

# ÚJ BLOKKOK A PAKSI TELEPHELYEN – 1. RÉSZ

Aszódi Attila

A Paksi Atomerőmű kapacitás-fenntartásáért  
felelős kormánybiztos, Miniszterelnökség  
BME Nukleáris Technikai Intézet

2014. január 14-én minden híradás vezető helyén szerepelt: a magyar kormány államközi egyezményt írt alá az orosz kormánnyal két új atomerőművi blokk építéséről a paksi telephelyen. Az érdeklődés – érthető okokból – azóta sem csitul: a döntés évtizedekre meghatározza Magyarország energiapolitikáját. Vannak, akik a megújuló energiaforrások elterjedésének akadályát látják az építésben, mások kizárólag politikai döntésként értelmezik azt, miközben számos szakmai vélemény szerint elkerülhetetlen a beruházás.

Kétrészes cikkünk első írásában áttekintjük a hazai energiatermelés helyzetét és várható alakulását a következő évtizedekben, és megindokoljuk, miért van szükség az új atomerőművi blokkokra. A második rész bemutatja az engedélyezési folyamatot és az építés várható ütemtervét, valamint a VVER-1200 technológiai, biztonsági paramétereit fogja ismertetni.

## Magyarország villamosenergia-termelése napjainkban

Magyarország villamosenergia-fogyasztása az elmúlt közel egy évtizedben rendre 42-43 TWh körül alakult. Ez az érték némileg csökkent a 2008-as gazdasági világválság következtében, az utóbbi években azonban – a gazdaság bővülésével párhuzamosan – kis mértékű, körülbelül 1%-os növekedés volt megfigyelhető a bruttó fogyasztási értékekben. 2013 és 2014 között a rendszer csúcsterhelése is 2,44%-kal nőtt. Fontos felismerni, hogy a villamosenergia-piaci mechanizmusok és a hazai erőműpark sajátosságai következtében az elfogyasztott villamos energia hazai

erőművekben megtermelt részaránya eközben folyamatosan csökkent, így az ország egyre növekvő mértékben a villamos energia importjára támaszkodik. 2014-ben a nettó import aránya az összes felhasználáshoz képest elérte a 31,44%-ot (1. ábra).

Ez az importhányad kiemelkedően magas, az Európai Unióban Magyarország az import/fogyasztás arányt tekintve a harmadik legnagyobb villamosenergia-importőr (2. ábra). Csupán Luxemburg és Litvánia tudta „megelőzni” ezen a kétes értékű rangsoron, előbbi nyilvánvalóan méretéből, utóbbi pedig az Ignalina atomerőmű leállítását követő importkitettségből adódóan. Tehát a magyar villamosenergia-rendszer a jelenlegi helyzetben jelentős mértékben függ az importtól, és a tendenciákat vizsgálva ez a függés a jövőben tovább fokozódhat.

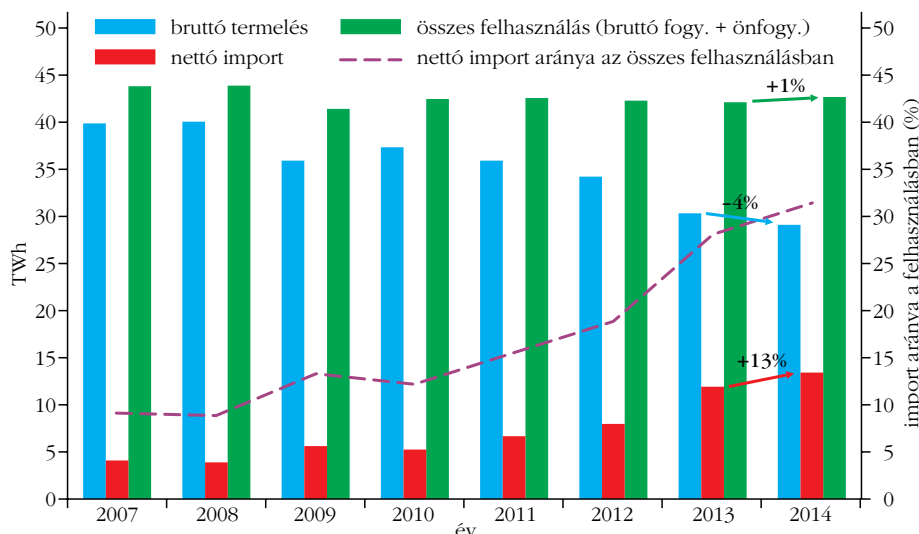
Jelenleg – részben a Németországban telepített és erősen támogatott megújuló kapacitások által okozott időszakos túlermelésnek és az alacsony széndioxid-kibocsátási árak (az elmúlt évben 5-7 EUR/tCO<sub>2</sub>) köszönhetően – az európai nagykereskedelmi piaci villamosenergia-árak igen alacsonyak. Ebben a gazdasági környezetben a hazai erőművek jelentős része versenyképtelen az olcsó importtal szemben, különösen igaz ez a magas tüzelőanyag-költséggel üzemelő gáztüzelésű erőműveinkre. A gáztüzelésű erőművek üzemelésének ellehetetlenülése más európai országokban is aktuális probléma. Magyarországon nem csupán az idősebb erőművek, de modern, magas hatásfokú kombinált gázgőz ciklusú erőműveink (Gönyű, Dunamenti) is nagyon alacsony, körülbelül 10% körüli kihasználtsággal üzemeltek 2013-ban. A hazai termelési adatok alapján 2013-ban a hazai erőművekben megtermelt 30,3 TWh villa-

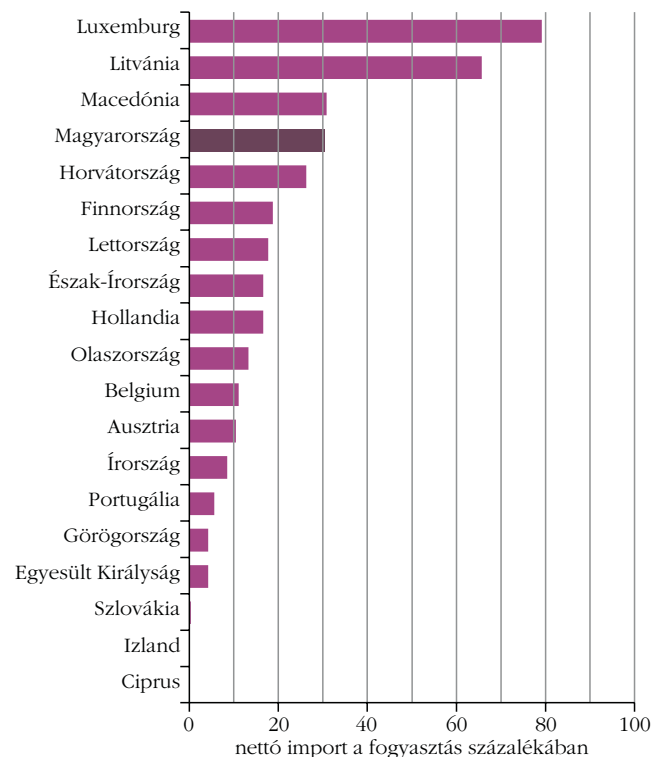
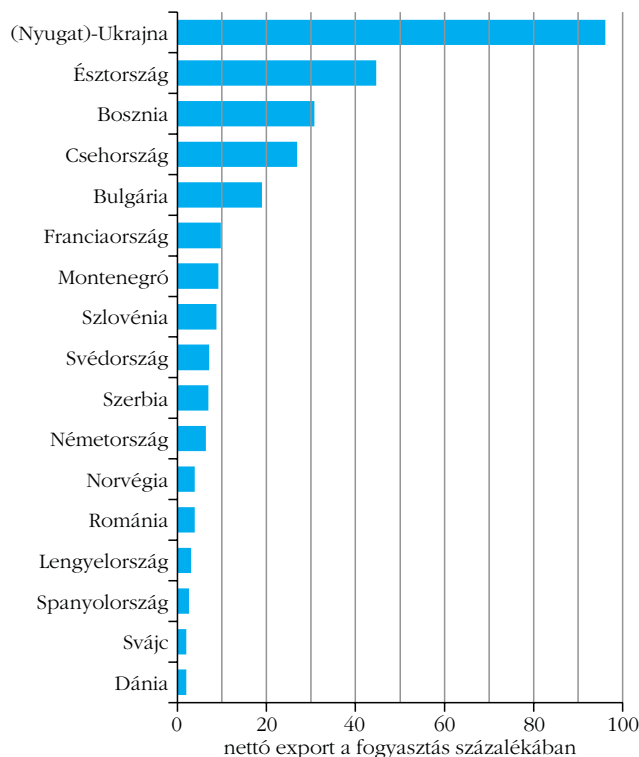
mos energia mintegy 71%-át összesen két erőműben állították elő: a Paksi Atomerőműben (2000 MW beépített nukleáris kapacitás) és a Mátrai Erőműben (950 MW beépített széntüzelésű teljesítmény).

## Import vagy önellátás?

A hazai energiapolitikai szereplők körében gyakran elmentéses véleményeket hallani a magas importhányad kedvező vagy éppen kedvezőtlen hatásairól. A tiszta piaci megközelítés szerint az alacsony árú import kedvező a hazai gazdaságnak, ezért érdemes

1. ábra. A magyar villamosenergia-rendszer termelési és fogyasztási adatai (forrás: MAVIR, 2014).





2. ábra. A villamosenergia-export mértéke és az -import részaránya a fogyasztásban az EU országokban, 2013-ban (forrás: ENTSO-E).

kihasználni azt, és előnyben részesíteni a drágább hazai termeléssel szemben. A másik oldalon az ellátásbiztonság előtérbe helyezése áll, akár a pillanatnyi piaci előnyöket is háttérbe szorítva. Az optimális megoldás valahol a két véglet – tisztán hazai termelés vagy 100% villamosenergia-import – között helyezkedik el, a vélemények a még biztonságosnak tekinthető importarány nagyságában térnek el.

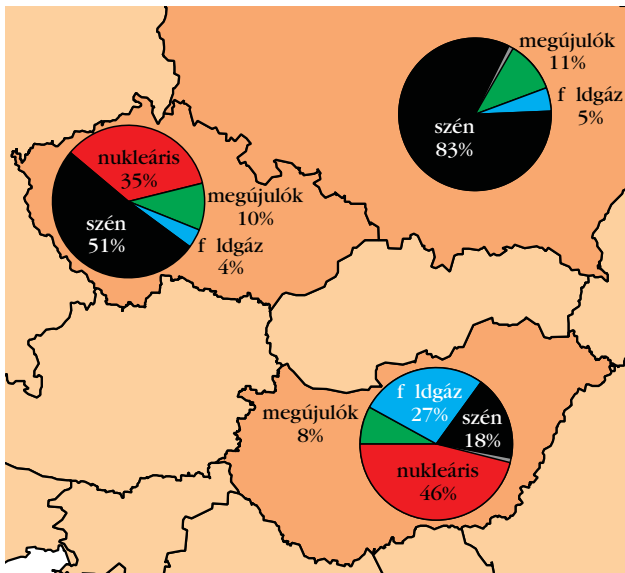
Véleményünk kialakításakor figyelembe kell venni azt a tény, hogy az energetikában hosszú időre kell terveznünk. Egy esetlegesen kialakuló, hosszan tartó, magas importhányad mellett a hazai termelői oldal elsorvad. Ennek következtében a termelőegységeket fokozatosan leépítik, bezárják. Valójában nem ekkor, hanem több év vagy évtized elteltével kerül veszélybe az ellátásbiztonság, amikor a kialakult helyzet orvoslása rendkívül sok pénzbe és időbe kerülhet. Ha a hazai kapacitás leépítését követően valamilyen oknál fogva megszűnik vagy jelentősen megdrágul az import, már nem lesz lehetőség azt saját termeléssel kiváltani, és az erőműépítések hosszú időtávja miatt (szinte minden esetben évekről van szó) a problémát nem lehet gyorsan kezelni.

Mint korábban említettük, jelenleg az európai nagykereskedelmi piacon a villamosenergia-ár rendellenesen alacsony, számos termelő időszakosan akár önköltségi ár alatt kényszerértékesít, vagy kedvezőtlen gazdasági konstrukcióban lát el szabályozási feladatokat. Valószínűnek tűnik, hogy ez a rendszer hosszú távon nem fenntartható, a változás feltételezhetően az árak emelkedését fogja maga után vonni. Emellett az európai CO<sub>2</sub>-kibocsátási árak várható emelkedése szintén drágíthatja az importot, ezt a magyar importforrások vizsgálatával könnyen beláthatjuk.

Hazánkba jelenleg Szlovákia és Ukrajna felől érkezik jelentős mennyiségű villamos energia. Az ukrán villamos hálózat nagyobb része nem csatlakozik a kontinentális európai szinkronzónához, azonban Nyugat-Ukrajna térségében üzemel olyan széntüzelésű erőmű (Bursztin), ami az európai hálózatra, Magyarország számára termel energiát. A közép-európai villamosenergia-rendszert vizsgálva megállapítható, hogy a Szlovákiából importált évi 8 TWh villamos energia nagy része tulajdonképpen tranzitenergiaként, Lengyelországból és Csehországból érkezik Magyarországra (lásd a színes *ábrát* a hátsó fedélen).

Lengyelországban a villamos energiát 83%-ban, míg Csehországban 51%-ban szén alapon állítják elő, a megújuló energiatermelés aránya pedig mind a két országban 10-11% körül volt 2012-ben. Ezek az adatok azt jelentik, hogy a Magyarországra importált villamos energia – bár jogilag számunkra karbonmentesnek tekinthető – valójában széntüzelés alapú (*3. ábra*). Ennek negatív hatásait most még nem tapasztaljuk, az EU 2020–2030 közötti időszakra meghirdetett energiapolitikája miatt azonban a széndioxid-kibocsátás ára a széndioxid-kvótákon keresztül – várhatóan – jelentősen növekedni fog. Ez pedig erősen megdrágíthatja a széntüzelésű erőművekben termelt energiát, ami nyilván negatívan érinti majd az importáló országokat, köztük Magyarországot is.

Összességében elmondható: az import áramra való támaszkodás, illetve az önellátásra berendezkedés is rendelkezik előnyökkel, de kockázatokat is hordoznak. A két lehetséges útirány közül a hosszú távú energiapolitika megalkotásakor kell választani az adott ország preferenciái alapján. A magyar kormány



3. ábra. A Magyarországra effektíven villamos energiát exportáló országok tüzelőanyag-összetételei. (Forrás: *EU energy in figures 2014*, p. 92; s. sz.)

által kiadott *Energiastratégia* [1] az önellátást preferálja, ami rövidebb távon jelentős erőműpark-fejlesztést igényel ugyan, hosszabb távon azonban minimalizálja az ellátásbiztonsági kockázatokat.

### A magyar villamosenergia-szektor jövője

A hazai villamosenergia-termelés nagy részét adó erőműveket vizsgálva megállapítható, hogy a jelenlegi tervek szerint a Mátrai Erőmű öt egysége 2018 és 2025 között, a Paksi Atomerőmű jelenleg üzemelő négy reaktorra pedig 2032 és 2037 között kerül kivezetésre a magyar villamosenergia-rendszerből. A két nagy termelő mellett több előregedő erőművünk is van. Ha figyelembe vesszük, hogy a jelenlegi prognózisok alapján a hazai fogyasztásban körülbelül évi 1%-os növekedés várható a következő évtizedekben, a MAVIR becslése szerint a leállásokat is számításba véve 2030-ig 7300 MW új erőművi kapacitás létesítésére lenne szükség (4. ábra). Ennek jelentős része (körülbelül 3100-6500 MW) nagyerőművi kapacitás lehet, emellett körülbelül 1600 MW beépített teljesítményű új kiserőművi kapacitás építésére is szükség van, amely természetesen megújuló energiaforrások hasznosításával is megoldható.

A hiányzó kapacitás természetesen különböző energiaforrás-kombinációk, energiameixek segítségével is előállítható. Az energiameixek össze-

tételét az ország energiapolitikája határozza meg. A magyar kormány által 2011-ben elfogadott, 2015-ben frissített hosszú távú energiapolitika (*Nemzeti Energiastratégia 2030-ig, kitekintéssel 2050-ig*) az úgynevezett Atom–Szén–Zöld forgatókönyvet tartja reálisan megvalósíthatónak. Eszerint középtávon fenn kell tartani a jelenlegi nukleáris termelőkapacitást, a megújuló energiaforrások fejlesztését pedig a Nemzeti Cselekvési Tervben (NCST) megfogalmazott célok szerint kell folytatni, továbbá az energiastratégia feltételezi egy új szénerőmű építését is.

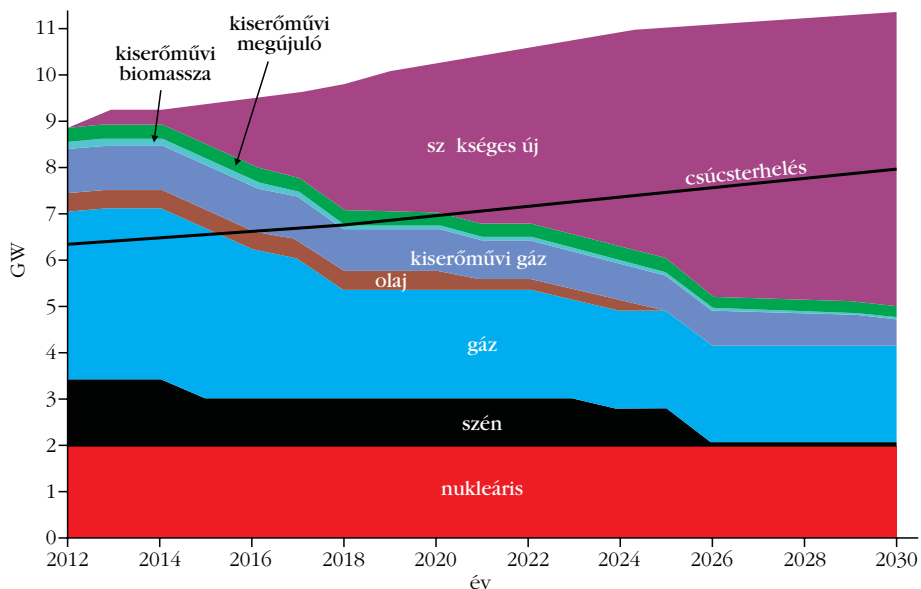
Az energiastratégia elfogadása mindazonáltal nem jelent merev, megváltoztathatatlan irányvonalat. A benne foglaltakat két évente felül kell vizsgálni, és figyelembe kell venni az időszak során bekövetkezett gazdasági, társadalmi változásokat, új technológiai fejlesztéseket, kutatási eredményeket.

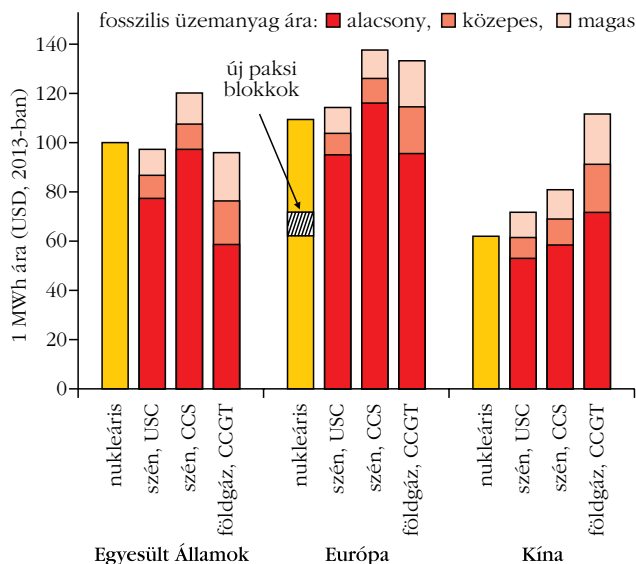
### A projekt helye Európában

Az új paksi blokkok kapcsán gyakran felmerül a kérdés, jó ötlet-e a jelenlegi Európában atomerőművet építeni, miközben több ország az atomenergia teljes kivezetése mellett döntött az elmúlt években, és gyakran éri támadás a lakosság és a politika részéről is a nukleáris energiatermelést.

E kérdés megválaszolásához érdemes áttekinteni a jelenlegi európai helyzetet. Németország a fukushimai atomerőmű balesetét követően visszatért az ország korábbi elhatározásához és ismét meghirdette az atomerőművek teljes kivezetését 2022-ig. Németországgal szemben azonban jelenleg is új atomerőművi blokk épül Finnországban és Franciaországban, és a finn Fennovoima vállalat az új paksi blokkokkal megegyező reaktorra kötött szerződést a Roszatommal. Szlovákiában a jelenlegi paksi blokkokkal megegyező, VVER-440 típusú blokkokat fejeznek be a Mohi

4. ábra. A magyar villamosenergia-rendszer csúcsterhelésének és szükséges beépített kapacitásának alakulása 2030-ig (forrás: MAVIR).





5. ábra. Fosszilis és nukleáris energiaforrások termelési költségének alakulása az üzemanyagok árának függvényében [3]. Rövidítések: USC – Ultra-szuperkritikus gőzgenerátor, CCS – szén-dioxid-elválasztás és -tárolás, CCGT – kombinált ciklusú gázturbina.

atomerőműben, amelyek építését még 1992-ben hagyták félbe. A 2015-ös cseh energiapolitika legalább kettő új, piaci alapon épülő atomerőművi blokkal számol az országban, és a bolgár nukleáris szektor jövője sem dőlt még el. Atomerőművek építését tervezi a jelenleg még nagymértékben szénalapú energia-termelésre támaszkodó Lengyelország is. Nem igaz tehát, hogy senki ne építene vagy ne tervezne építeni új atomerőművet Európában. Ráadásul egy-egy ország energiatermelési portfóliójának (energiamixének) összeállítása tagállami hatáskör, amennyiben az nem sérti az európai uniós alapelveket.

A jelenlegi közös európai energiapolitikai célok meglehetősen általános célkitűzéseket határoznak meg, ilyen a villamosenergia-ellátás biztonságának növelése, a klímaváltozási hatás mérséklése vagy a versenyképesség fenntartása. Az ellátásbiztonság szempontjából az atomenergia kedvezőnek tekinthető, hiszen magas kihasználtság mellett kínál alaperőművi villamosenergia-termelést, miközben üzemanyaga főként politikailag stabil országokból származik, hatalmas energiasűrűsége, könnyű kezelhetősége miatt pedig évekre előre készletezhető, így csökkenti az import miatti kitétséget. Még az EU-ba importált nukleáris üzemanyag esetében is a villamosenergia-termelés az EU területén valósul meg, így az atomerőmű segít az Unió közösségi céljainak elérésében. A klímavédelem szempontjából a megújuló energiaforrások mellett jelenleg csupán az atomenergia képes reális alternatívát nyújtani, hiszen ennek üzemében egyáltalán nem, építése, leszerelése, üzemanyag-ellátása során pedig csak igen csekély mennyiségben jelentkezik üvegházhatású gáz kibocsátása [2]. A Nemzetközi Energia Ügynökség (International Energy Agency – IEA) *World Energy Outlook 2014* című kiadványában [3] összehasonlítja a fosszilis és nukleáris energiaforrások termelési költségének alakulását az

üzemanyagok árának függvényében (5. ábra). Eszerint Európában az atomenergia továbbra is teljesen versenyképes a többi alaperőművi energiaforrással, az épülő új paksi blokkok pedig még az IEA-számításnál is jelentősen olcsóbban termelhetnek a kedvező kamatozású államközi hitelnek köszönhetően.

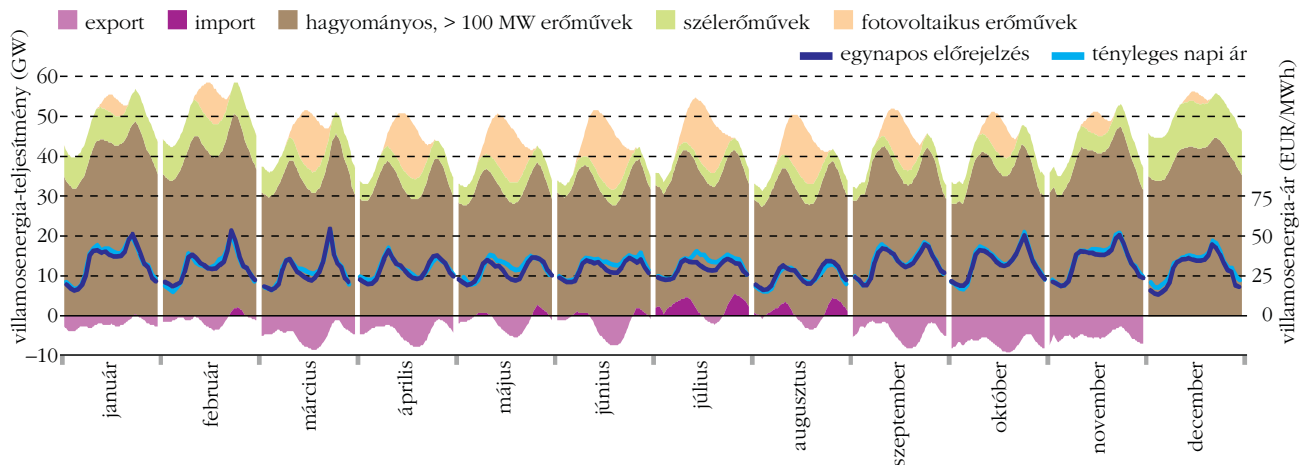
Összességében tehát megállapíthatjuk, hogy az új blokkok építése megfelel mind az ellátásbiztonsággal, mind a versenyképességgel kapcsolatban elvárt céloknak, valamint a klímavédelmi törekvéseknek is. Természetesen nem ez az egyetlen jó megoldást kínáló útvonal, az egyes országok saját preferenciáik és elérhető energiaforrásaik alapján más-más megoldást tarthatnak megvalósítandónak az EU-s célok elérése érdekében.

## A német megújulóenergia-támogatás és hatása a villamosenergia-rendszerre

Nagyon gyakori, de hibás ellenérv az atomerőműről szóló vitában, hogy az új blokkok a megújuló energiaforrások telepítése előtt vennék el a lehetőséget, illetve az új reaktorok teljes egészében kiválthatók lennének megújuló forrásokkal. Ezek az állítások ebben a formában teljesen hibásak és tévútra viszik az energiapolitikai vitákat, hiszen a megújulók és az alaperőművek tulajdonságai és szerepe teljesen eltér a villamosenergia-rendszerben.

Ennek szemléltetésére érdemes alaposabban megvizsgálni az újabbban Európa-szerte mintának tekintett német villamosenergia-szektort. Németországban az Energiewende (Energiafordulat, a megújuló alapon működő villamos szektor támogatott megteremtése) kezdete óta rohamos ütemben nő a szélenergia és a fotovoltaikus naperőművek részesedése a villamosenergia-termelésben, 2014 első 11 hónapjában ez a két forrás adta a német villamosenergia-termelés 15,8%-át (miközben a német beépített kapacitás több mint 40%-a ide tartozott). A megújuló elterjedését komoly állami támogatások, a kötelező átvétel, illetve a megújulóenergia-törvény (EEG, Erneuerbare Energien Gesetz) által meghatározott kötelező átvételi ár hajtja. Ennek eredményeként mára ezek az erőművek jelentős befolyással bírnak a német és a környező országok villamosenergia-rendszerére és a piaci villamosenergia-árra is.

A 6. ábra mutatja a Németországban 2014-ben fotovoltaikus és szélenergia-erőművek által termelt energia mennyiségét a többi energiaforráshoz viszonyítva. Az ábrán az egyes hónapokra vonatkozó napi átlagtermelések szerepelnek havi bontásban. Ezen jól látszik, hogy a téli hónapokban elsősorban a szélenergia-erőművek termelnek, a naperőművek átlagos termelése rendkívül kis mértékű. Nyáron a helyzet pont fordított, ekkor a napelemek adnak jóval nagyobb energiamentisítést – de csupán a nap közepén. Azt gondolhatnánk, hogy a két ingadozó forrás ilyenképpen kiegyenlíti egymást, ez azonban sajnos nem így van: a naposabb időszakokban is előfordul erősen szeles időjárás és fordítva: télen is telhetnek el napok szél



6. ábra. A német hagyományos erőművek, szél- és fotovoltaikus erőművek, a német import-export mérleg és a kialakuló villamosenergia-ár 2014-ben (decemberre csak előzetes adatok) [4].

nélkül. Ennek következtében 2014 első tíz hónapjában a szél- és fotovoltaikus erőművek által együttesen termelt energia napi mennyisége 0,022 TWh és 0,58 TWh között változott Németországban [4], azaz a legkisebb és legnagyobb áramtermelésű nap között több mint 25-szörös volt a különbség! A német villamosenergia-rendszerben ezeket az ingadozásokat a foszszilis (elsősorban a feketekőszén-tüzelésű) erőművek terheléskövető üzemével, valamint az import-export változtatásával igyekeznek kiegyenlíteni. A megújulók jelentős túlermelésekor gyakran elkerülhetetlen a kényszerexport, mivel egyes erőműveket technikai vagy gazdasági okok miatt nem lehet leállítani vagy kellően visszaterhelni – ilyenek a tipikus alaperőművek, a barnaszén-tüzelésű vagy nukleáris erőművek –, miközben a megújulók által termelt áram átvétele kötelező, így azok leállítására nincs reális oka az üzemeltetőnek. Szélsőséges esetben, főként amikor a fogyasztás alakulása előrejelzési pontatlanságokkal is terhelt, negatív piaci villamosenergia-ár is létrejöhethet: ilyenkor egyes foszszilis vagy nukleáris erőművek gyakorlatilag azért fizetnek a hálózatüzemeltetőnek, hogy közben maradhassanak. Ez a helyzet természetesen roppant kellemetlen a hagyományos termelőknek, a kiszámíthatatlan üzemvitel mellett az alacsony áramár is versenyhátrányba hozza őket. A jelenlegi rendszer további következménye, hogy megfelelő garanciák nélkül a rendszer stabilitásához szükséges termelőegységek beruházásai késedelmet szenvedhetnek vagy elmaradhatnak, így fokozva az ellátásbiztonsági és rendszerszabályozási kockázatokat.

Németország a határain belül megtermelt, rendszeres időközönként feleslegesnek mutakozó villamos energiát kényszerexportálja, azaz az európai villamosenergia-hálózatot használja kiszabályozási feladatokra. Ez egyrészt a más országokbeli szolgáltatókat is nehéz helyzet elé állítja, másrészt érdemes belegondolni, mi történne, ha több nagyobb ország is a német példát követné. Megjegyzendő, hogy ez a piaci mechanizmus csak azért tudott kialakulni, mert az európai villamosenergia-rendszerben a korábban alkalmazott, országokként értelmezett energiaszabályozás miatt

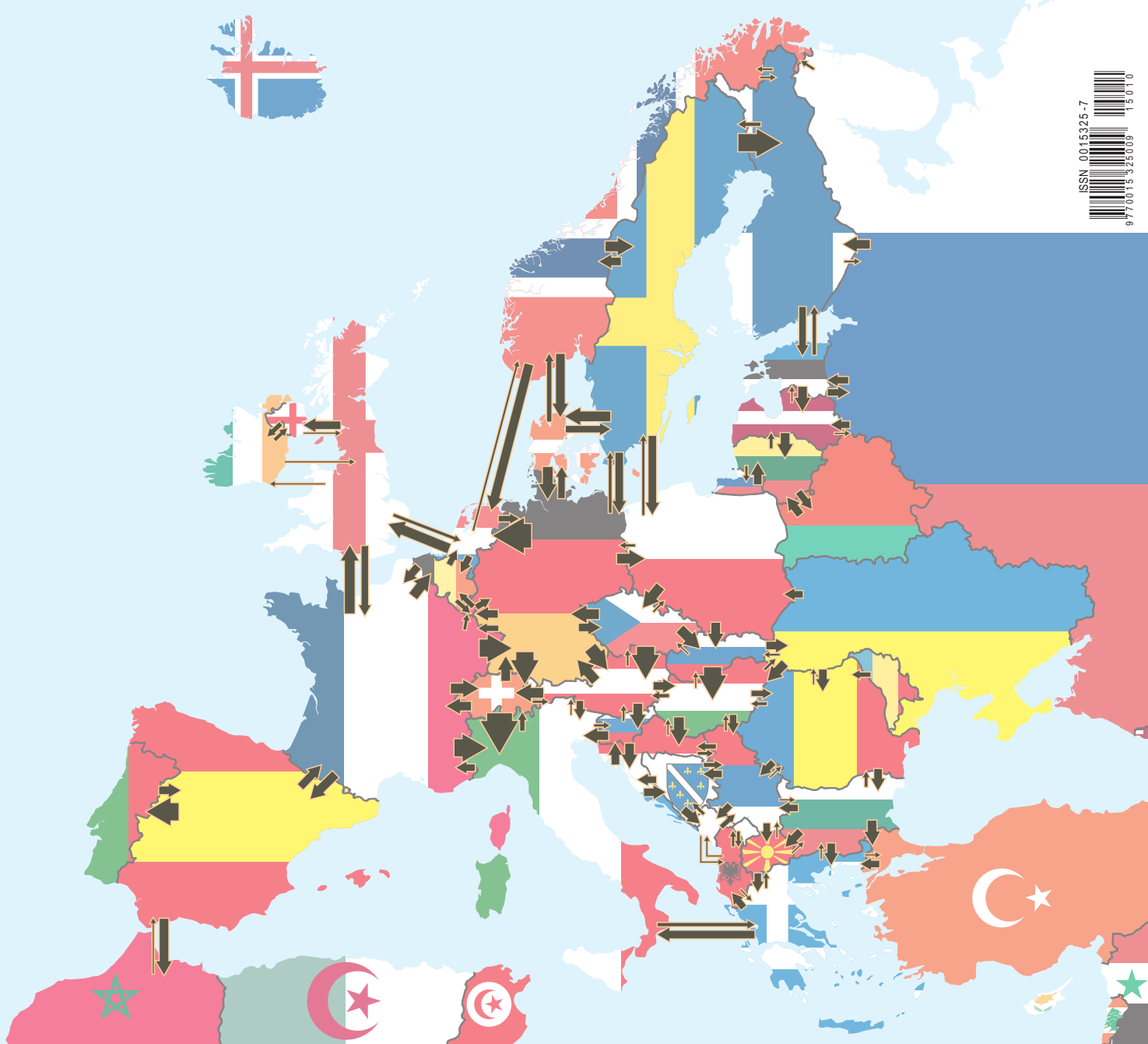
jelentős mennyiségű kihasználatlan kapacitás volt jelen, amelynek egy része a piacok összekapcsolásával felszabadult, így a piacon túlkínálat jelent meg. Ezek a – többségében öreg – erőművek az üzemanyagköltséget megközelítő változó költség mellett képesek villamos energiát hálózatra adni, így a piaci árakat alacsonyan tartani, azonban üzemidejük végével ezen kapacitások pótlására szükség lesz. A jelenlegi piaci környezet miatt elmaradó beruházások negatív hatásai várhatóan csak a következő évtizedekben fognak jelentkezni, azonban az erőműépítések hosszú időtartama miatt célszerű időben felkészülni.

A fenti érvelést elfogadva belátható, hogy a megújuló energiatermelési módok (szél- és naperőművek) gyors elterjedése mellett is szükség lesz az alaperőműként üzemelő atomerőmű által megtermelt áramra, ennek jelentősége a Mátrai Erőmű blokkjainak leállításakor – várhatóan – már látható lesz, a Paksi Atomerőmű jelenlegi blokkjainak 2032 és 2037 közötti fokozatos kivonásakor pedig kritikus mértékűvé válik. Magyarország – környezettudatos ország lévén, természeti adottságaink figyelembe vétele mellett – növelni szeretné a megújuló energiaforrásokból előállítandó villamos energia mennyiségét és arányát is.

Paks jelenleg üzemelő blokkjainak kiváltása tehát észszerű döntés, ami – számításaink szerint – a rendelkezésre álló finanszírozási feltételek mellett ráadásul megtérülő beruházás. A Paks-2 projekt teljes egészében összhangban van a Parlament által 2011-ben elfogadott energiapolitikával, az abban megfogalmazott célok elérése érdekében történik. Arról, hogy milyen atomerőművel készül Magyarország fenntartani a hazai nukleáris termelést, cikkünk következő részében számolunk be.

#### Irodalom

1. *Nemzeti Energiastratégia 2030*. Nemzeti Fejlesztési Minisztérium 2012, <http://www.kormany.hu>
2. DOE National Renewable Energy Laboratory (NREL), [http://www.nrel.gov/analysis/sustain\\_lca\\_results.html](http://www.nrel.gov/analysis/sustain_lca_results.html)
3. International Energy Agency: *World Energy Outlook 2014*.
4. Fraunhofer Institute adatok, <http://www.ise.fraunhofer.de/en/renewable-energy-data>



Az európai (felül) és a közép-európai (jobbra) határkeresztező éves villamosenergia-áramlások az országok villamosenergia-rendszerei között. Jól látható, hogy Magyarország főleg Ukrajnából, illetve Szlovákián keresztül Cseh- és Lengyelországból kap villamos energiát. Az értékek GWh-ban értendők, forrás MAVIR: A magyar villamosenergia-rendszer 2013. évi statisztikai adatai. (Lásd Aszódi Attila írását!)

