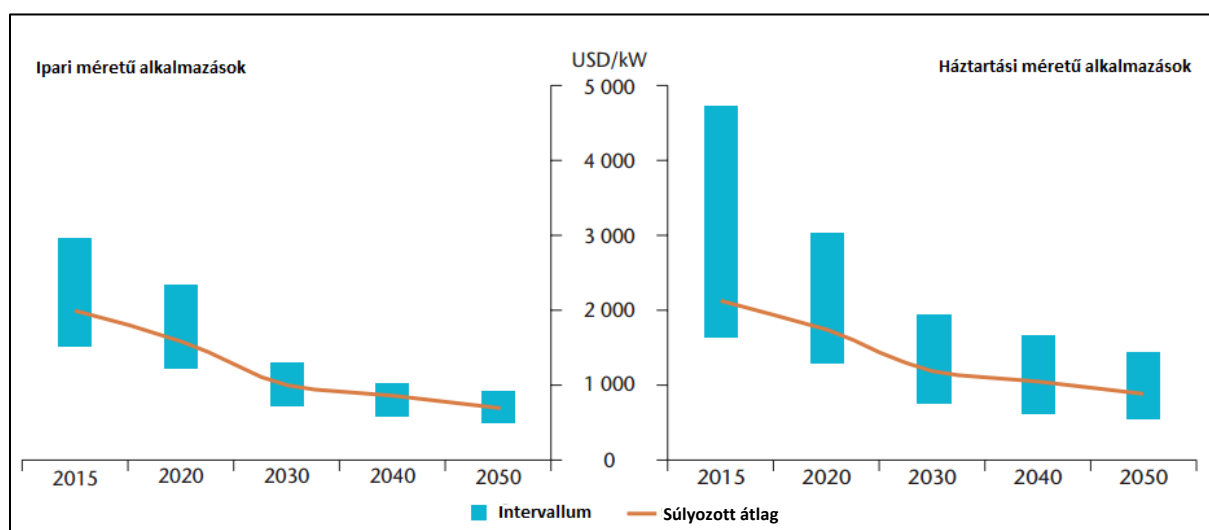
5.1 A villamosenergia-tárolási igényeket befolyásoló tényezők

A villamosenergia-rendszerek fejlesztésére minden országnak szüksége van. Ennek egyik oka, hogy szükséges a szén-dioxid-kibocsátás csökkentése ahhoz, hogy a Föld kritikus átlaghőmérséklet-növekedését elkerüljük. Energetikai szempontból a szén-dioxid-kibocsátás mérséklésére számos technológia áll a rendelkezésünkre:

- a fosszilis tüzelőanyagú erőművek által termelt szén-dioxid befogása és tárolása;
- a nukleárisenergia-termelés fejlesztése és nagyobb mértékű alkalmazása;
- a szén-dioxid-mentes, megújuló energiaforrások kihasználása, rendszerbe integrálása.

A villamosenergia-rendszer fejlesztését az új típusú erőművek rendszerbe állítása indokolja.

17. ÁBRA: PV-CELLÁS RENDSZEREK BERUHÁZÁSI KÖLTSÉGÉNEK VÁRHATÓ VÁLTOZÁSA

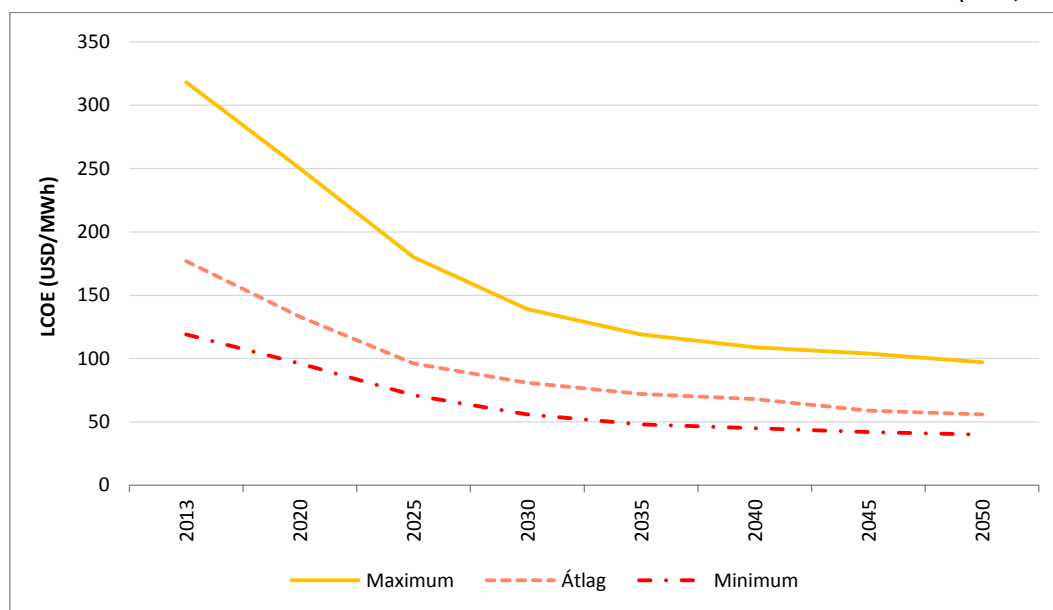


Forrás: IEA, 2013

A jelenleg még drága megújulóalapú rendszerek (főleg a fotovillamos, napenergia-hasznosító rendszerek) nagymértékű és gyors fejlődésnek néznek elébe. Az 17. ábra szemlélteti, hogy a lehetséges költségintervallum szűkülni fog és a technológián belüli diverzitás csökken. Párhuzamosan a műszakilag és gazdaságilag nem versenyképes rendszerek eltűnésével a gyártási technológia fejlődése és az üzemeltetési tapasztalatok növekedése jelentős árcsökkenést eredményezhet. Az ipari és a háztartási méretű alkalmazások beruházási költsége 2040-re megfelelőzhet. Ez természetesen hatással van a fotovoltaikus forrásból származó villamos energia költségeire is. Az előrejelzések szerint (18.) jelentős csökkenés várható a napelemek által termelt villamos energia egységköltségében, ami a technológia

versenyképességének jelentős javulását vonja maga után. Habára a vizsgált időszak 2050-ig terjed, a csökkenés ütemében törés figyelhető meg. A teljes időszakra vett csökkenés számottevő része a következő 10–15 évben fog realizálódni, majd 2025–2030-tól jelentősen mérséklődik az üteme. Az energiatárolás kérdésének aktualitását az okozza, hogy a villamosenergia-rendszernek felkészültnek kell lennie a napelemek ugrásszerű növekedésére, ezért a megfelelő beruházásokat már most tervbe kell venni¹⁶.

18. ÁBRA: IPARI MÉRETŰ PV-CELLÁS RENDSZEREK LCOE-ÉRTÉKÉNEK VÁLTOZÁSA (IEA, 2014)



Forrás: IEA, 2014

A technológia fejlődés hatására a szélenergia egyre nagyobb részt szerez a megújuló energiára alapozott villamosenergia-termelésből. Az utóbbi évek fejlesztései lehetővé teszik, hogy a szélerőműveket alacsonyabb szélesebességű területekre is lehessen telepíteni, melyek gyakran közelebb vannak a fogyasztási központokhoz, ezzel elkerülve a környezet- vagy tájvédelmi szempontokból aggályos telephelyeket. Ez mérsékelheti a telepítés kapcsán kialakuló konfliktusokat, illetve a környezetvédelmi költségeket. Az alacsonyabb szélesebességű területek kihasználtságának növekedésével párhuzamosan a műszakilag kihasználható potenciál is megnövekedik. A fejlődés a szélerőművi technológiánál is költségcsökkenést eredményez. Az egyre nagyobb egységteljesítményű szélerőművek fajlagos költségei jelentősen csökkentek a közelmúltban, és az előrejelzések szerint további javulás várható. Összességében tehát a szélenergia növekvő beépített kapacitása miatt is szükséges a villamosenergia-tároló rendszerek kiépítése¹⁷.

¹⁶ IEA, 2014. Technology Roadmap.

¹⁷ IAE, 2013. Technology Roadmap.

Az Európai Unió régóta a klímaváltozás elleni harc élére állt, mely intézkedések fókuszában a szén-dioxid-kibocsátás csökkentés áll. Az EU az üvegházhatású gázok kibocsátásának 85–90 százalékos csökkentését irányzott elő 2050-re az 1990-es bázisévhez képest. Az *alacsony szén-dioxid-kibocsátású, versenyképes gazdaság 2050-ig történő megvalósításának ütemterve és a 2050-ig szóló energiaügyi ütemterv* keretet és segítséget nyújt annak érdekében, hogy az EU tagállamai elérhessék a kitűzött célokat. A dokumentumok, a vizsgált modellek alapján, azt is részletezik, hogy a következő években, évtizedekben milyen ütemben kell haladni ahhoz, hogy a célt fenntartható módon elérjük. Azonban az akkori szabályozási környezetet vizsgálva a prognózisok a szükségesnél kisebb mértékű csökkenést jeleztek előre, így további politikai lépések várhatóak a csökkentési cél elérése érdekében¹⁸

A dokumentumokban vizsgált forgatókönyvek mindegyike a villamos energia növekvő szerepét jelzi előre. Az energia végfelhasználásban vett részesedése csaknem megkétszereződik, ami azt jelenti, hogy jelentősen hozzá fog járulni a villamos energiára alapozott közlekedés elterjedéséhez, a fűtés-hűtéshez és a szén-dioxid-kibocsátás csökkentéséhez. Mindegyik forgatókönyv szerint a gépkocsi- és könnyűgépjármű-közlekedés energiaigényének 65 százalékát a villamos energia adhatja a 2050-es évre¹⁸.

Az ütemterv a centralizált és a decentralizált termelés együttműködéséről is értekezik. Kijelenti, hogy mind a hő-, mind pedig a villamosenergia-termelés decentralizációja növekszik, és növekedni is fog. Egyértelműsíti, hogy ki kell alakulnia azoknak a rendszereknek, melyek támogatják a központosított és elosztott termelők együttműködését, ezt segíti elő a villamosenergia-tárolás¹⁸.

Az időjárásfüggő megújuló energiaforrások rendszerbe épülésének egyik fontos hatása, hogy a termelési és fogyasztási csúcsok eltolódnak, nem fedik egymást. Ezt a helyzetet tovább bonyolítja, hogy az időjárási jellemzők évszakonként is jelentősen változnak, így nemcsak a napi, hanem az egy éven belüli átlagos napi görbék is jelentősen megváltoznak. Ahhoz, hogy a megújulóknak nyújtotta lehetőségeket ki tudjuk használni, feltétlen szükségessé válnak azok a beruházások, fejlesztések és kutatások, melyek egy sokkal alkalmazkodóbb, rugalmasabb rendszer kialakításához szükségesek. Ezek a hatások mind Európában, mind pedig hazánkban változást hoznak az energetikában, nő a villamosenergia-tárolás iránti igény, mert segíthet enyhíteni a megújulóknak okozta hálózati gondokat, szén-dioxid-mentessé és gazdaságossá teheti a rendszer szabályozását.

A szélerőművek esetében segíthet tartani a bejelentett teljesítményt, elsimítani a termelési ingadozásokból adódó problémákat. Napenergia esetében mind lakossági, kisterületi vagy ipari méretekben lehetőség nyílik a napközben termelt jelentős mennyiségű villamos energia megfelelő időben való felhasználására. Az elosztott termelés okozta, a hálózatra háruló, jelentős többletterhelés kezelésében is fontos szerepet játszhat a villamosenergia-tárolás.

¹⁸ Európai Bizottság, 2011. 2050-ig szóló energiaügyi ütemterv és Európai Bizottság, 2011. Az alacsony szén-dioxid-kibocsátású, versenyképes gazdaság 2050-ig történő megvalósításának ütemterve.

Ezenfelül a tározós technológiák jelentős része gyors, megbízható szabályzó tartalékként szolgálhat a rendszer számára.

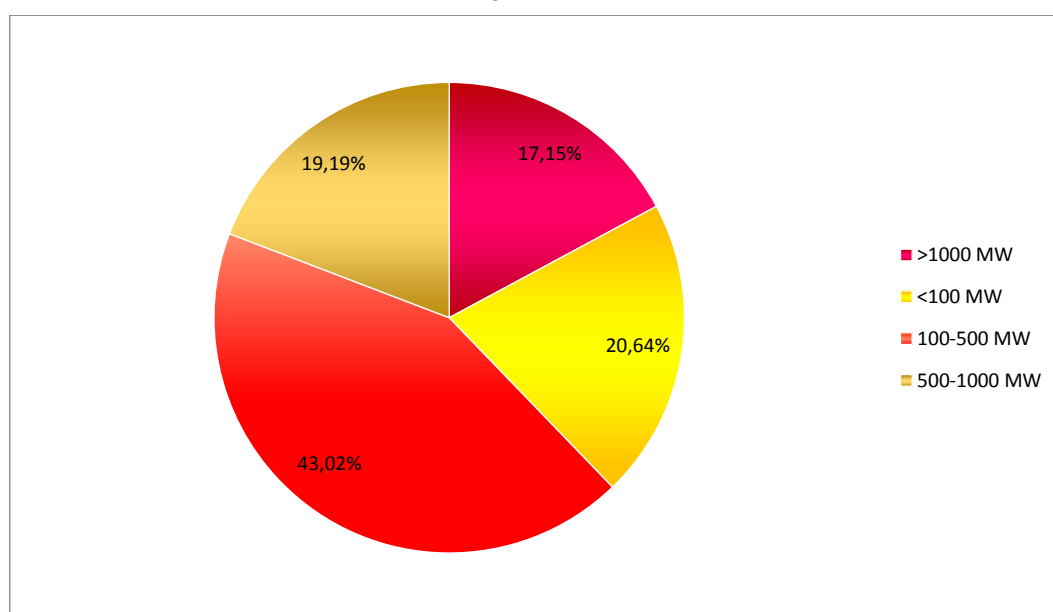
5.2 Tárolási technológiák

5.2.1 Szivattyús tározós erőmű

A szivattyús energiatározó (SZET) a legrégebbi és legelterjedtebb tározós technológia. Az első változatok az 1890-es évek körül jelentek meg, de igazi elterjedését a nukleárisenergia-termelés megjelenése segítette elő.

A technológia potenciális energia formájában tárolja a villamos energiát. Legáltalánosabb alakjában többfunkciós víz- és villamos gépeket alkalmaznak, melyek mind szivattyús, mind pedig turbinaüzemben képesek működni. Bár léteznek ilyen típusú erőművek mindenféle teljesítménytartományban, a legelterjedtebb méret a 300–400 megawattos beépített teljesítményű (19.), melyet sokszor több gépcsoport összteljesítménye ad ki.

19. ÁBRA: SZIVATTYÚS TÁROZÓS ERŐMŰVEK ELOSZLÁSA A VILÁGON TELJESÍTMÉNYTARTOMÁNY SZERINT



Forrás: US Department of Energy, 2016

A SZET elterjedését kedvező tulajdonságainak és viszonylagos egyszerű kialakításának köszönheti. Rugalmas indítás és leállítás jellemzi, gyors válaszidő (4. táblázat), mellyel akár extrém igényváltozásokat is képes követni, képes frekvenciaszabályozásra és feszültségtartásra is. Ezenfelül egyszerű, kipróbált technológia, így megbízható, karbantartása egyszerű és költségtakarékos.

Hátrányként leginkább a kis energiasűrűséget és az előnytelen környezeti hatását szokták említeni. Ahhoz, hogy megfelelő mennyiségű energiát legyen képes tárolni, hatalmas

menyiségű vízre és/vagy megfelelő szintkülönbségre van szükség, így a lehetséges telephelyek korlátozottak és egyre ritkábbak. Beruházási költsége magas, a technológia kora és kiforrottsága miatt a fejlesztési irányok és mértékük korlátozott. A technológia ára valószínűleg nem fog jelentősen csökkenni a következő évtizedekben, sőt az egyre nagyobb környezetvédelmi költségek miatt akár kismértékű drágulásra is lehet számítani (Rehman, et al., 2015).

4. táblázat: A szivattyús tározó jellemzői

Jellemző	Érték
Energiasűrűség (Wh/dm ³)	0,5–2
Teljesítménysűrűség (W/dm ³)	0,5–1,5
Teljesítménytartomány (MW)	<4000
Tárolókapacitás (MWh)	500–8000
Napi önkisülési ráta (%)	Alacsony
Élettartam (évek)	40–60
Tárolási határfok (%)	70–85
Válaszidő	Percek
Alkalmas tárolási idő	Órák–hónapok
Teljesítményre vonatkoztatott beruházási költség (EUR/kW)	1800–3950
Tárolókapacításra vonatkoztatott beruházási költség (EUR/kWh)	5–100
Működtetési és karbantartási költség	~2,65 EUR/kW/év

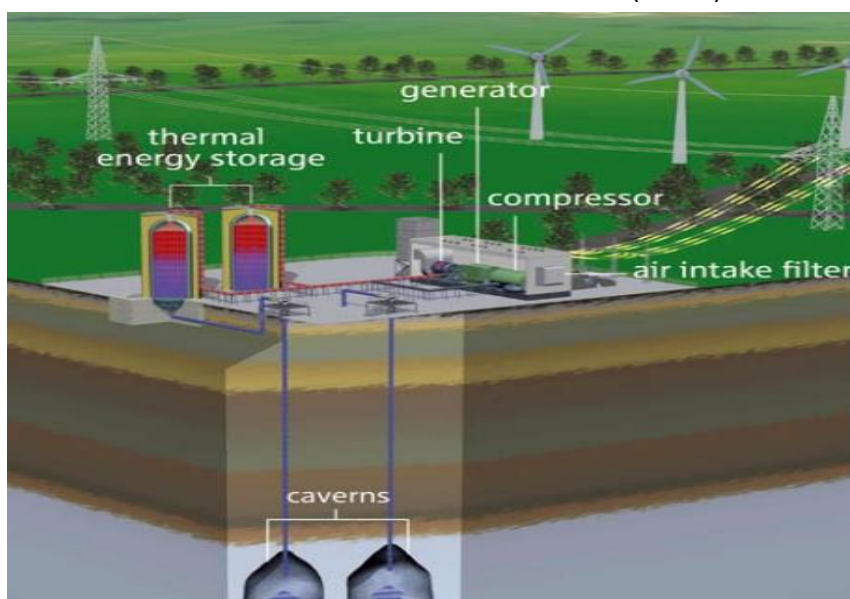
Forrás: Luo, X., Wang, J., Dooner, M. & Clarke, J., 2015.

5.2.2 Sűrített levegős tározós erőmű

A SZET legfőbb alternatívájának a sűrített levegős energiatározót (CAES)¹⁹ tartják. A CAES az egyszerű, nyílt ciklusú gázturbinás technológián alapul, csak ebben az esetben egy kétüzemű villamos gép segítségével szétválasztják a kompressziós és expanziós fázist, és a komprimált levegőt egy erre alkalmas nyomástartó tárolóban raktározzák, majd kisütésnél ez a sűrített levegő hajtja meg a turbinát.

¹⁹ CAES – Compressed air energy storage.

20. ÁBRA: SŰRÍTETT LEVEGŐS ENERGIATÁROZÓ (CAES) FORRÁS:



Forrás: RWE, 2010

A SZET-hez hasonlóan a sűrített levegős tározós technológiát is gyors válaszidő és rugalmasság, nagy energiatárolási kapacitás és egységteljesítmény, valamint a megbízhatóság jellemzi. Hátránya viszont az alacsony energiasűrűség és a geológiai viszonyoktól való függés, de a SZET-tel ellentétben a CAES a felszíni környezetet csak minimálisan zavarja, hiszen általában föld alatti tározókban raktározzák a sűrített levegőt. A CAES-rendszerek hatásfoka jelentősen alacsonyabb, mivel a jelenlegi sűrített levegős tározók földgázt használnak a gáz felhevítésére, ezzel megfelelő üzemi körülményeket biztosítva a turbina számára. Ez nemcsak a hatásfokot rontja, de így a technológia nem tekinthető teljesen szén-dioxid-mentesnek. A beruházási költsége jelentősen alacsonyabb, viszont a működtetési költségei a gázfogyasztás miatt magasabbak, mint a szivattyús energiatározó rendszereké (5. táblázat).

Jelenleg is rengeteg kutatás és pilotprojekt folyik annak érdekében, hogy a hatásfokot növeljék, és ezzel együtt elhagyhassák a földgáz használatát. A legtöbb fejlesztés egy hőtároló közbeiktatásával a kompresszió során fejlődő hőt fogná be és tárolná el, majd használná fel az expanzió előtt. A fejlesztések hatására a CAES beruházási költsége emelkedni fog (főleg a hőcserélők és a hőtároló beépítése miatt), de a szolgáltatott energia ára a megnövekedett hatásfoknak és a lecsökkent működési költségeknek köszönhetően csökken.

Nemcsak nagy egységteljesítményű CAES-rendszerek léteznek, hanem néhány megawattos megoldások is. Ezek főleg olyan helyeken működhetnek, ahol akár a fejlődő hőt vagy az expanzió során keletkező hideg energiát is lehet hasznosítani.

A CAES ígéretes technológia és jó alternatívája a szivattyús tározós erőműnek. Az anyagtechnológia fejlődésével egyre jobb hőtároló berendezéseket kaphatunk, ami ennek a technológiának az egyenes irányú fejlődését is jelenti²⁰.

5. táblázat: A sűrített levegős tározó jellemzői

Jellemző	Érték
Energiasűrűség (Wh/dm³)	2–6
Teljesítménysűrűség (W/dm³)	0,5–2
Teljesítménytartomány (MW)	100–1000
Tárolókapacitás (MWh)	580–2860
Napi önkisülési ráta (%)	Szinte nulla
Élettartam (évek)	20–40
Tárolási hatások (%)	42–70
Válaszidő	Percek
Alkalmas tárolási idő	Órák–hónapok
Teljesítményre vonatkoztatott beruházási költség (EUR/kW)	720–900
Tárolókapacításra vonatkoztatott beruházási költség (EUR/kW h)	1,8–105
Működtetési és karbantartási költség	0,27–22 EUR/kW/év

Forrás: Luo, X., Wang, J., Dooner, M. & Clarke, J., 2015.

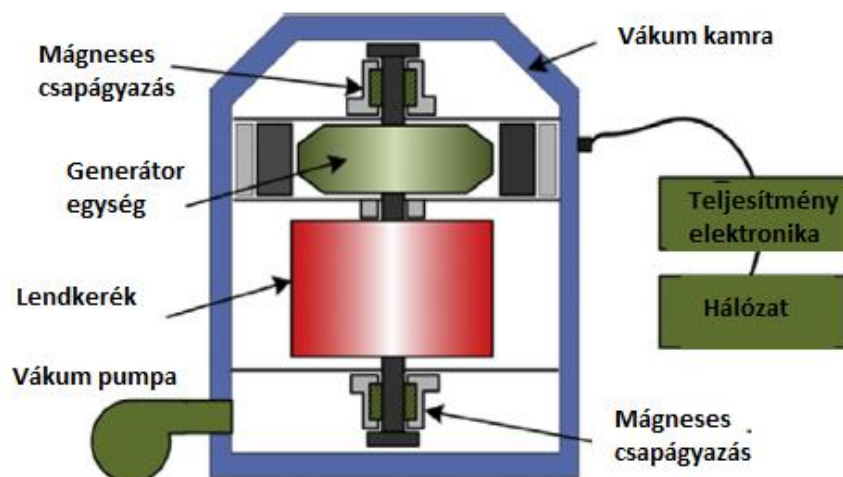
5.2.3 Lendkerekes tározóberendezések

A lendkerekes tározók az egyik legrégebbi, mechanikai elven működő tározóberendezések. Az energiát egy nagy tömegű, forgó kerék tárolja kinetikus energia formájában. A technológia viszonylag egyszerű felépítésű, ám néhány tulajdonsága miatt felhasználhatósága korlátozott.

A modern lendkerekes rendszer öt részből épül fel: a lendkerék, az integrált, motoros és generátoros üzemre is képes villamos gép, az elektronika, a csapályák és a vákuumkamra (21.). Előnye a viszonylag nagy energiasűrűség és a rövid időtávon belüli magas hatásfok. A technológia legnagyobb problémája, hogy az önkisülés mértéke elérheti a 20 százalékot óránként (6. táblázat).

²⁰ Grod, L., Schulze, P. & Holstein, J., 2013. Systems Analyses Power to Gas, Deliverable 1: Technology Review, Groningen: DNV KEMA Energy & Sustainability.

21. ÁBRA: EGY MÁGNESES CSAPÁGYAZÁSÚ LENDKEREKES EGYSÉG FELÉPÍTÉSE



Forrás: Luo, X., Wang, J., Dooner, M. & Clarke, J., 2015.

Megkülönböztetünk gyors és lassú járású lendkerekes tározókat. A lassú járású acélból, míg a gyors járású társaik kompozit anyagokból készülnek. A lassú járású rendszereket főleg rövid távú tárolásra alkalmazzák a fent említett problémák miatt. A jobb jellemzőkkel rendelkező modern, gyors járású technológia azonban jelentősen drágább a használt kompozit anyagok és a mágneses csapágyazás miatt. Jelenleg a legnagyobb lendkerekes létesítmény egy 20 megawattos telep New Yorkban, melynek feladata a gyors frekvenciaszabályozás, ami az állam teljes frekvenciaszabályozási igényének 10 százalékát tudja kielégíteni²¹

A jelenlegi fejlesztések a nagyobb energiasűrűség és a kisebb önkisülés felé vezetnek. Nagy előrelépést jelenthet a technológia terén, ha sikerül gazdaságilag is elérhetővé tenni a magas hőmérsékletű szupravezető-technológián alapuló csapágyazást, hiszen ez jelentősen csökkentené a súrlódási veszteségeket, illetve növelné a csapágyak élettartamát.

A lendkerekes technológia szabályozási gyorsaságának köszönhetően remek a helyi minőségi zavarok elhárítására vagy rövid szünetek áthidalására, de a nagy veszteségek és a kis egységteljesítmények miatt alkalmazhatóságuk korlátozott²².

²¹ Luo, X., Wang, J., Dooner, M. & Clarke, J., 2015. Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation. Applied energy.

²² Université Libre de Bruxelles, 2010. Electricity storage technologies for wind power integration.

6. táblázat: Lendkerekes tározók jellemzői

Jellemző	Érték
Energiasűrűség (Wh/dm³)	20–80
Teljesítménysűrűség (W/dm³)	1000–5000
Teljesítménytartomány (MW)	0,1–20
Tárolókapacitás (MWh)	akár 5
Napi önkisülési ráta (%)	>20%/h
Élettartam (évek)	15–20
Tárolási hatások (%)	~90–95
Válaszidő	20 ms – 5 s
Alkalmas tárolási idő	percek
Teljesítményre vonatkoztatott beruházási költség (EUR/kW)	220–315
Tárolókapacításra vonatkoztatott beruházási költség (EUR/kWh)	900–12 300
Működtetési és karbantartási költség	~18 EUR/kW/év

Forrás: Luo, X., Wang, J., Dooner, M. & Clarke, J., 2015.

5.2.4 Elektrokémiai tározóberendezések

5.2.4.1 Ólomsavas akkumulátorok

Az ólomsavas akkumulátorok a legrégebbi újratölthető elektrokémiai energiatározók. A technológia viszonylag régi, ennek ellenére jelenleg is széleskörűen alkalmazzák.

Számos előnyös tulajdonságukhoz viszonylagos alacsony ár társul. Az ólomsavas akkumulátorok gyors reagálásúak és megbízhatók. Kis önkisülési ráta jellemzi őket, mely mellett magas hatásfokot ér el. Sok jó tulajdonságuk ellenére viszonylag alacsony a beruházási költségük (7. táblázat).

Legjelentősebb problémájuk az alacsony élettartam, mivel átlagosan 250–1000 töltési ciklust bírnak ki, ami nagyon alacsony más hasonló technológiákhoz képest. A rövid élettartam mellett további hátrányukként lehet említeni az alacsony energiasűrűséget is. E két tulajdonságuk miatt üzemi méretekben, rendszerszinten csak ritkán alkalmazzák.

Jelenleg főleg anyagtechnológiai kutatások folynak, melyek a technológia fejlesztését célozzák, amelyek során a hosszabb élettartam és mélyebb kisütési képesség a cél. Több kutatás folyik integrált megújuló rendszerek fejlesztésére, ahol ólomsavas akkumulátorokat alkalmaznak^{21,23}.

²³ Hartmann, B., 2012. Szélerőművek integrálása a villamosenergia-rendszerbe, doktori disszertáció. Budapest.

7. táblázat: Ólomsavas akkumulátorok jellemzői

Jellemző	Érték
Energiasűrűség (Wh/dm ³)	50–90
Teljesítménysűrűség (W/dm ³)	10–400
Teljesítménytartomány (MW)	0,05–40
Tárolókapacitás (MWh)	0,001–40
Napi önkisülési ráta (%)	0,1
Élettartam (évek)	5–15
Tárolási hatások (%)	63–90
Válaszidő	milliszekundumok
Alkalmas tárolási idő	percek–napok
Teljesítményre vonatkoztatott beruházási költség (EUR/kW)	270–555
Tárolókapacításra vonatkoztatott beruházási költség (EUR/kWh)	44–270
Működtetési és karbantartási költség	~44 EUR/kW/év

Forrás: Luo, X., Wang, J., Dooner, M. & Clarke, J., 2015.

5.2.4.2 Lítiumos akkumulátorok

Talán a legelterjedtebb akkumulátorfajta napjainkban a Li-ionos akkumulátor. Nemcsak energetikai berendezésekben, de használati eszközeikben is elterjedt, melyet jó tulajdonságainak köszönhet.

A Li-ionos technológiát nagy energia- és teljesítménysűrűség jellemzi, ennek köszönheti széles körű elterjedését, hiszen kis helyen, kis tömegben tud viszonylag nagy mennyiségű energiát tárolni. Hatások tekintetében is remek, akár a 97 százalékos tárolási hatásfokot is elérheti. Hosszú élettartama (~15 év) és rövid válaszideje (milliszekundumok) lehetővé teszi, hogy a nagy méretű alkalmazásokba is beépítsék (8. táblázat).

A technológia rendkívül érzékeny a kisütés mértékére, így pontos, fejlett szabályzó elektronikára van szükség annak érdekében, hogy az üzem során a cellák károsodása elkerülhető legyen. A másik veszélyt az üzemi hőmérséklet jelenti az Li-ionos akkumulátorok számára. Az ideális üzemi hőmérséklet aluról és felülről is korlátozott, ezenkívül a cellák gyorsan és nagymértékben károsodnak. A Li-ionos akkumulátorokat ezenfelül magas beruházási költség is jellemzi.

A fejlesztési irányok a nagyobb teljesítmény és energiasűrűség felé vezetnek. Ebben az esetben is a legfőbb korlátozó tényezőt a jelenleg rendelkezésre álló anyagtechnológia jelenti, így a kutatások jelentős része is erre a területre fókuszált (Luo, et al., 2015) (Hartmann, 2012).

8. táblázat: Lítiumionos akkumulátorok jellemzői

Jellemző	Érték
Energiasűrűség (Wh/dm ³)	200–500
Teljesítménysűrűség (W/dm ³)	1500–10 000
Teljesítménytartomány (MW)	1–100
Tárolókapacitás (MWh)	~0,004–10
Napi önkisülési ráta (%)	0,1–0,3
Élettartam (évek)	5–15
Tárolási hatásfok (%)	75–90
Válaszidő	Milliszekundumok
Alkalmas tárolási idő	Percek–napok
Teljesítményre vonatkoztatott beruházási költség (EUR/kW)	820–3600
Tárolókapacításra vonatkoztatott beruházási költség (EUR/kWh)	540–3400
Működtetési és karbantartási költség	nincs adat

Forrás: Luo, X., Wang, J., Dooner, M. & Clarke, J., 2015.

5.2.4.3 Nátrium-szulfátos akkumulátorok

A nátrium-szulfátos (NaS) technológia az egyik legígéretesebb megoldás jelenleg a piacon. Ezek a berendezések olvadt nátriumot és olvadt ként használnak elektródaként, melyeket szilárd fázisú béta-alumínium vesz körül elektrolitként.

A NaS akkumulátorokban mindennapi anyagokat használnak, és felépítésük is egyszerű. Ennek köszönhetően szinte teljes mértékben, 99 százalékban újrahasznosíthatók. Hatásfokuk magas, nagy energiasűrűségűek, és az önkisülés mértéke elhanyagolható a technológia esetében, ezzel ideális megoldással szolgálhat hosszabb távú tározási feladatokra. További előnye, hogy a felhasznált anyagok a környezetre nem veszélyesek, és üzemelésük nem jár károsanyag-kibocsátással.

A technológia legnagyobb hátránya a magas üzemi hőmérséklet. Ahhoz, hogy az anód és a katód folyékony fázisban legyen, folyamatosan biztosítani kell a 300–350 Celsius-fokos hőmérsékletet. Ez a tulajdonsága magas üzemeltetési költségekhez vezet, illetve szükségessé teszi a kiegészítő rendszerek használatát.

A kutatások főleg az üzemeltetési paraméterek javítására és a magas üzemi hőmérséklet kiküszöbölésére irányulnak. Japánban kifejlesztettek egy akkumulátort, mely olyan nátriumalapú anyaggal dolgozik, ami már 57 Celsius-fok hőmérsékleten olvad, ezzel jelentősen csökkentve a technológia hőigényét²⁴ 21.

²⁴ Ioannis, H., Poullikkas, A. & Efthimiou, V., 2009. Overview of current and future energy storage technologies for electric. *Renewable and Sustainable Energy, Reviews* 13. kötet, p. 1513–1522.

9. táblázat: NaS akkumulátorok jellemzői

Jellemző	Érték
Energiasűrűség (Wh/dm ³)	300
Teljesítménysűrűség (W/dm ³)	~140–180
Teljesítménytartomány (MW)	<34
Tárolókapacitás (MWh)	0,4–245
Napi önkisülési ráta (%)	Majdnem nulla
Élettartam (évek)	10–20
Tárolási hatásfok (%)	~75–90
Válaszidő	–
Alkalmas tárolási idő	Hosszú idejű
Teljesítményre vonatkoztatott beruházási költség (EUR/kW)	310–2700
Tárolókapacításra vonatkoztatott beruházási költség (EUR/kWh)	270–450
Működtetési és karbantartási költség	~72 EUR/kW/év

Forrás: Luo, X., Wang, J., Dooner, M. & Clarke, J., 2015.

5.2.4.4 Nikkel-kadmiumos akkumulátorok

Nikkel-kadmiumos akkumulátorok legalább olyan hosszú múltra tekintenek vissza, mint az ólomsavas akkumulátorok. Sokszor az ólomos technológia helyettesítőjeként használják.

Megfelelő üzemeltetés mellett hosszú élettartamra lehet számítani (~3500 ciklus), és karbantartási igénye is meglehetősen alacsony. A technológia képes akár fagyponthoz alatti hőmérsékleten is üzemelni, amit egyetlen másik technológia sem tud nyújtani. További előnyként említhető, hogy masszív szerkezete jól ellenáll az igénybevételnek, mélyen nagy árammal is kisüthető.

A technológiának jelentős hátrányai vannak. Az elektródáknak használt nehézfémek súlyosan mérgezőek, így környezetbe kerülésük komoly károkat okozhat. Ezenfelül ezek a nehézfémek ritkák és drágák. Üzemi szempontból legfontosabb hátrányuk az úgynevezett memóriaeffektus. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a berendezéseket teljesen fel kell tölteni és kisütetni minden ciklus alkalmával, mert ha csak részben sűtik ki, és utána újra tölteni kezdik, az akkumulátor „elfelejti” az új töltöttségi szintet, és az előző alapján fog újra kisülni, ezzel potenciálisan csökkentve az élettartamát. A technológiára jellemző a magas önkisülési ráta és az alacsony energiasűrűség is (10. táblázat).

Bár nagy hátrányai ellenére viszonylag sok helyen alkalmazzák, a villamosenergia-rendszerbe integrált mint szabályzó megoldásokkal csak elvétve, elsősorban hidegebb éghajlatokon találkozhatunk (Luo, et al., 2015).

10. táblázat Nikkel-kadmiumos akkumulátorok jellemzői

Jellemző	Érték
Energiasűrűség (Wh/dm ³)	15–80
Teljesítménysűrűség (W/dm ³)	80–600
Teljesítménytartomány (MW)	0–40
Tárolókapacitás (MWh)	6,75
Napi önkisülési ráta (%)	0,03–0,6
Élettartam (évek)	3–20
Tárolási hatásfok (%)	60–83
Válaszidő	milliszekundumok
Alkalmas tárolási idő	percek–napok
Teljesítményre vonatkoztatott beruházási költség (EUR/kW)	450–1350
Tárolókapacításra vonatkoztatott beruházási költség (EUR/kW h)	360–2350
Működtetési és karbantartási költség	~18 EUR/kW/év

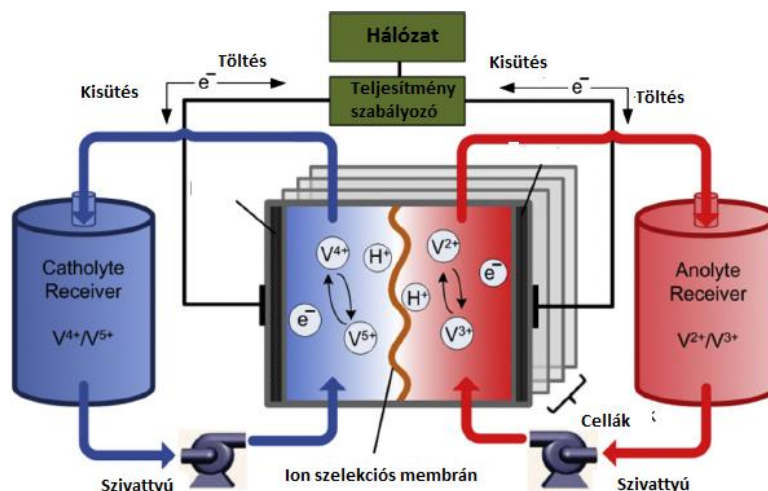
Forrás: Luo, X., Wang, J., Dooner, M. & Clarke, J., 2015.

5.2.4.5 Folyékony elektrolitos akkumulátorok (flow battery)

A folyékony elektrolitos akkumulátorok egy újszerű technológia, mely az utóbbi években került az előtérbe, a hálózatra nem csatlakoztatott települések, területek segítésére fejlesztették ki.

A berendezések két tartályból, egy energiakonverziós részből és keringtetőszivattyúból állnak. A két tartály tartalmazza a folyékony elektrolitokat, melyeket a konverziós cellától elszeparálva tárolnak. Az elektrokémiai cellában egy ionszeparációs membrán található, ahhoz hasonló, mint amit az üzemanyagcellákban találunk (22. ábra). A töltés során az egyik elektrolitfolyadék oxidálódik az anódon, a másik pedig redukálódik a katódon. A kisütés során ez a folyamat fordítva folyik le. Az elektrolitfolyadékok áramlását az általában elektromosan hajtott szivattyúk biztosítják.

22. ÁBRA: VRB FOLYÉKONY ELEKTROLITOS AKKUMULÁTOROK SZERKEZETE



Forrás: Luo, X., Wang, J., Dooner, M. & Clarke, J., 2015.

A folyékony elektrolitos akkumulátorok döntő előnye, hogy a teljesítmény és a tározkapacitás egymástól független. A teljesítmény az elektródák nagyságától és a cellamodulok számától függ. A tározkapacitás kizárólag az elektrolitfolyadék koncentrációjától és mennyiségétől függ, amit pedig a tározk nagysága szab meg. Erőssége a technológiának az alacsony önkisülés. Ezt az elektrolitok szeparálásával érték el.

Hátránya, hogy a nem egyenletes nyomás vagy a nyomásesések korlátozhatják a kiadott teljesítményt. A hagyományosakkal szemben a folyékony elektrolitos akkumulátorok felépítése sokkal bonyolultabb, és mozgó alkatrészeket is tartalmaz, ami rontja a berendezések megbízhatóságát. Ezenfelül viszonylag alacsony energiasűrűség jellemzi, valamint a szivattyúk fogyasztását is számba kell venni, ami rontja a technológia hatásfokát.

A folyékony elektrolitos akkumulátoroknak két fajtáját különböztetjük meg: az oxidációs (redox) és hibrid típusúakat. A besorolás attól függ, hogy az elektroaktív részecskék oldódnak-e az elektrolitban vagy sem. Ezekben a kategóriákban belül is többfajta akkumulátor létezik, ám a redox típusnál általában a folyadékáramos (vanádiumredox, VRB) típusú folyékony elektrolitos akkumulátorokról beszélünk, míg a hibrid csoport általános technológiája a cink-bromidos akkumulátor.

A redox fajtákból a vanádiumredox a legelterjedtebb. Ez, a vanádium több oxidációs szintjét kihasználva (V^{2+}/V^{3+} és V^{4+}/V^{5+}), kizárólag vanádiumot használ mindkét tartályban. A VRB válaszideje nagyon alacsony ($>0,001$ s), és élettartama hosszú (10 000–16 000 ciklus). Hatásfoka elérheti a 85 százalékot is. Az általános problémákon kívül fontos megemlíteni, hogy az üzemeltetési költségek magasak az ilyen berendezéseknél, ami jelentős akadály a technológia széles körű elterjedésében (11. táblázat).

A másik kategória főtípusa a cink-bromidos folyékony elektrolitos akkumulátorok (ZnBr). A ZnBr-osban két vizes oldat tartalmazza a reaktív komponenseket. A töltés/kisütés közben az elektrolitok átfolynak a cellamodulokon, amit karbon-plasztik kompozit rekeszek építenek fel. Viszonylag magas energiasűrűség és cellafeszültség jellemzi. Gyorsan mozgósítható és mélyen kisüthető, élettartama 10–20 évre tehető. Hátránya az alacsony hatásfok (65–75 százalék), az anyagok korróziója és a dendritképződés. Az alacsony hatásfok miatt nem olyan széleskörűen alkalmazható, mint a VRB (11. táblázat).

11. táblázat: Folyékony elektrolitos akkumulátorok jellemzői

Jellemző	VRB	ZnBr
Energiasűrűség (Wh/dm ³)	16–35	30–65
Teljesítménysűrűség (W/dm ³)	<2	<25
Teljesítménytartomány (MW)	~0,03–3	1–10
Tárolókapacitás (MWh)	3,6	0,1–4
Napi önkisülési ráta (%)	nagyon alacsony	alacsony
Élettartam (évek)	5–20	5–10
Tárolási hatásfok (%)	75–85	~65–75
Válaszidő	másodpercek	másodpercek
Alkalmos tárolási idő	órák–hónapok	órák–hónapok
Teljesítményre vonatkoztatott beruházási költség (EUR/kW)	540–1450 [4]	180–2250
Tárolókapacításra vonatkoztatott beruházási költség (EUR/kWh)	140–1350	140–1350
Működtetési és karbantartási költség	~62 EUR/kW/év	nincs adat

Forrás: Luo, X., Wang, J., Dooner, M. & Clarke, J., 2015.

A folyékony elektrolitos akkumulátor remek technológia, mely további fejlesztésekkel, a költségek csökkentésével rendkívül jól alkalmazható lesz közepes és kis teljesítménytartományban, ipari környezetben^{21,23}.

5.2.5 Power-to-Gas

A technológiát az 1990-es években dolgozták ki, mint innovatív és alternatív energiatárolási lehetőséget. A módszer lényege, hogy az olyan mélyvölgyi időszakokban, amikor a villamos energia spot ára rendkívül alacsony (vagy manapság akár negatív), víz bontásával hidrogént termelnek. A villamos energia völgyidőszaki alacsony árát okozhatja a nem kapcsolható erőművek folyamatos termelése, vagy éppen a nem szabályozható megújulóenergia-termelő egységek, mint például a szélenergia, ami alacsony keresletű időszakokban gyakran okozhat negatív árakat a spot villamosenergia-piacon. A keletkezett hidrogént a jelenlegi PtG-erőművek jellemzően a gázhálózatba juttatják, és abban tárolják. Amennyiben a villamosenergia-igény hirtelen megnő, és szükség van a jellegzetesen gázüzemű, csúcskövető

erőművek üzemeltetésére, akkor azok – a földgázhálózathoz vételezve a tüzelőanyagot – a PtG-erőmű által megtermelt hidrogént is elégetik.

Az elektrolízisnek manapság két elterjedt változata létezik. A legrégebb óta használt technológia az alkáli elektrolízis, ami hagyományosan egy anódon és katódon való villamos energia átvezetésével bontja a vizet. A legújabb és már gyakorlatban is alkalmazott technológia a PEM-elektrolízis, ami az alkáli elektrolízis lassú válaszidejét, alacsony hatékonyságát és a termelt hidrogén magas tisztaságát hivatott javítani.

A földgázrendszerbe juttatott hidrogén a gáz energiatartalmának emelését, tisztább égést biztosít, és csökkenti a felhasználó fajlagos CO₂-kibocsátását is. Azonban a rendszernek van egy komoly problémája, ami a H₂ molekulából ered. A hidrogén ugyanis olyan kicsi, hogy a legtöbb anyagon, így a csővezetékek anyagán keresztül is képes diffundálni, ráadásul eközben akár annak anyagszerkezetét is roncsolhatja. Emiatt a rendszer-üzemeltetők erősen óvakodnak a hidrogén nagyobb arányú (2 százalék feletti) befogadásától.

Újabban a PtG-erőművek azonban nem csupán hidrogént, hanem mesterséges úton megtermelt földgázt is előállítanak. Ahelyett, hogy a hidrogént a földgázhálózatba juttatnák, szén-dioxid hozzáadásával szintetikus metánt készítenek belőle, ami rendkívül nagy tisztaságú metánt eredményez. Jelenleg kétfajta módszer létezik a hidrogén földgázzá nemesítésére, ezek a kémiai és biológiai metanizációs eljárások. A kémiai metanizációs eljárás során nagy hőmérsékleten és egy katalizátor jelenlétében – ami jellemzően kobalt, nikkelt vagy vas – szén-monoxidot reagáltatnak a hidrogénnel, ami vizet és tiszta metángázt eredményez. A másik módszer a biológiai metanizáció, melynek során egy fermentáló medencében baktériumok segítségével és szén-dioxid jelenlétében a hidrogént metánná alakítják. A biológiai eljárás során a keletkezett szintetikus földgáz is nagy tisztaságú, így további tisztítást nem igényel, ugyanakkor a biológiai eljárás miatt kis mennyiségben tartalmazhat szervesanyag-maradványokat.

A technológia úttörője mindenképpen Németország, ahol számos ilyen erőmű üzemel is. Több német energetikai vállalat, mint az E.ON és az RWE, ruházott be ilyen erőművekbe, ugyanakkor ezek jellegzetesen kisméretűek, 1 MW_e beépített kapacitással, így viszonylag kis mennyiségű energia tárolására alkalmasak. Az ország azonban rendkívül elkötelezett a technológiát illetően, az évtized végéig szeretnék jelentős költségcsökkentést elérni az installációs költségekben, amelyek jelenleg akadályozzák a technológia nagyarányú elterjedését. A Fraunhofer kutatóközpontban kitűzött cél alapján az évtized végéig 1000 MW elektromos beépített kapacitást szeretnék elérni a technológiával, ami rendszerszinten már valóban jelentős energiatárolási potenciállal rendelkezik.

5.2.6 Power-to-Heat

A Power-to-Heat technológia a villamos energia tárolására valójában többfajta energiatárolási módszer gyűjtőneve. Egyrésztől Power-to-Heat villamosenergia-tárolásról

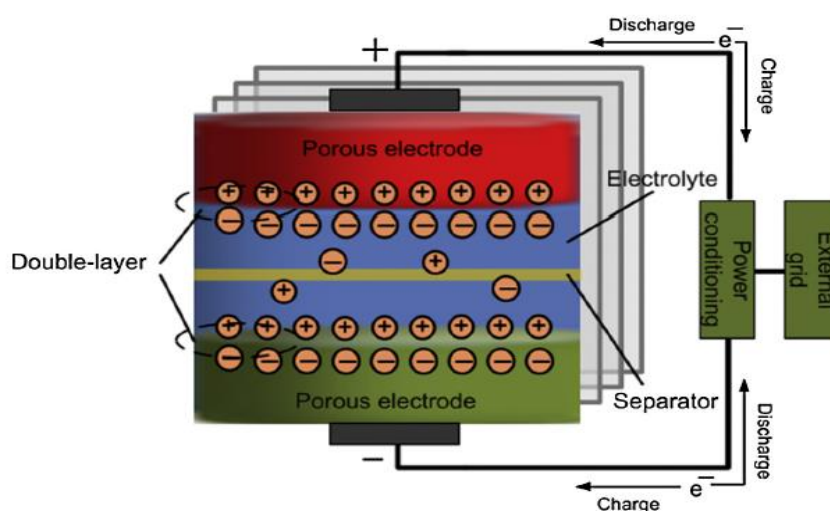
beszélhetünk a fókuszált naperőművek esetében alkalmazott, olvasztott sóoldattal működő energiátárolási rendszereknél. A megújuló energiaforrások közül a napenergiának jelentősen ingadozik a termelése, a sóoldatos energiátárolással a termelésben jelentkező váltakozást egyenlítik ki. A nap folyamán a beeső napsugarakat tükrök segítségével egy pontba fókuszálják, vizet melegítve és gőzt termelve. Ez a gőz hajtja meg egyrészt a villamosenergia-termeléshez használt turbinákat, másrészt pedig felmelegít egy magas fajhővel rendelkező sóoldatot, amelynek hőmérséklete 300 Celsius-fok fölé emelkedik. Napnyugtát követően a sóoldatban tárolt hő segítségével hozzák forrásba ismét a vizet, a keletkező gőzzel pedig ismételten meghajtják a turbinákat.

A villamos energia hőként való tárolásának egy másik innovatív formája az elektromos fűtési rendszerek nagy számban való alkalmazása, amelyeket okoshálózati rendszerek segítségével irányítanak és kapcsolnak össze. Olyan esetekben, amikor nagy mennyiségű villamos energia kerül a hálózatba megújulóenergia-termelés vagy nem visszaterhelhető erőművek túltermelése kapcsán, összehangoltan bekapcsolják a villamos energiával üzemelő fűtőttesteket, így csökkentve a túltermelés mértékét. A gyakorlati tapasztalatok alapján a technológiát a lakosság kifejezetten kedveli és előnyösnek találja, mivel növeli a belső komfortérzetet a fűtőttestek gyakoribb melegítésével, mint ha csak az éjszakai völgyidőszakban kapcsolnák a radiátorokat.

5.2.7 Kísérleti technológiák

Habár a fentebb említett technológiák nagy része folyamatos fejlesztés alatt áll, általánosságban kijelenthetjük, hogy mindegyiknek van már a gyakorlatban alkalmazható és jól működő változata. Vannak azonban olyan tározós technológiák is, melyek nem vagy csak nagyon korlátozott formában használhatók, és olyanok is, amik még csak papíron, koncepció szintjén léteznek.

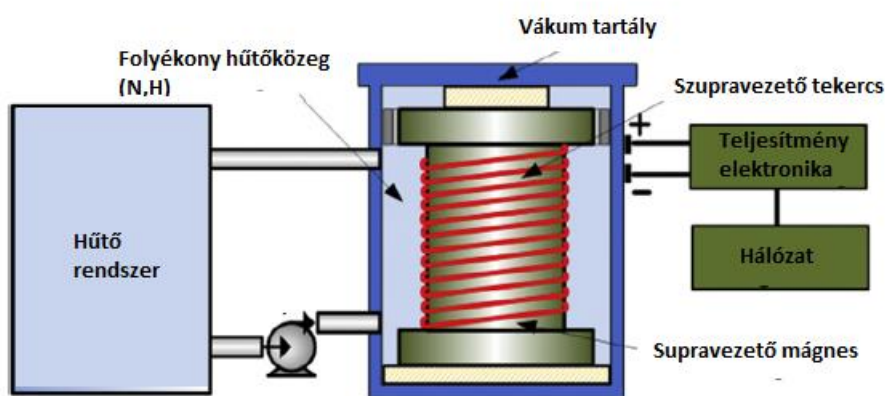
23. ÁBRA: EGY SZUPERKAPACITÁS ELMÉLETI FELÉPÍTÉSE ÉS MŰKÖDÉSI ELVE



Forrás: Luo, X., Wang, J., Dooner, M. & Clarke, J., 2015.

Az egyik legfontosabb ilyen technológia a szuperkondenzátor. A szerkezet két vezető elektródát, elektrolitot és egy porózus membránt tartalmaz (23.). A szuperkondenzátor, kialakításának köszönhetően a kondenzátorok és a hagyományos akkumulátorok tulajdonságával is rendelkezik. Az energia statikus töltés formájában tárolódik az elektródák felszínén, az elektróda és az elektrolit között. A nagy teljesítményű szuperkapacitásokban nanotechnológiát alkalmaznak, hogy az elektródáknak minél nagyobb felületet biztosítsanak. Az energia és a teljesítmény sűrűsége is a hagyományos kondenzátorok és az akkumulátorok közé tehető. Legnagyobb előnye a hosszú élettartam. Több mint százezer ciklust kibír, és ciklusonkénti 85–95 százalékos hatásfokot ígér. A probléma a magas napi önkisülés, ami a 40 százalékot is elérheti. Emellett igen magas, 5280 EUR/kWh beruházási költség jellemzi. A technológia főleg rövid távú tárolásra alkalmas. Az utóbbi években igen aktív az a kutatási terület, melyek főleg grafén- vagy szilikon alapú elektródákkal kísérleteznek.

24. ÁBRA: SZUPRAVEZETŐ MÁGNESES ENERGIATÁROZÓ



Forrás: Luo, X., Wang, J., Dooner, M. & Clarke, J., 2015.

A közvetlen villamosenergia-tárolás másik berendezése a szupravezető mágneses energiatároló (SMES). Fő elemei: a szupravezető tekercs modul, egy teljesítményszabályozó alrendszer és egy vákuumszigetelt hűtőkamra (24.). Az energia a mágneses térben raktározódik, amit egyenáramot gerjeszt a szupravezető tekercsben. Ezt a tekercset kriogén módon hűtik a szupravezető anyag kritikus hőmérséklete alá. Normálesenben, amikor az áram átáramlik a tekercsen, eldisszipálódik, és hő fejlődik belőle. Ez esetben azonban a tekercs egy szupravezető anyagból van, melynek adott hőmérséklet alatt nullára csökken az ellenállása, és így a villamos energia szinte veszteség nélkül tárolható. A leggyakrabban használt szupravezető anyag a nióbbium-titán, melynek kritikus hőmérséklete $-263,95$ Celsius-fok. A kisütésnél a berendezés egy integrált átalakítón keresztül, közvetlenül a váltakozó áramú rendszerbe tud visszatáplálni. Megkülönböztetünk alacsony és magas hőmérsékletű szupravezetőket, és ez a besorolás igaz az SMES-re is. Az alacsony hőmérsékletűek $\sim -268,15$ Celsius-fok mellett működnek, míg a magasak $\sim -203,15$ Celsius-fokos környezetben. A magas hőmérsékletű technológia még csak fejlesztési fázisban tart. A

technológia gyors válaszidőt (milliszekundumok), nagyon magas hatásfokot (95–98 százalék), nagy teljesítménysűrűséget és hosszú (akár 30 év) élettartamot kínál. Ez azonban nagyon magas beruházási költséget, nagy önkisülést és a rendkívül erős mágneses tér jelenlétét vonja maga után. A fejlesztések fő céljai: a költségek csökkentése és a hőmérséklet-érzékenység mérséklése, amit magas hőmérsékletű szupravezetőkkel kívánnak elérni a kutatók (Luo, et al., 2015).

5.3 Az energiatárolási technológiákban rejlő lehetőségek

5.3.1 Technológiák értékelése az általuk megvalósítható rendszerszintű szolgáltatások szerint

5.3.1.1 Frekvenciaszabályozás - Primer szabályozás

A villamosenergia-rendszerben a primer szabályozás feladata a frekvencia szintjének határok között tartása. A legtöbb erőmű még névleges teljesítményen is rendelkezik tartalékkal, hiszen a gépek nagyjából 10 százalékkal túlterhelhetők. Ha a frekvenciaeltérés egy adott határértéken kívül esik, az automatikus frekvenciaszabályozó a forgógépek teljesítményének állításával előzi meg a további frekvenciaváltozást. A primer szabályozásnak nagyon gyorsan kell reagálnia. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a szabályozásnak másodpercek alatt kell megállítania a frekvenciaváltozást. A primer szabályozás mindig az erőművekben történik, automatikusan, nem központi utasítás alapján²⁵.

12. táblázat: Primer szabályozásra jól alkalmazható technológiák

Technológiák
SZET, CAES, akkumulátoros technológiák, folyékony elektrolitos akkumulátor, lendkerekes tározó, üzemanyagcellás technológia

5.3.1.2 Frekvenciaszabályozás - Szekunder szabályozás

Míg a primer a helyzet stabilizálásáért felel, addig a szekunder szabályozás a helyreállításért. A szekunder szabályozás két feladatot lát el: visszaállítja az 50 Hz-es, névleges hálózati frekvenciaértéket, illetve helyreállítja a menetrend szerinti teljesítményáramlásokat. A szekunder szabályozás csak az egyes szabályzási területeken működik, csak azon szabályzási területen lép közbe, ahol az eltérést észlelik. Az alapelv az, hogy az előre meghatározott menetrendet a lehető legnagyobb mértékben tartsa be, de a szekunder soha nem dolgozhat a primer szabályozás ellenében.

²⁵ ENTSO-E, 2009. Continental Europe Operation Handbook. Appendix 1: Load-Frequency Control and Performance.

A szekunder tartalék nagysága a területenként eltérő energiamix és a gépcsoportok különböző tulajdonságai miatt nem olyan egzaktul meghatározott, mint a primer szabályozás esetében. Általában tapasztalatokon és valószínűségi alapelvek alapján határozzák meg a szükséges tartalék mértékét. A szekunder szabályozásnak az előírások szerint a kezdeti eseményhez képest 30 percen belül reagálnia kell, és ezt követően 15 percen belül helyre kell állítania a teljesítményegyensúlyt, és a lehető legkisebbre kell csökkentenie a csereteljesítmények menetrendtől való eltérését²⁵.

13. táblázat: Szekunder szabályozásra jól alkalmazható technológiák

Technológiák
SZET, CAES, akkumulátoros technológiák, folyékony elektrolitos akkumulátor, lendkerekes tározó, üzemanyag-cellás technológia

5.3.1.3 Frekvenciaszabályozás - Tercier szabályozás

A tercier szabályozás feladata a szekunder szabályozás tehermentesítése és a lehető leggazdaságosabb szabályozás kialakítása. Egy esetleges komolyabb üzemzavar esetén is a tercier szabályozás segíti ki a villamosenergia-rendszert. A tartalék nagyságának minimum akkorának kell lennie, hogy az egyszerre fellépő legnagyobb teljesítményhiányt pótolni tudja. Ez azt jelenti, hogy a legnagyobb egységteljesítményű blokknak megfelelő nagyságúnak kell lennie minimum a tercier szabályozásnak²⁵. (Magyarországon a tercier szabályozókapacitás 500 megawatt, hiszen ez felel meg a legnagyobb teljesítményű hazai erőművi egységnek: egy paksi blokknak.)

14. táblázat: Tercier szabályozásra jól alkalmazható technológiák

Technológiák
SZET, CAES, akkumulátoros technológiák, folyékony elektrolitos akkumulátor, lendkerekes tározó, üzemanyagcellás technológia

5.3.1.4 Felhasználáseltolás – time shifting

A megújuló energiaforrásból termelt villamos energia csak szakaszosan áll rendelkezésünkre, az aktuális termelés (kínálat) napszaktól, időjárástól függ. Ám a megújulók termelése és az igény nem mindig esik egybe, ennek kiküszöbölésére használják a time shifting szolgáltatást.

A time shifting az egyik legalapvetőbb szolgáltatás, és nem a megújulók megjelenése tette először szükségessé. Az 1960-as évek táján, amikor a nukleárisenergia-termelés egyre inkább elterjedt, sok tározókapacitást létesítettek annak érdekében, hogy az atomerőműveket ne kelljen visszatérhelni az alacsony igények során.

Az adott, alkalmas tározós erőmű a völgyidőszakokban (például éjjel) eltárolja az olcsó, megújuló- vagy nukleáris alapú villamos energiát, majd a csúcsidőszakban magasabb áron értékesíti azt. Ez a lehetőség nagyban növeli a megújuló energiaforrások részarányát a felhasználásban. Természetesen a működési modellt úgy kell kialakítani, hogy a tárolás során fellépő veszteséget az árkülönbségből keletkező bevétel fedezze.

Mivel az alacsony és magas igényű időszakok a tapasztalatok alapján nagyon jól előre jelezhetőek, erre a feladatra egy kevésbé gyors technológia is megfelel. Sokkal fontosabb ez esetben, hogy megbízhatóan, akár hosszabb időn keresztül (több óra) képes legyen névleges teljesítményen energiát táplálni a rendszerbe²⁰.

15. táblázat: A time shiftingre jól alkalmazható technológiák

Technológiák
SZET, CAES, akkumulátoros technológiák, folyékony elektrolitos akkumulátor, üzemanyagcellás technológia

5.3.1.5 Előrejelzési bizonytalanságok kiegyenlítése – forecast hedging

A rendszerre termelő erőműveknek előre kell jelenteniük, hogy a nap adott szakában mekkora teljesítménnyel vesznek majd részt a termelésben. Ez a hagyományos erőműveknél nem jelent gondot, hiszen a termelésük kizárólag attól függ, hogy a vezérlőben miként állítják be a gépegységet, ellentétben a megújulókkal, melyek csak előrejelzések alapján tudják megjósolni termelésüket. Ezek az előrejelzések általában hibával terhelték. Ez a probléma főleg a szélparkok termelésénél jelentkezik, de PV-cellás telepeknél is előfordulhat. Ennek kiküszöbölésére találták ki a forecast hedginget.

A völgyidőszakban, vagy ha túltermelés van, a nem szükséges megújulóalapú energiát el lehet tárolni egy tározóberendezésben. Olyan esetben, ha az előre jelzett termelés elmarad a megadott értéktől, a tározókapacitás ki tudja segíteni az adott termelő egységet, és a két egység együtt teljesíteni tudja a tervezetet. Szélparkok esetében, amennyiben a park kiterjedt, a tapasztalatok azt mutatják, hogy a park beépített teljesítményének 20 százalékát elég tározókapacitásként beépíteni ahhoz, hogy az előre jelzett menetrend tartható legyen. Ez természetesen változhat attól függően, hogy a szélerőművek mennyire koncentráltan helyezkednek el.

Ahhoz, hogy a megadott teljesítményt folyamatosan tartani tudják a parkok, a tározótechnológiának gyorsan kell reagálnia. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy pár 10 milliszekundumon belül pótolni kell a hiányzó teljesítményt. Ebből kifolyólag a felhasználható technológiák korlátozottak ez esetben.

A forecast hedging igényt saját, virtuális erőműbe összekötött rendszerben a parkok maguknak is kielégíthetik, de külön tározókapacitástól is vásárolhatják a szolgáltatás²⁰.

16. táblázat: A forecast hedgingre jól alkalmazható technológiák

Technológiák
Akkumulátoros technológiák, folyékony elektrolitos akkumulátor, lendkerekes tározó

5.3.1.6 Kapacitásmenedzsment az átviteli és/vagy elosztó hálózaton

A nem elégséges átviteli és/vagy elosztói kapacitás a szállítandó teljesítmény korlátozásához vezethet. Ez akkor fordulhat elő, ha az adott termelő egységek a szállítói kapacitásnál többet termelnek, így az adott hálózatrész túlterhelődhet. Ezeket a problémákat lehet enyhíteni, vagy akár meg is lehet szüntetni egy megfelelő tározóberendezés beépítésével. Ennek segítségével a fölösleges vagy már nem szállítható energiát el lehet raktározni későbbre. Annak érdekében, hogy a fölösleges teljesítmény egyáltalán ne terhelje a hálózatot, a tározólétesítményeket közvetlenül a termelő erőművekre vagy a park belső hálózatára kell kötni. A szolgáltatásnak a legfőbb értéke abban rejlik, hogy ezzel átmenetileg el lehet kerülni a hálózatfejlesztést. Ez akkor lehet kifizetődő, ha a tározó beépítése és költségei nem haladják meg a hálózatfejlesztés erőforrásigényét²⁰.

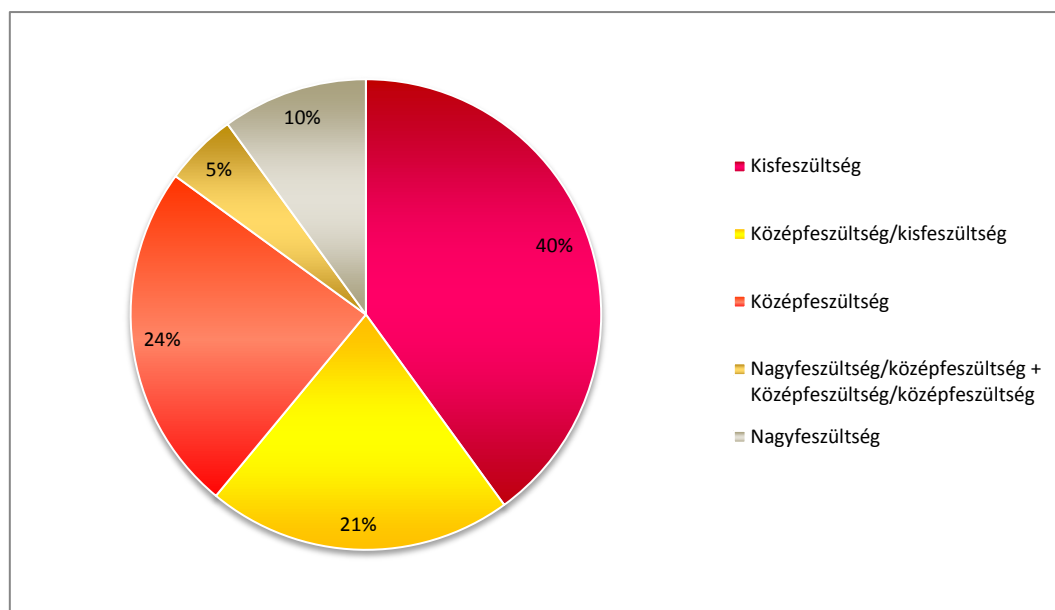
17. táblázat: A kapacitásmenedzsmentre jól használható technológiák

Technológiák
CAES, akkumulátoros technológiák, folyékony elektrolitos akkumulátor, üzemanyagcellás technológia

5.3.2 Technológiák értékelése a hálózati elhelyezésüktől függően

A villamosenergia-tárolás kialakításánál mindig fontos kérdés, hogy mekkora a veszteség ahhoz képest, mintha az energiát közvetlenül használnák fel. Ez a veszteség több részből áll, jelentős része összességében a villamos energia hosszabb távon való szállításából adódik. A háztartási méretű energiatermelő egységek terjedésével (főleg fotovoltaikus napelemek) ez egyre számottevőbb problémaként merül fel. A probléma megoldásánál és annak értékelésénél, hogy a hálózat melyik szintjére érdemes a tározót elhelyezni, értékelni kell azt is, hogy a veszteség milyen arányban oszlik meg az egyes feszültség szinteken (25. ábra).

25. ÁBRA: HÁLÓZATI VESZTESÉGEK ELOSZLÁSA AZ ADOTT FESZÜLTÉGSZINTEKEN 2011-BEN



Forrás: Dr. Raisz Dávid, 2013

5.3.2.1 Átviteli hálózatba integrált tározó

A nagyméretű energiatárolást nagy feszültségen lehet megoldani, mert a nagyerművek teljesítményét csak nagyobb létesítmények képesek pótolni vagy elnyelni. A tárolás ilyen módon való megoldása nyújtja a rendszer számára a legnagyobb segítséget, hiszen minden lehetséges rendszerszintű szolgáltatás ellátható a nagyobb tárolóegységekkel.

A nagyobb tározó létesítése tőkeigényes és komoly előkészítést igényel. A nagy tározós erőművek már a jelenlegi helyzetben is képesek gazdaságosan üzemelni, és a jövőbeni megemelkedett igény miatt helyzetük kizárólag javulhat.

18. táblázat: Átviteli hálózatba integrálásra alkalmas tározók

Technológiák
SZET, CAES, akkumulátoros technológiák, folyékony elektrolitos akkumulátor, lendkeres tározó, üzemanyagcellás technológia

5.3.2.2 Transzformátorkörzetben történő tárolás, közösségi energiatárolás

Ebben az esetben a tározó egy kis lakossági területet vagy kisebb ipari telepet lát el. A tározót egy alállomásra telepítve a szekunder oldal vezérlője képes egyszerre a tárolót is vezérelni, és eldönteni, hogy az energiát kiadja-e a rendszerre, vagy a tározót töltsse vele.

A közösségi energiatárolás költséghatékonyabb, mint a fogyasztói tárolás, mert ugyanazt az igényt egy nagyobb egység fajlagosan olcsóbban tudja kielégíteni, mint sok kicsi. A kialakítás további előnye, hogy a költségek nem közvetlenül a fogyasztóknál jelentkeznek, illetve hogy az ellátott területen belül keletkező egyenlőtlenségeket így ki lehet küszöbölni. A hálózat

terhelése szempontjából is kedvező, hiszen ha az adott vezeték nem bírna több terhelést, a vezérlés egyszerűen a tározót kezdi tölteni.

A trafóközvetben elhelyezett tározó már rendszerszintű szolgáltatásokat is nyújthat, ám a transzformációk miatt ez viszonylag költséges lenne, de vészhelyzet esetén a lehetőség megvan rá.

19. táblázat: Transzformátorkörzetben történő tárolásra, közösségi energiatárolásra alkalmas tározók

Technológiák
CAES, akkumulátoros technológiák, folyékony elektrolitos akkumulátor, lendkerekes tározó, üzemanyagcellás technológia

5.3.2.3 Végfogyasztóknál elhelyezett energiatárolás

A kifizetésen jelentkező magas hálózati vesztség miatt adja magát a lehetőség, hogy a fogyasztóknál megtermelt villamos energiát a termelés helyén tározzák, és ne egy központi tárolóban. Erre jelenleg szinte csak az akkumulátoros technológia alkalmas. Egy lakossági környezetbe telepített tárolónak alacsony karbantartási igényűnek és viszonylag önműködőnek kell lennie, mivel nem lehet elvárni, hogy minden háztartásban szakemberek felügyeljék a tárolók üzemét.

A villamosenergia-tárolás ilyen formában való megvalósulása azzal az előnnyel is jár, hogy a háztartási méretű erőművek által termelt, de a fogyasztó által fel nem használt energia a tárolóba kerül, és nem okoz ellenirányú áramlásokat a rendszerben. A fogyasztói tárolók esetében a frekvenciaszabályozás vagy más, rendszerszintű szolgáltatás akkor biztosítható, ha a tárolók megfelelő informatikai kapcsolatban állnak a körzeti üzemirányítóval vagy a teljes rendszer irányítójával.

A fogyasztóknál elhelyezett rendszerek egyrészt az adott háztartás hasznára lehetnek, különösen abban az esetben, ha az adott területen több tarifás rendszer működik, ahol a lakossági villamos energia a csúcsidőszakban jelentősen drágább. A fogyasztói tárolás emellett a hálózat fejlesztési igényét is csökkenti, hiszen a napelemes rendszerek gyors elterjedése esetén a tárolás hiányában a hálózatokon visszaáramlás indulhat meg, amelynek kezelése jelentős költséget okoz.

20. táblázat: Fogyasztói energiatárolásra alkalmas technológiák

Technológiák
Akkumulátoros technológiák

5.4 Nemzetközi gyakorlatok

5.4.1 Portugália

Portugália az utóbbi években élen járt a megújuló energia hasznosításban, melyet a jelentős villamosenergia-tározó kapacitása tesz lehetővé. 2013-ban a termelés körülbelül 59 százaléka volt megújuló alapú, míg 2014-ben ez közel 70 százalékra emelkedett és 2014. december 28-án a szélenergia részaránya elérte a 89 százalékot a termelésben, úgy, hogy ez nem okozott rendszerszintű problémákat a hálózaton. Ám ahhoz, hogy ez stabilan hosszútávon is fenntartható legyen, két fontos tényező játszik közre. Portugália három nagy folyóján jelentős mennyiségű vízerőművi kapacitás áll rendelkezésre, melynek több mint egyharmada szivattyús energia tározó, ami folyamatos szabályzási háttérrel biztosít. Szükség van megfelelő nagyságú határkeresztező kapacitásokra is, de rendszer stabilitását alapvetően a szivattyús tározós vízerőművek határozzák meg²⁶.

5.4.2 Korea

Nem csak Európában terjed az energiatárolás alkalmazása. Dél-Koreában már korábban telepítettek egy 16 megawattos akkumulátort, amely mellé 2015-ben újabb két lítiumalapú akkumulátor építettek be (egy 24 megawattos, 9 megawattórás és egy 16 megawattos, 6 megawattórás). A beruházó Korea Electric Power Corporation (KEPCO) szerint a 24 megawattos egység a legnagyobb ilyen típusú (nikkel-mangánkobalt, NMC) akkumulátor a világon. A két egység egy 2017-ig megvalósuló projekt része, melyben összességében 500 megawatt teljesítményben terveznek hasonló tározókat telepíteni. További érdekessége a projektnek, hogy ez esetben nem kifejezetten a megújulók ellensúlyozására létesültek az akkumulátorok, hanem elsősorban frekvenciaszabályozási feladatokat látnak el. Kifejezett cél, hogy a berendezések által a forgó tartalék csökkenthető legyen. Ezzel évi 11,45 millió eurót tervez megtakarítani az üzemeltető cég²⁷.

²⁶ Weis-Taylor, P., Latorre, S., Amber, T. & Steiner, C., 2014. IEA WIND: 2014 Annual Report.

²⁷ Willis, B., 2016. Batteries deployed in 'world's largest' frequency regulation project in South Korea, hely nélkül.: Energy-storage News.

26. ÁBRA: 56 MW-OS AKKUMULÁTORTELEP KOREÁBAN



Forrás: Willis, 2016

5.4.3 Németország

Európa és a világ egyik élenjáró megújulóenergia-hasznosító országa, Németország is alkalmazza a villamosenergia-tárolást. Németország volt az első, aki a CAES-technológiát alkalmazta. Huntorfban egy 290 megawatt teljesítményű tározós gázturbina működik a 1970-es évek közepe óta, mely a közelben lévő atomerőmű üzemét segíti többek között.

Új projektek is napvilágot látnak Németországban. Egy brandenburgi napelemből 2015 májusában kapott zöld utat egy akkumulátoros tározó. A 68 megawatt napelemből kapacitás²⁸ mellé egy 2 megawattórás ólomsavas akkumulátort építettek. A tározó 1,3 megawatt frekvenciatartási teljesítményt szolgáltat²⁹.

Egy másik nagyszabású beruházás a német energetikai cég, a STEAG által létesítendő akkumulátortelep, amely összesen 6, egyenként 15 megawattos Li-ionos berendezést integrál két telephelyen. A 90 megawatt összteljesítményű projekt beruházási költsége 90 millió euró. 3-3 modul kerül mindkét telephelyre, melyből az egyik Észak-Rajna-Vesztfáliában, az ország északnyugati részén van, míg a másik délen, a Saar-vidéken. Mind a két telep a primer szabályozásban segíti majd a frekvenciatartást. A telepítések megkezdését 2016 közepére, 2017 elejére tervezik²⁸.

Németország a lakossági villamosenergia-tárolásban is élen jár. Az országban jelentős mennyiségű, 40 gigawatt napelem van jelenleg beépítve, melynek számottevő része van lakossági felhasználók kezében. A német állam ilyen rendszerek kiegészítését támogatja akkumulátorokkal a *PV-Batteriespeicherförderprogramm* keretében. A program kizárólag olyan elektrokémiai tárolási technológiákat támogat, ahol az akkumulátorokat napelemekkel

²⁸ Colthorpe, A., 2016. Germany's revised solar-plus-storage scheme launches in March. Energy-storage news.

²⁹ Willis, B., 2016. Belectric to begin rolling out grid-connected EBU storage system. Energy-storage news.

összekapcsolva használják fel. A program 2016. március elejétől él újra, miután az első támogatási fázis 2015 végén lejárt. A szabályokat felülvizsgálták annak érdekében, hogy tükrözzék a tárolási technológiák árváltozását, illetve, hogy elősegítsék a minőségi és jól méretezett rendszerek kiépülését, így a második szakasztól kezdve a tulajdonosok a csúcsteljesítményüknek csak az 50 százalékát táplálhatják vissza a rendszerbe a régi 60 százalék helyett. A beruházók 560 euró támogatást igényelhetnek minden kilowattóra tárolókapacitás után. A program összesen 30 millió eurós büdzséből gazdálkodhat 2018 végéig²⁸.

5.4.4 Olaszország

Az olaszországi példa alapján a villamosenergia-tárolási rendszerek képesek akár egy komplex villamosenergia-hálózat stabilizációjára is, áthidaló megoldást teremtve a menetrendtartó erőművek és az időszakos megújulóenergia-termelés között. Az egyik legdinamikusabban növekvő megújulópiac Európában Olaszországban van, azonban a megújuló energiaforrások egyre növekvő részaránya problémákat okoz. Az olasz rendszerben egyáltalán nincs kiépülve a megfelelő háttér a megújulók nagymértékű hasznosítására. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy az eddig alaperőműként üzemelő egységeket kellett átállítani menetrendtartó üzemre, ami több kedvezőtlen hatással is jár. Ezek az erőművek főleg széntüzelésű, kondenzációs vagy gáztüzelésű, kombinált ciklusú erőművek. A menetrendtartásra való átállás több teljesítményváltoztatást, több hideg indítást és hosszabb, részterhesen való üzemelést hozott maga után. Ezek az erőművek tervezésüknél fogva a legjobb hatásfokot néveleges teljesítményen való üzemelésnél érik el, ráadásul tranziens időszakokban kifejezetten rossz hatásfokkal üzemelnek. A tranziens időszakban való termelés megnövekedett hossza a bruttó hatásfok jelentős romlásához vezetett, ami nemcsak gazdasági, de környezeti következményekkel is járt, hiszen a fajlagos szén-dioxid-kibocsátás is megnövekedett ezzel. Ezenfelül fontos probléma az erőművekre háruló megnövekedett igénybevétel is, mely az évi működési és karbantartási költségek jelentős növekedését okozta. Az ilyen jellegű problémák kezelésére rendszerszintű vizsgálatokat kezdeményezett az átvitelrendszer-irányító, mely vizsgálatok arra jutottak, hogy egy megfelelő méretű és hatásfokú tározós létesítmény képes lehet orvosolni a problémát. A tározótechnológia beépítése mellett bizonyos mennyiségű kombinált ciklusú kapacitás leállítására is szükség lenne annak érdekében, hogy a fennmaradó erőművek a lehető leghosszabb időt töltsék névleges üzemállapotban. A szükséges lépések megtételével az erőművek fogyasztása 1,5 százalékkal mérsékelhető, ami nagyságrendileg 100 millió euró megtakarítást jelentene évente. Ezenfelül a karbantartási költségeken további 18,5–50,2 millió eurót lehetne megtakarítani évente³⁰.

³⁰ Barelli, L., Desideri, U. & Ottaviano, A. 2015. Challenges in load balance due to renewable energy sources penetration: The possible role of energy storage technologies relative to the Italian case. Energy 93, pp. 393–405.

5.5 A magyarországi energiapiac sajátosságait figyelembe vevő energiatárolási technológiák és alkalmazási lehetőségük

Magyarországon a villamosenergia-tárolás eddig nem valósult meg ipari méretekben, és a lakosság körében sem terjedt el. Jelentős probléma, hogy sem szabályozási, sem támogatási szinten nincs az energiatárolás elősegítve. A 2030-ig szóló energiastratégiában is csak érintőlegesen van szó a villamosenergia-tárolásról, és a jelenlegi támogatási rendszerek sem foglalják magukba az ilyen jellegű rendszerek telepítését egyik szinten sem. Napjainkig hálózati szempontból nem volt indokolt tározói kapacitás kiépítése, hiszem sem a megújulók részaránya, sem az energiamix összetétele nem indokolta tározókapacitások kiépítését, de a következő években ez az igény jelentősen változni fog.

A magyar energiatermelés jelenleg főleg nukleáris és fosszilis alapokra épül. A Paksi Atomerőmű az ország termelésének majdnem 50 százalékát teszi ki, és a fogyasztásban is 40 százalékos részarányal van jelen. Másik nagy erőművünk a Mátrai Erőmű (ME), mely a környékbeli lignitalapon termel.

Magyarországon 2014 végére 329 megawatt szélenergiás és 77 megawatt fotovoltaikus napenergia-kapacitás volt beépítve a rendszerbe. A teljes beépített vízenergia-kapacitás még a napenergia-kapacitásnál is kisebb, 56 megawatt³¹. A magyar felhasználás jelentős része származik az országhatáron kívüli forrásból, az import a 2014-es évben meghaladta a 30 százalékot.

2014 januárjában Magyarország kormányközi megállapodást írt alá Oroszországgal, melyben megegyeztek a „nukleáris energia békés célú felhasználásában való együttműködésről” és két új VVER-blokk építéséről Pakson (MVM Paks II., 2014). A két új blokk üzembe helyezésével a nukleáris energia részaránya jelentősen megnőne az országban, mely a szabályozási igény megnövekedését is jelenti egyben. A szabályozási tartalékok tervezésénél is szükséges figyelembe venni a két új blokkot. Az ország jelenlegi legnagyobb egységteljesítményű termelő egysége 500 megawatt, ennél a VVER-egységek jelentősen nagyobbak, aminek köszönhetően számottevően nagyobb, akár 1000 megawattnyi szabályozási tartalékot szükséges a rendszerbe beépíteni, amelyhez a tárolási technológiák eredménnyel járulhatnak hozzá.

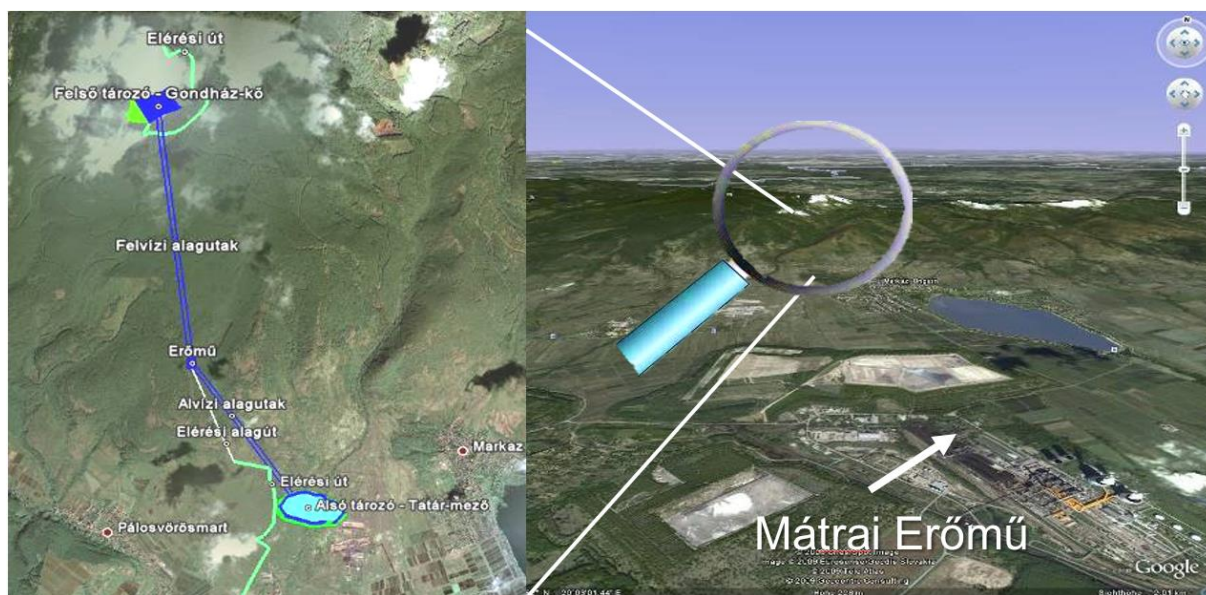
Hazánkban technológiailag több területen lehetne szivattyús tározós erőművet megvalósítani, azonban a legtöbb helyszín a társadalom számára nem elfogadható. (Pl. a Dunakanyarban tervezett SZET-et a nagymarosi erőművel együtt utasították el.)

A Zempléni-hegységben is vannak alkalmasnak tűnő helyszínek. Azonban a zempléni terület jelentős része kiemelt környezetvédelmi terület, ami gyakorlatilag megakadályozza a beruházást.

³¹ MAVIR, 2014. A magyar villamosenergia-rendszer (VER) 2014. évi statisztikai adatai.

A legígéretesebbnek a mátraitól nem messze lévő telephely látszik. Az előzetes tervek szerint az erőmű 600 megawatt összteljesítménnyel bírna, ezt 4 db 150 megawattos gépcsoport biztosítaná, amiből két turbina a folyamatos szabályzásban venne részt, míg két turbina szabályozási tartalékként szolgálna. Úgy méreteznék, hogy 6 órán át képes legyen néveleges teljesítményen futni, így 3,6 gigawattóra tárolókapacitású létesítmény lenne. A felső tározóként a Gondház-kő szolgálna, míg az alsó a Tátár-mezőn helyezkedne el (27.). Az optimális beruházási költséget 865 EUR/kW-ban határozták meg. A geodéziai felmérések megtörténtek, az engedélyeztetés az illetékes hatóságok aggályai miatt áll, de lehetőségként él egy ilyen erőmű létesítése³².

27. ÁBRA: A TERVEZETT SZET TELEPHELYE MŰHOLDAS KÉPEN



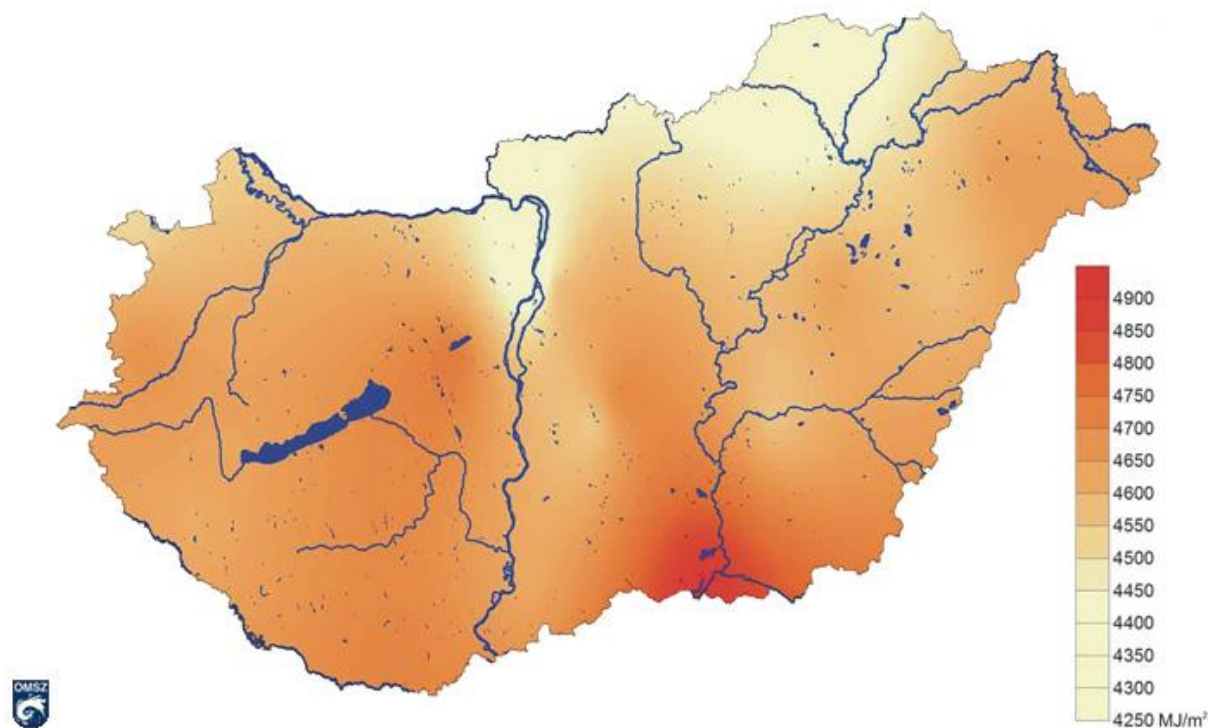
Forrás: Valaska József, 2016

Hazánk geológiai adottságai nem alkalmasak sűrített levegős tározós erőmű létesítésére, így ez az alternatíva kizárható. A jelenlegi magyar rendszer szabályzó erőműveinek jelentős része földgáztüzelésű. A jelenlegi szekunder szabályzókapacitások, a földgáz és a villamos energia ára közötti kis különbségnek köszönhetően csak drágán képesek ellátni feladataikat. A nem földgázalapú szabályzókapacitások piaci versenyképessége ezen okra visszavezethetően növekszik. Közvetve ugyan, de a szén-dioxid-kvótaárak esetleges növekedése is kihathat a szén-dioxid-mentes tározótechnológiák versenyképességére.

Magyarországon a legnagyobb kihasználatlan megújulópotenciál jelenleg a napenergiában rejlik. Magyarországon az évi átlag globálsugárzás 4500 MJ/m^2 (28.), ami jelentősen kedvezőbb, mint például a napenergia-hasznosításban élenjáró Németországban.

³² Valaska, J., 2016. A Mátrai Erőmű Jövője – Energetikai szakkollégiumi előadás. Budapest.

28. ÁBRA: A GLOBÁLSUGÁRZÁS (MJ/m^2) ÁTLAGOS ÉVI ÖSSZEGE MAGYARORSZÁGON (2000–2009)



Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat

A napenergia hasznosításában főleg a lakossági felhasználásban rejlenek nagy lehetőségek. A napelemes rendszerek folyamatos árcsökkenése miatt a háztartásoknak is egyre vonzóbb beruházás lehet a technológia. Azonban megfelelő felkészülés nélkül nagy mennyiségű kapacitás beépítése komoly problémát okozhat a hálózatban. Ahogy azt a korábban bemutatott német példa is mutatja, a hálózati terhelések csökkentésére kiváló megoldás lehet a háztartásokban elhelyezett akkumulátoros egység. Bár a napelemes rendszerek ára folyamatosan csökken, az árcsökkenés nem akkora mértékű, hogy támogatás nélkül az akkumulátor beruházási költségeivel együtt is megtérüljön egy ilyen beruházás. Éppen ezért megfontolandó, hogy nagy mennyiségű napelemes kapacitás beépülése esetén a támogatások odaítélésekor előnyben részesítsék a tározóval kombinált rendszereket, mivel azok kedvezőtlen hálózati hatásai jóval alacsonyabbak, mint a tározóval nem kombinált napelemek esetében.

Magyarország sajátosságait figyelembe véve a közösségi energiatárolásnak is számos hasznosítási lehetősége akad. A népesség 30 százalék olyan kis közösségekben él, amelyek sokszor mindössze egy vezetéken kapcsolódnak a hálózathoz. Az ilyen települések számára megtérülő lehet egy közösségi tárolóegység, amely egyszerre nyújthatna tározói kapacitást a megújulóenergia-termeléshez és szünetmentes tápegység-szolgáltatást az ellátásbiztonság növelése érdekében. Azt azonban fontos megjegyezni, hogy ezek a kisközösségek jellemzően

az ország legkevésbé beruházóképes rétegét jelentik, egy tározó létesítése komoly pénzügyi terheket róna rájuk. A kialakítás hátránya, hogy a központi tároló és a háztartások között komoly infrastruktúra kiépítésére lenne szükség. Ez összességben drágíthat annyit egy ilyen beruházáson, hogy a termelőknél elhelyezett tárolóegységek gazdasági szempontból jobb választásnak bizonyulnának.

A bemutatott tárolási technológiák közül a magyarországi helyzetet az ország adottságait és gazdaságát figyelembe véve több megoldásnak is lehet létjogosultsága. A nagy, mechanikai elven működő tározók – mint a SZET a tulajdonságaival – jó szolgálatot tehetnének a rendszernek, rugalmasságukkal és megbízhatóságukkal pótolhatnák a hiányzó szabályzási tartalékot.

A közepes méretű alkalmazási területen bármilyen elektrokémiai tárolási módszer (ólomsavas, lítiumos, nikkel-kadmiumos, NaS, folyékony elektrolitos akkumulátorok) és a CEAS egyes változatai is megfelelőek lehetnek. Egy, a frekvenciaszabályozásba beépített akkumulátoros egység lehetőségét is érdemes lenne megvizsgálni.

A kis teljesítményű alkalmazások terén kizárólag a hagyományos akkumulátoros (ólomsavas, lítiumos, nikkel-kadmiumos) technológia jöhet szóba, mivel bármilyen más tározó potenciális veszélyt jelenthet a háztartások számára. Amennyiben sikerül kidolgozni egy olyan támogatási rendszert, amiben ezek a kisegítő egységek is helyet kapnak, abban az esetben e területen lehet a legnagyobb növekedési potenciálra számítani.

Magyarország a megújulóhasznosítás terén el van a maradva. Nagy kihasználatlan potenciálok rejlenek az országban, melyek hasznosítása elengedhetetlen ahhoz, hogy az ország lépést tudjon tartani az EU-val. Ezenfelül a rendszer valószínűsíthető változása arra sürget, hogy új szabályzókapacitásokat létesítsünk, melyek segítik majd a rendszer biztonságos és hatékony üzemelését a jövőben. Ezekre a problémákra, ha csak részben is, de megoldást jelenthet egy megfelelően kiépített energiatárolási rendszer.