

Hálózatok harca

2011. évi jelentés

**Miért nem fér meg együtt
az atomenergia és a megújulók?**

GREENPEACE

Éghajlatváltozás

Hálózatok harca 2011. évi jelentés

Bevezető	4	További információkért kérjük, írjon az info@greenpeace.hu címre.
Fő eredmények	5	Szerzők: Jan Van De Putte és Rebecca Short
Az Energia[Forradalom] Európában	6	Társszerzők: Jan Beránek, Frauke Thies, Sven Teske
A villamosenergia-rendszer működése	8	Szerkesztette: Alexandra Dawe és Jack Hunter
Hálózatok harca – Mi a fő akadály?	10	Design és tördelés: www.onehemisphere.se, Svédország.
Új kutatás: megújuló Európa megállás nélkül	13	Kiadja a Greenpeace International Battle of the grids című kiadványa nyomán a Greenpeace Magyarország Egyesület
Európa új energiaterképe	16	1143 Budapest, Zászlós u. 54. Magyarország greenpeace.hu
Hat lépés a megállás nélküli megújuló energia európai hálózatának kiépítéséhez	20	Szerkesztette: Rohonyi Péter
A 2030-as rugalmatlan, piszkos energiás modell	24	Szaklektor: Bíró Zsolt
Esettanulmányok	25	Nyelvi lektor: Rohonyi András
A befektetőket érintő következmények	27	Fordította: Török Márton
Politikai javaslatok	28	Felelős kiadó: Szegefalvi Zsolt
Függelék	29	
A megújuló villamos energiát előállító technológiák típusai	30	

ISBN 978-963-08-2721-8

A jelentés elérhető a greenpeace.hu weboldalon.

A jelentés az Energynautics GmbH által a Greenpeace International megbízásából végzett kutatáson alapul, melynek eredményeit a „European Grid Study 2030/2050” (Európai elektromos hálózatok 2030/2050) című tanulmányban adták közre. Szerzők: Dr.-Ing. Eckehard Tröster, MSc. Rena Kuwahata, Dr.-Ing. Thomas Ackermann. További információ és kapcsolat: www.energynautics.com

A kiadvány a Folprint Zöld Nyomdában, Cyclus Ofszet papírra készült, melyet teljes egészében újrahasznosított hulladékpapírból, klórszármazékok és optikai fehérítők felhasználása nélkül állítanak elő. A kiadvány nyomtatásához Michael Huber München RESISTA Inkredibile típusú, ásványolajmentes, újratermelődő növényi olaj alapú, környezetbarát nyomdafestéket használtak. A nyomda Chemistry-free CTP és Alcohol-free Printing technológiát alkalmaz.





Bevezető

Az iparosodott világot mozgásban tartó energiaellátási és szállítási rendszerek nagymértékben hozzájárulnak a veszélyes éghajlatváltozáshoz. A szélsőséges időjárást, a mezőgazdasági termelés csökkenését és a tengerszint emelkedését minden ember meg fogja érezni, gazdagok és szegények egyaránt. A legrosszabb hatásokat még el tudjuk hátrítani, de csakis energiarendszerünk átalakítása révén.

Európa jelenlegi áramhálózatát nagy, szennyező erőművek jellemzik, amelyek a sok veszteséggel működő, előregedő váltóáramú hálózatba állandó mennyiségű energiát táplálnak be, függetlenül a fogyasztói igényektől. Ez az országos hálózatokból az évek során összetakolt rendszer mára elavult, és nem működtethető gazdaságosan.

Az éghajlatváltozással kapcsolatos intézkedések és a fogyasztói igények egy „okosabb” és hatékonyabb összeurópai hálózat megteremtésére ösztönöznek, amely máris új technológiai, üzleti és fogyasztói lehetőségek széles skáláját kínálja. Egy ilyen hálózat képes lenne biztosítani az ellátást szélsőséges időjárási körülmények közepette is, nagyrészt föld alatti, hatékony egyenáramú vezetéseken szállított zöld energiával látva el egész Európát. Ugyanakkor e kiadványunk címe is – „Hálózatok harca” – arra hívja fel a figyelmet, hogy politikai válaszúthoz érkeztünk.

A megújuló energiaforrások kiaknázása tavaly több befektetést vonzott, mint bármely másik szektor, ám az igen figyelemreméltó eredmények ellenére is még csak ezután kerül sor – hamarosan – a végső erőpróbára a zöld és a piszkos energiák között. 2010-ben a szinte ingyen energiát biztosító rengeteg szélturbinát több ezerszer állították le, hogy lehetővé tegyék a veszélyes és szennyező, de államilag erősen támogatott atom- és szén-erőművek számára a szokásos üzletmenet folytatását. Becslések szerint Spanyolországban tavaly 200 GWh-nyi energiát kellett így „kidobnia”. Az energiaipari vállalati igazgatótanácsokban és az iparág szakértői

és lobbistái körében egyre többször esik szó az eltérő rendszerek összeütközéséről, és egyre gyakrabban emlegetik egy új, mindinkább kettős jellegűvé váló rendszer kiépítésének és üzemeltetésének költségeit. Ez évi jelentésünk úttörő módon, összeurópai szinten mutatja be a problémát, és bebizonyítja, hogy Európa képes lehet zökkenőmentesen áttérni egy olyan rendszerre, amely majdnem 100 százalékban megújuló forrásokból származó energiát szolgáltat folyamatosan, mindenkinek.

A Greenpeace 2010. évi *Energia[Forradalom]* című jelentéséhez hasonlóan a Hálózatok harca is a korábbi, Megújuló energia megállás nélkül című tanulmányon alapszik, ami a gyakorlati megvalósítás kézikönyveként mutatja be egy olyan rendszer létrehozását, melynek révén 2030-ra 68%-ban, 2050-re pedig közel 100%-ban biztosítható a megújuló energia.

A piacvezető Energynautics céget kértük fel, hogy a 27 EU-tagországban, Norvégiában, Svájcban és a Balkán-félsziget EU-n kívüli államaiban elhelyezkedő 224 hálózati csomópontban felvett, az év 365 napjának minden egyes órájára jellemző áramfogyasztási és -termelési adatokból kirajzolódó mintázatok alapján működőképes modellt dolgozzanak ki egész Európa számára.

A jelentés fő eleme a kiadványunkban középen található kétoldalas térkép, amely pontosan bemutatja az egyes megújuló energiatermelési technológiák megvalósíthatóságát, alkalmazhatóságát és annak az infrastruktúrának a költségeit, amely az áramot Európaszerte a kellő helyre szállítja. Ez a térkép az első a maga nemében – eddig még egyetlen más tanulmány sem próbálta meg komolyan megtervezni Európa valamely jövőbeli áram-hálózatát.

Az energiaellátás új modelljének megvalósításához a problémák újszerű megközelítésére van szükség, a fogalmak tisztázásával és új kifejezések bevezetésével. A kulcsszavakat tartalmazó alábbi doboz a Hálózatok harcában használt alapfogalmak értelmezését foglalja össze.

1. doboz

Az **alaperőművi termelés** fogalma azt fejezi ki, hogy a hálózatban állandóan szükség van egy minimális energiamennyiség folyamatos, megszakíthatatlan betáplálására. Ezt hagyományosan szén- vagy atomerőművek biztosítják. Ez évi jelentésünk megkérdőjelezi ezt a gyakorlatot. Azt is megmutatja, hogy a nagy területről összegyűjtött „rugalmas” energiaforrások megfelelő kombinációja is biztosíthatja a hálózat folyamatos energiaellátását, az áramot a nagyobb fogyasztású területek felé továbbítva. Az alaperőművi termelés biztosítása jelenleg be van építve a szén- és atomerőművek üzleti modelljébe, amelyek a nap 24 órájában megállás nélkül termelik az áramot, függetlenül attól, hogy szükség van-e rá vagy sem.

Az **energiakorlátozás** arra utal, hogy az ingyen szél- és napenergia hasznosítását a helyi túltermelés miatt le kell kapcsolni, vagy azért, mert az így nyert áramot nem lehet más helyekre szállítani (a szűk keresztmetszetek miatt), vagy mert a rugalmatlan atom- vagy szénenergiával versenyez, és ez utóbbiaknak elsőbbségük van a hálózatban. A korlátozott energiából tartalékokat is lehet majd képezni, amint az erre szolgáló technológia elérhetővé válik.

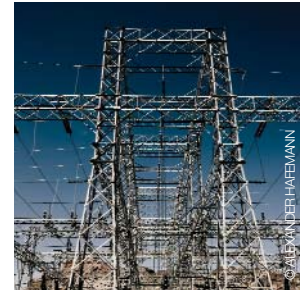
A **változó energia** az időjárástól függő szél- és napenergiából előállított áramot jelenti. Bizonyos technikákkal, például a koncentrált napenergia hőtárolóval történő kiegészítésével a változó energia menettrendtartóvá tehető.

A **menettrendtartó energia** az energia azon fajtája, amelyet el lehet tárolni és amikor szükség van rá, az így termelt áramot a nagy energiaigényű helyeken lehet hasznosítani. Erre példa a gáztüzelésű erőműben vagy az agroüzemanyagokból előállított áram.

A **rendszerösszekötő** az elektromos hálózat különböző részeit összekötő távvezeték.

A **terhelési görbe** az elektromos áramfogyasztás szokásos napi mintája, amelynek a külső hőmérsékletből és a korábban feljegyzett adatokból következtetve megjósolható csúcspontja és mélypontja van.

A **csomópont** az elektromos hálózat olyan, régiókat vagy országokat összekötő pontja, ahol helyi betáplálás is történhet a hálózatra.



Fő eredmények

Mélyreható számítógépes modellezések eredményeit felhasználva¹ (beleértve a nap- és szélenergia-termelői által termelhető áram mennyiségének részletes előrejelzését az év minden egyes órájára), a Hálózatok harca rávilágít az alábbiakra:

- 1.** A megújuló áram nagy léptékű integrációja az európai hálózatba (2030-ra 68%-ban, 2050-re 99,5%-ban) mind technikailag, mind gazdaságilag magas szintű ellátásbiztonsággal valósítható meg, még a legszélsőségesebb éghajlati körülmények között is, amikor gyenge a szél és kevés a napsugárzás. Ez újfent alátámasztja a 100%-ban megújuló energiákon alapuló áramtermelés jövőképeinek megvalósíthatóságát. Emellett a Greenpeace *Energia[Forradalom]* című jelentésének eredményeit is megerősíti,² amelyek szerint az áramtermelés 97%-ban megújulókkal történő lefedése 2050-re 34%-kal olcsóbb lenne, mint a Nemzetközi Energiaügynökség (IEA) jelenlegi referencia-forgatókönyvének követése, továbbá a megújuló villamos energia 2030-ra elért 68%-os aránya 1,2 millió új munkahelyet teremtene, 780 ezerrel többet, mint amit a referencia-forgatókönyv tervez.
- 2.** Ez jelentős változtatásokat igényel az energiaszerkezetben:
 - 2030-ban a gázerőműveknek kell biztosítaniuk a nem megújuló áram nagy részét, rugalmas biztosítékként szolgálva a szél- és napenergiával termelt áram mellett. 2030 és 2050 között meg kell szüntetni a földgáz, mint üzemanyag felhasználását, olyan menetrendtartó megújuló energiákkal pótolva azt, mint például a víz-, a geotermikus és a koncentrált napenergia, valamint a biomassza.
 - Mivel a szén- és atomerőművek túlságosan rugalmatlanok és nem képesek megfelelően reagálni a szél- és napenergia ingadozásaira, 2030-ra ki kell vezetni a jelenleg létező szén- és atomerőművek 90%-át, 2050-re pedig mindet.
- 3.** 2030-ra nagyjából 70 milliárd eurót kell befektetni a hálózati infrastruktúrába, hogy az áramellátás a nap 24 órájában, a hét minden napján biztosított legyen, a megújuló energia 68%-os aránya mellett. A hálózatbővítésre további 28 milliárd eurót költve 2030-ig 1%-ra csökkenthető az eldobott megújuló energia aránya. A villanyszámlában a hálózat összes költsége nem érné el az 1%-ot.
- 4.** Ez a jelentés a 2030 és 2050 közötti időszakra két különböző forgatókönyvet elemez. A „nagy hálózat” forgatókönyvében az európai hálózat összekapcsolódna Észak-Afrikával, hogy kihasználja az ottani nagy mennyiségű napsugárzást. Ez csökkentené az áramtermelés költségeit, de 581 milliárd euróra növelné az energiaátvitel terén szükséges befektetéseket 2030 és 2050 között. A „kis hálózat” forgatókönyve szerint több megújuló energiát termelnének a nagy energiaigényű helyek (nagyvárosok és erősen iparosított területek) közelében. Ez mindössze 74 milliárd eurónyi befektetést igényelne 2030 és 2050 között, de növelné az áramtermelés költségeit, mivel a kevésbé napos területeken több napelem telepítésére lenne szükség. E két, egymástól merőben különböző forgatókönyv mellett több köztes kombináció is lehetséges.
- 5.** Jelenleg a szélenergia-termelőket gyakran lekapcsolják a nagy áramtermelésű időszakokban, hogy elsőbbséget adjanak az atom- vagy szélenergia-termelőknél. A Hálózatok harcában aratott győzelemhez szükség van arra, hogy az európai hálózaton a megújuló energia továbbítása elsőbbséget kapjon – az országok közti rendszerösszekötőkön is –, hiszen annak többletermelése a nettó igénnyel rendelkező régiókba exportálható.
- 6.** Az atom-, a szén- és a gázerőműveket érintő gazdasági következmények:
 - Még ha a technikai módosítások rugalmasabbá is tudnák tenni a szén- és atomerőművek termelését, „beilleszthetővé” téve őket a megújulókat tartalmazó energiaszerkezetbe, 2030-ra már csak 46%-os kihasználtsággal működhethetnének, majd folyamatosan egyre kisebbel, így az atomerőművenként szükséges kb. 6 milliárd eurónyi befektetés roppant gazdaságtalan lenne. Egy új atomerőmű építése nagyon kockázatos a befektetők szempontjából.
 - Egy „piszkos energiával” számoló forgatókönyvet követve, amelyben a rugalmatlan szén- és atomerőművek 2030-as aránya a mostanihoz lenne hasonló, a megújuló energiaforrásokat gyakrabban le kellene kapcsolni, az így elvesztett termelés költsége évi 32 milliárd euróra nőne.
 - A rugalmas gázerőművek kevésbé tőkeigényesek, mint az atomerőművek, és 2030-ra még mindig 54%-os terhelési faktoral, gazdaságosan üzemelhetnének, biztosítékként működve a megújuló energiák számára. 2030 után a gázerőművek fokozatosan átalakíthatók a biogáz használatára, elkerülve a beruházások befagyását mind az energiatermelő erőművek, mind a földgázszállító vezetékrendszerek terén.

¹ Az elemzés a *Megújuló energia megállás nélkül – A klímaváltozás megfékezéséhez szükséges infrastruktúra* című, 2010. februári kiadványon alapul.

² Energy [R]evolution. Towards a fully renewable energy supply in the EU-27. <http://energyblueprint.info/1233.0.html>

Az Energia[Forradalom] Európában

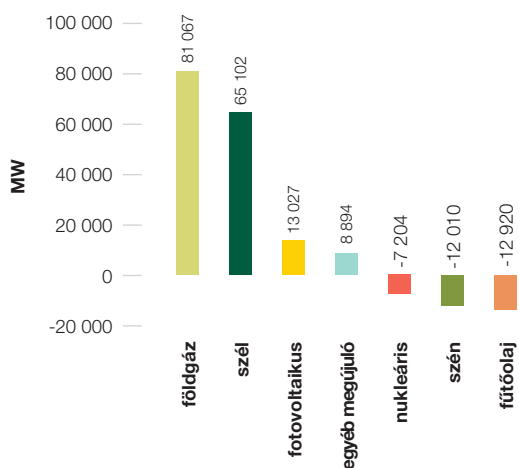
Mi alakíthatjuk a jövőt

A világ tudja, hogy az elmúlt két évszázad fosszilis üzemanyagok égetésén alapuló ipari fejlődése miatt súlyos, világméretű éghajlati változások felé tartunk. Tudjuk a megoldást is: ez valódi forradalmat jelent az energia előállításában és elosztásában. A harmadik kiadásánál tartó *Energia[Forradalom]* a Greenpeace a Német Űrkutatási Központ (DLR) Műszaki Termodinamikai Intézetével, valamint a világ különböző egyetemein, intézeteiben és a megújulóenergia-iparban dolgozó 30 tudóssal és mérnökkel közösen hozta létre. Az *Energia[Forradalom]* úgy biztosítja a tiszta és igazságosan elosztott energiát, hogy eközben az üvegházhatású gázok kibocsátás-csökkentésében nem a politika, hanem a tudomány által kitűzött céloknak felel meg.

A jelenlegi európai helyzet a következő:

- A megújuló energia termelése robbanásszerűen növekszik. Az elmúlt évtizedben az összes telepített kapacitás több mint fele megújuló energiás volt, nem pedig fosszilis üzemanyagokon alapuló energia.
- A megújuló energia termelése 2009-ben a gazdasági válság ellenére is tovább növekedett.
- Ma a szélenergia vitán felül a vezető technológia Európában, a gázzal a második és a fotovoltaikussal a harmadik helyen – 2009-ben az új európai szélfarmokba történő befektetések elérték a 13 milliárd eurót, 10 163 MW-nyi szélenergia-kapacitást hozva létre, ami 23%-kal több, mint az előző évben.³

1. ábra Nettó telepített kapacitás 2000 és 2009 között az EU-27-ben



Forrás: EWEA, Platts.

³ 2010-ben történt meg először, hogy a világon üzembe helyezett szélturbinák (193 GW), biomassza- és hulladékhasznosító erőművek (65 GW) és naperőművek (43 GW) összesített teljesítménye – 381 GW – meghaladta (a fukushimai katasztrófát megelőzően) az összes nukleáris létesítmény kapacitását (375 GW). A megújuló energiatechnológiák területén eszközölt befektetések értékét 2010-ben 243 milliárd dollárra becsülték.” (M. Schneider, A.Froggatt, S. Thomas: www.worldwatch.org/system/files/NuclearStatusReport2011_prel.pdf – a szerk.)

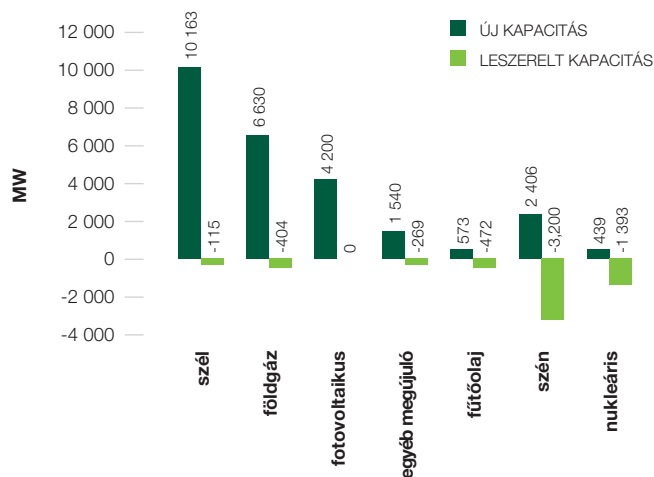
- A 2009-ben épített szélturbinák évente annyi villamos energiát termelnek, amennyire 3 vagy 4 alaperőművi termelésen üzemelő nagy atom- vagy szénerőmű lenne képes.⁴
- Eközben mind az atomerőművi, mind a szénerőművi energiatermelés visszaesőben van: az elmúlt évtizedben több ilyen erőművet zártak be, mint ahány újat adtak hozzá az energiatermelés szerkezetéhez.⁵

Hosszú távú növekedés

A villamosenergia-piac jelenlegi irányzatait felhasználva megbízható előrejelzéseket készíthetünk arról, hogy hogyan festene az energiaszerkezet a megfelelő támogatásokkal és intézkedésekkel. A Greenpeace egy évtizede publikálja energiapiaci forgatókönyveit, amelyek az ipar képességeit elemző részletes tanulmányokon alapultak. Az azóta eltelt időben a szél- és a fotovoltaikus energia valós növekedése folyamatosan meghaladta a saját előrejelzéseinket.

A jelentések egy olyan részletes fenntartható energiagazdasági forgatókönyvet mutatnak be Európa számára, amely konzervatívan kizárólag a már létező és működő technológiákra alapoz.

2. ábra Telepített és leszerelt termelési kapacitás 2009-ben az EU-27-ben



Forrás: EWEA, Platts.

⁴ 0,29-os átlagos terhelési tényezővel számolva 10 160 MW-nyi összteljesítményű szélturbinák körülbelül 26 TWh-t termel, amely három és fél 1000 MW-os, 0,85-os terhelési tényezőjű hőerőművel mérhető össze.

⁵ Egy, a globális erőműpiacról szóló új elemzés, amit a Greenpeace International rendelt meg, azt mutatja, hogy az 1990-es évek óta a szél- és napenergiás áramtermelő egységek üzembe állítása terén gyorsabb volt a növekedés, mint bármely más áramtermelő technológia esetében. Továbbá a megújuló energiák hasznosítása a gyors növekedés révén 2010-ben elérte az eddigi legnagyobb piaci részesedését, annyi áramtermelési kapacitást mutatva fel összességében, ami Európa összes elektromos áramszükséglete egyharmadának biztosítására elegendő. – a szerk. www.greenpeace.org/international/en/publications/The-silent-Energy-Revolution



E jelentésünk felülről lefelé haladva elemzi a teljes energiakinálatot európai szinten, s emellett alulról felfelé építkező tanulmányokat használ fel a megújuló energiaforrások technológiai fejlődésének, növekedési ütemének, fejlődési görbéinek, költségelemzéseinek és erőforrás-potenciáljának vizsgálatához. Az *Energia[Forradalom]* alap és progresszív forgatókönyveket is ismertet, a Nemzetközi Energiaügynökség (IEA) *A világ energiaügyi kilátásai 2009-ben* (*World Energy Outlook 2009*) című kiadványában a népességre és a GDP-re vonatkozóan közölt előrejelzésekre alapozva.

A progresszív forgatókönyv a CO₂-kibocsátás 2050-re történő 95%-os csökkentését mutatja be a teljes energiaszektorra érintően. Ennek része a szén- és az atomerőművekben történő áramtermelés kivétele 2030-ra 90%-ban, 2050-re pedig teljesen. Ilyen körülmények között a megújuló energiaforrások az áramtermelés 43%-át adnák 2020-ra, 68%-át 2030-ra és 98%-át 2050-re. A tanulmány bebizonyítja, hogy a megújuló energiaforrásokra való teljes átállás 2050-re technikailag és gazdaságilag is megvalósítható a villamosenergia-rendszerekben.

Egy valódi *Energia[Forradalom]* kihasználná, hogy Európában hatalmas lehetőségek vannak az energiahatékonyságra, energiatakarékosságra és a megújuló energiák alkalmazására, s ezzel a földrészt elindítaná a tiszta, biztonságos és megfizethető energiatermeléshez és munkahelyek millióinak megteremtéséhez vezető úton.

1. táblázat Mit hoz magával az *Energia[Forradalom]* az EU-ban?

Hatékonyság és takarékoság	<ul style="list-style-type: none"> Az elsődleges energiaszükséglet a 2007-es 78 880 PJ/évről 46 030 PJ/évre esik vissza 2050-re. 	<ul style="list-style-type: none"> A teljes energiaigény egyharmadával csökken.
Energia	<ul style="list-style-type: none"> 2050-re a fosszilis üzemanyagokat a biomassza, a napkollektorok és a geotermikus energia váltják fel. A geotermikus hőszivattyúk és a naphőenergia ipari méretekben fognak hőt termelni. 	<ul style="list-style-type: none"> A megújuló energiák 92%-ban fedik le a végfelhasználói energiaigényt, beleértve a hőtermelést és a szállítást
Villamosság	<ul style="list-style-type: none"> 1520 GW áram kapacitás, amely 4110 TWh megújuló áramot termel 2050-re. A teljes villamosenergia-igény a 2007-es évi 2900 TWh-ról közel 4300 TWh-ra növekszik 2050-re, a szállítás és a geotermális hőszivattyúk magasabb igényének köszönhetően. 	<ul style="list-style-type: none"> A megújuló energia különböző fajtái adják az ellátás 97%-át.
Szállítás	<ul style="list-style-type: none"> Egyre több tömegközlekedési rendszer működik elektromossággal, és a szállítás súlypontja az utakról a vasutakra helyeződik át. 	<ul style="list-style-type: none"> Az elektromos járművek az összes szállítóeszköz 14%-át teszik ki 2030-ra, és akár 62%-át 2050-re.
Költségek	<ul style="list-style-type: none"> A progresszív forgatókönyv szerint 2050-ben egy kWh 6,7 eurócentbe fog kerülni, szemben a referencia-forgatókönyv 9,5 eurócentes árával. Az IEA referencia-forgatókönyvéhez képest a villamosenergia-szektor évi 62 milliárd eurónyi megtakarítása az üzemanyagköltségekben hozzáadódik a befektetések évi 43 milliárd eurós összegéhez (2007-től 2050-ig). 	<ul style="list-style-type: none"> 2030-ban a villamos energia költsége 1,2 cent/kWh-val magasabb lesz, mint az IEA-forgatókönyvben. 2050-ben a villamos energia költsége 2,8 cent/kWh-val alacsonyabb lesz, mint az IEA referencia-forgatókönyvében.
Munkahelyek	<ul style="list-style-type: none"> A progresszív <i>Energia[Forradalom]</i> körülbelül 1,2 millió új munkahelyet teremt az energiaszektorban 2050-ig. 	<ul style="list-style-type: none"> 780 ezerrel több munkahely az energiaszektorban, mint az IEA referencia-forgatókönyve szerint.

A villamosenergia-rendszer működése

A „hálózat” mindazokat a kábeleket, transzformátorokat és infrastruktúrát jelenti, amelyek a villamos energiát az erőművektől a felhasználókig szállítják. Jelenleg egy központosított hálózati modell van használatban, amelyet nagyjából 60 évvel ezelőtt terveztek meg. A rendszerek a városok nagymértékű iparosodását támogatták, és a világ legfejlettebb részein a vidéki területekre is elszállították az elektromosságot. Most azonban újra kell gondolnunk és át kell alakítanunk a hálózatot, hogy egy tiszta energiájú rendszert kaphassunk. Ez a változás fog eljuttatni minket a társadalom technológiai fejlődésének következő lépcsőfokára.

A régi módszer

A hálózatokat nagy központi erőművekkel alakították ki, amelyeket nagyfeszültségű váltóáramú vezetékek kötnek össze. A végfelhasználókhoz egy kisebb elosztóhálózat szállítja az áramot. A rendszer nagyon pazarló, az átalakítás során sok energia vész el.

Az új módszer

A legfőbb különbség a régi rendszerhez képest a tiszta energia előállításában az, hogy sok kicsi generátorra, áramtermelő egységre van szükség, amelyek egy része változó kimenő teljesítményt biztosít. Ennek nagy előnye, hogy ezeket a hálózat más részein is el lehet helyezni, közel a felhasználás helyéhez. A kisebb áramtermelők közé tartoznak a szélerőművek, a napelemek, a mikro-turbinák, a tüzelőanyag-cellák és a kicsi kogenerációs (kombinált hő- és villamosenergia-termelő) erőművek.

Az előttünk álló kihívás az új, decentralizált és megújuló energián alapuló áramforrások integrálása, és ezzel egy időben a nagy kapacitású, előregedett erőművek kivezetése. Ehhez új architektúrájú villamosenergia-rendszerre van szükség.

Az átfogó koncepció kiegyenlíti az energiatermelés és -felhasználás ingadozásait, hogy hatékony legyen az energia elosztása a felhasználók között. Ezt olyan új intézkedések teszik lehetővé, mint a nagy felhasználók energiaigényének újfajta kezelése, vagy az időjárás-előrejelzések adatait felhasználva az energia eltárolása a kevésbé szeles vagy napos időszakok lefedésére. A fejlett kommunikációs és vezérlőtechnológiák tovább növelik az villamos energia szállításának hatékonyságát.

Az új architektúra kulcselemei a **mikrohálózatok**, az **okos hálózatok** és a rendszerösszekötők, amelyekre szükség van egy hatékony **szuperhálózat**. Ez a háromfajta rendszer összefonódik és támogatja egymást.

Technológiai lehetőségek

2050-re a villamosenergia-rendszerek teljesen másképp kell kinéznie, mint ma. Ez óriási üzleti lehetőségeket jelent az információs és kommunikációs technológiai (ICT) szektornak az energiahálózat újragondolásában. Mivel az okos hálózat energiaellátását különböző helyeken levő változatos források biztosítják, óriási mennyiségű adat összegyűjtésére és elemzésére van szükség. Az okos hálózatok olyan szoftvereket, hardvereket és adathálózatokat igényelnek, amelyek képesek az adatok gyors továbbítására, és reagálni tudnak az információkra. Az ICT szektor számos fontos szereplője versenyez egymással az energiahálózatok okosabbá tételében a világ minden táján, és cégek százai is beszállhatnak az okos hálózatokhoz kapcsolódó munkákba.

2. doboz Fogalmak

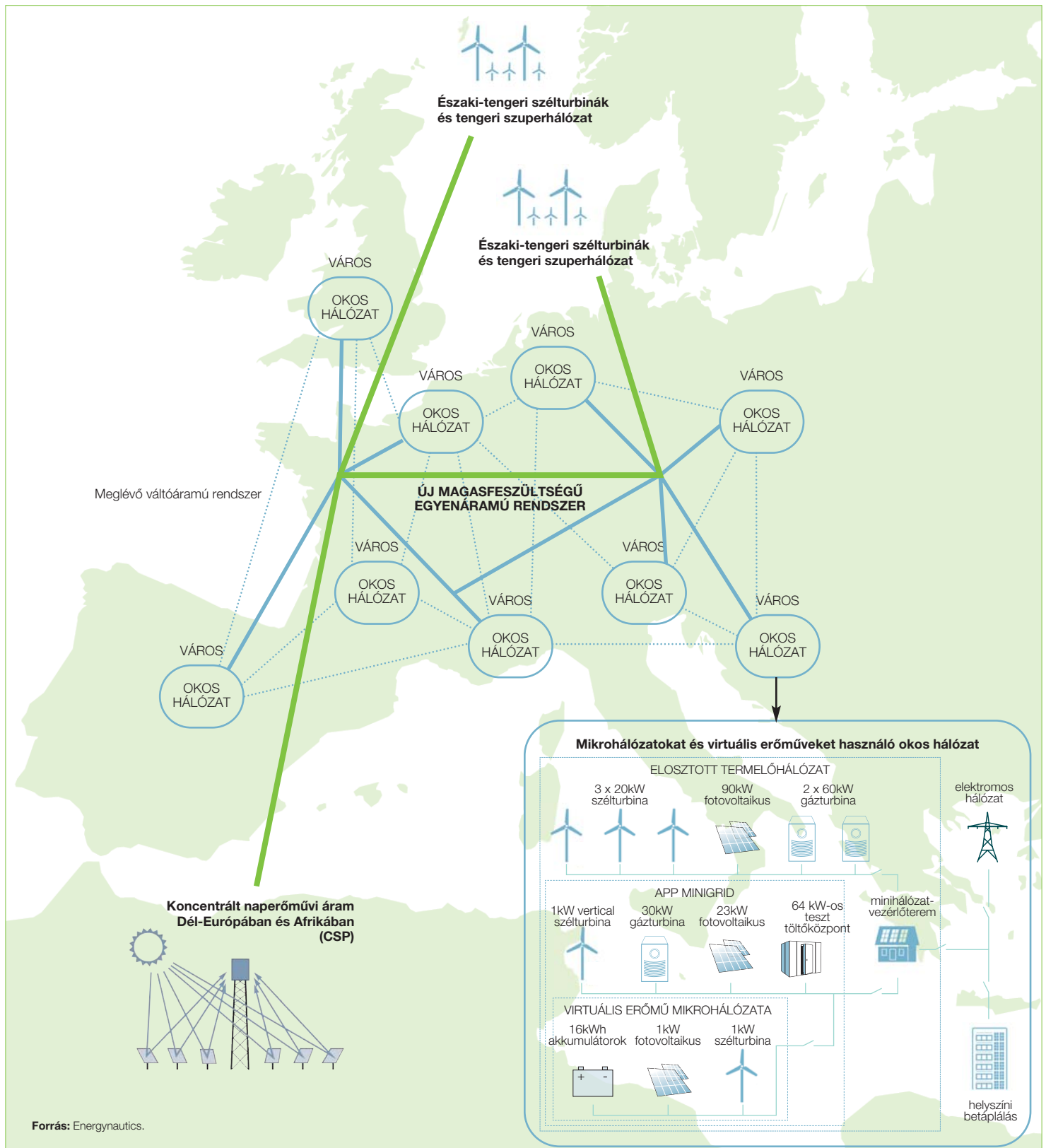
A **mikrohálózatok** a helyi áramszükségleteket látják el. A kifejezés azokra a helyekre vonatkozik, ahol a felügyelő- és vezérlőinfrastruktúra az elosztóhálózatokba van beágyazva, és amelyek helyi energiatermelő forrásokat használnak. A mikrohálózatok képesek ellátni szigeteket, kisebb vidéki városokat vagy nagyvárosi negyedeket. Egy lehetséges példa erre a napelemek, mikro-turbinák, tüzelőanyag-cellák, az energiahatékonysági, energiatakarékos és infokommunikációs technológia kombinációja a terhelés kezelésére és a folyamatos áramellátás biztosítására.

Az **okos hálózatok** egy egész régióban egyenlítik ki az energiaigényt. Egy „okos” villamosenergia-hálózat összekapcsolja a decentralizált megújuló energiaforrásokat és a kogenerációs erőműveket, és rendkívül hatékonyan osztja el az áramot. Az okos hálózatok módot adnak rá, hogy hatalmas mennyiségű megújuló energia kerülhessen a rendszerbe üvegházhatású gázok kibocsátása nélkül, továbbá a régi, központosított áramtermelő egységek leszerelésére is. A villamosenergia-hálózat irányítási és kezelési technológiáinak fejlett típusai szintén növelik a teljes rendszer hatékonyságát. Egy lehetséges példa erre az okos villanyóra, amely valós időben mutatja a használatot és a költségeket, lehetővé téve a nagy energiafogyasztóknak, hogy a hálózatüzemeltető jelzésére kikapcsoljanak vagy csökkentsék a fogyasztásukat, és elkerüljék a magas áramárakat.

A **szuperhálózatok** nagy mennyiségű áramot szállítanak a régiók között. Ez nagyszabású összekapcsolódást jelent – többnyire nagyfeszültségű egyenáramú (HVDC) technológiát használva – országok, vagy egyszerűen csak nagy energiatermelő és nagy energiaigényű területek között. Egy lehetséges példa erre az Északi-tenger összes nagy, megújuló energiákon alapuló erőművének összekapcsolása, vagy Dél-Európa és Afrika összekötése, ahol a megújuló energiát a nagy helyi erőforrásokkal rendelkező területekről a nagyobb városokba lehetne exportálni.



3. ábra A nagy százalékban megújuló energiákon alapuló jövőbeni villamosenergia-rendszer áttekintése



Hálózatok harca – mi a fő akadály?

A megújuló áramot produkáló szél- és a naperőművek a napok és a hetek során változó mennyiségű energiát biztosítanak. Vannak, akik ezt leküzdhetetlen problémának tekintik, hiszen mindeddig a folyamatosan állandó mennyiségű energiát termelő szén- és atomerőművekre hagyatkoztunk. Jelentésünk címe arra a küzdelemre utal, amelyben eldől, melyik típusú infrastruktúrát vagy működtetést választjuk, és a szennyező, szénalapú energiarendszert magunk mögött hagyva milyen energiaszerkezetet részesítünk előnyben.

Néhány fontos tény:

- A villamosenergia-igény előre megjósolható módon változik.
- Az okos üzemeltetés megvalósítható a nagy villamosenergia-felhasználóknál, oly módon, hogy azok csúcsigényét a nap különböző időszakaira eltolva kiegyenlítődnek a teljes hálózatot érő terhelések.
- A megújulókból származó villamos energia számos módon tárolható és küldhető a megfelelő helyre, a fejlett hálózati technológiákat kihasználva.

Európa szélben gazdag országaiban már ma is szembekerül egymással a hagyományos és a megújuló áram. Spanyolországban, ahol mára rengeteg szél- és napenergiát csatlakoztattak a hálózatra, színre léptek a gázerőművek a kereslet és a kínálat közti különbség áthidalására. A gázerőműveket ugyanis könnyen le lehet állítani vagy csökkentett termeléssel üzemeltetni, amikor alacsony a villamosenergia-igény vagy nagyobb volumenű a szélenergia-termelés. A túlnyomórészt megújuló energiákon alapuló villamosenergia-szektorhoz vezető fejlődés során egy darabig a gázerőművek fogják biztosítani a tartalékokat a nagy energiaigénnyel és alacsony szintű megújulóenergia-termeléssel jellemezhető időszakokra. Egy szélturbinából származó kWh azonban gyakorlatilag kivált egy gázerőműből származó kilowattórát, elkerülve a széndioxid-kibocsátást. A megújuló villamosenergia-források, például a naphőerőművekben hasznosított koncentrált napenergia (CSP), a geotermikus és a vízenergia, a biomassza és a biogáz fokozódó kiaknázásával hosszabb távon lépésről-lépésre ki lehet küszöbölni a földgázhasználat szükségességét. (Részletesebben lásd az Esettanulmányok című részben.) A gázerőművek és gázvezetékek ezzel párhuzamosan fokozatosan átállíthatók a biogáz hasznosítására.

Az alaperőművi termelés gátolja a fejlődést

A szén- és atomerőművek többnyire alaperőműként termelik az áramot, ami azt jelenti, hogy az idő legnagyobb részében maximális kapacitással működnek, függetlenül attól, mennyi áramra van szüksége a fogyasztóknak. Ha az energiaigény alacsony szintű, az áram elvész. Ha viszont az energiaigény nagy, akkor további, tartalék gázenergiára van szükség. A szén- és az atomenergia nem kapcsolható le a szeles napokon – ilyenkor a szélturbinákat állítják le, hogy elkerüljék a rendszer túlterhelését.

⁶ Fraunhofer-IWES, Dynamische Simulation der Stromversorgung in Deutschland. www.bee-ev.de/_downloads/publikationen/studien/2010/100119_BEE_IWES-Simulation_Stromversorgung2020_Endbericht.pdf

⁷ Utalás az Eurelectric energia-forgatókönyvére. www2.eurelectric.org/DocShareNoFrame/Docs/1/PMFIMPIBJHEBKNOIEMIEDGELBEKHyDyC5K46SD6CFGI4OJ/Eurelectric/docs/DIS/Power_Choices_FINALREPORTCORRECTIO NS-2010-402-0001-01-E-2010-402-0001-01-E-2010-402-0001-01-E.pdf

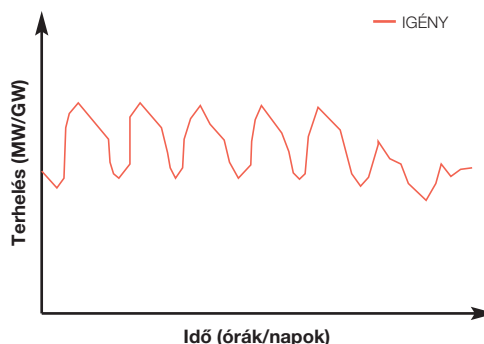
A közelmúlt gazdasági világválságához társuló visszaesés az villamosenergia-igényben világosan megmutatta a rendszerszintű konfliktust a rugalmatlan alaperőművi termeléses áram, különösen az atomerőművekben termelt áram és a változó megújuló energiák, különösen a szélenergia között, amikor a szélerőművek üzemeltetőit a turbináik lekapcsolására utasították. Ez a kényelmetlen energiaszerkezet Észak-Spanyolországban és Németországban is felfedte a hálózati kapacitás határait. Ha Európa továbbra is párhuzamosan támogatja az atom- és a szénenergiát, valamint a megújuló energiák térnyerését, akkor az ütközések egyre gyakoribbá válnak és egy felfűjt, csekély hatékonyságú hálózat alakul ki.

A megújulók az ellenük felhalmozott érvek ellenére is egyre jövedelmezőbbé válnak, egyre jobban megkérdőjelezve a régi erőművek gazdaságosságát is. Az építési költségeket letudva egy szélturbiná színté ingyen termel áramot, bármiféle üzemanyag elégetése nélkül. Ezzel szemben a szén- és atomerőművek drága és igen szennyező üzemanyagot használnak.

Noha ma túltermelés esetén az atomerőműveket tartják üzemben és a szélturbinákat kapcsolják le, a hagyományos energiát szolgáltató cégek aggnak. A túlkínálat minden árucikk esetében csökkenti a piaci árakat. Az energiapiacokon ez a nukleáris és a szenes áramtermelést is érinti. A következő években egyre fokozódó konfliktusok várhatók a hálózathoz való hozzáférés terén. Jó példa volt erre a németországi atomerőművek 8–14 éves üzemidő-hosszabbításával kapcsolatos feszült vita. A német megújuló-energia-szövetség (BEE) figyelmeztette a kormányt, hogy az üzemidő-hosszabbítása súlyosan sérti a megújuló energiák további bővítésének lehetőségét. Szerintük a megújuló energia képes Németország áramellátásának felét adni 2020-ra, de ennek csak akkor van gazdaságilag értelme, ha addigra kivezetik az atom- és szélerőművek minimum felét.⁶

Ez megmagyarázza, hogy a hagyományos áramszolgáltatók miért válnak egyre kritikusabbá a megújulók stabil és folyamatos növekedését illetően a 2020-on túli időszakra.⁷

4. ábra Egy egész Európára jellemző, tipikus terhelési görbe mutatja az áramfogyasztás ingadozását napi szinten





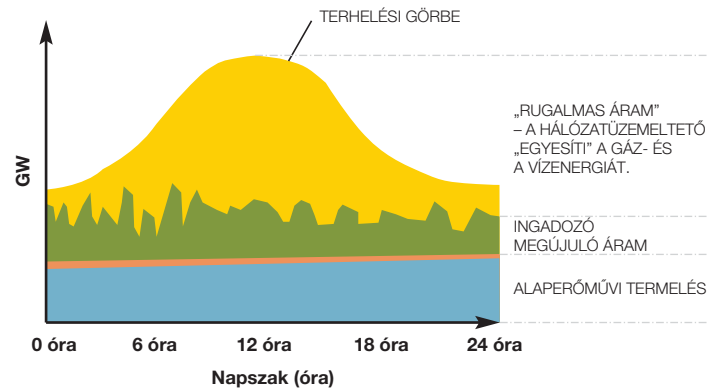
A hálózatok csataterere

5. ábra A jelenlegi ellátási rendszer, kis mennyiségű ingadozó megújuló energiával

Ez a grafikon összegzi a jelenlegi villamosenergia-ellátás módját. Az „alaperőművi termelés” a grafikon alján látható. A megújuló energiák egy „ingadozó” réteget alkotnak – a nap és a szél változásait tükrözve a nap során. A grafikon tetejét a gáz- és a vízenergia tölti ki, amelyet az energiaigénynek megfelelően lehet be- és kikapcsolni. Ez az időjárás-előrejelzések figyelembevételével és okos hálózatkezeléssel valósítható meg fenntartható módon.

A jelenlegi, alaperőművi termeléses atom- és szénenergiával biztosított ellátás körülbelül 25%-nyi változó megújuló energiának hagy helyet.

Az éghajlatváltozás megfékezéséhez azonban 25%-nál sokkal több megújuló villamos energiára van szükség.

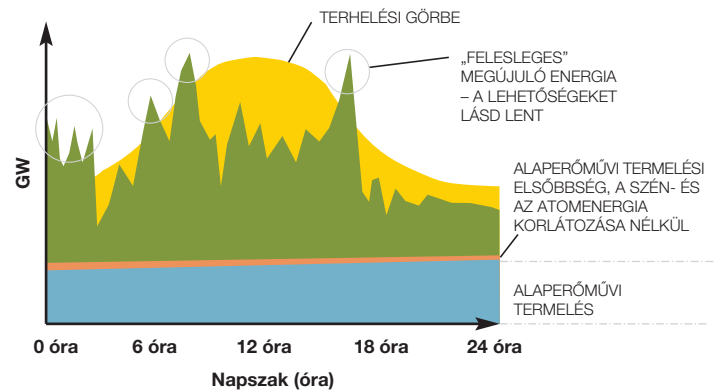


6. ábra 25%-nál több ingadozó megújuló villamos energiát használó ellátási rendszer – alaperőművi termelési prioritással

Módszer: Több megújuló energia, alaperőművi termelési prioritással?

Ahogy a megújuló energiaforrások növekednek, a nap néhány időszakában meg fogják haladni az energiaigényeket, feleslegesen termelve. Egy bizonyos mennyiség ezt az energia tárolásával és más területekre továbbításával, az igények más időpontra tolásával vagy a megújuló termelés csúcsidejében való leállításával kezelni lehet. Ez a módszer azonban egyáltalán nem működik, ha a megújuló aránya az energiaszerkezetben meghaladja az 50%-ot.

90-100%-nyi megújuló villamos energia esetén nem fenntartható.

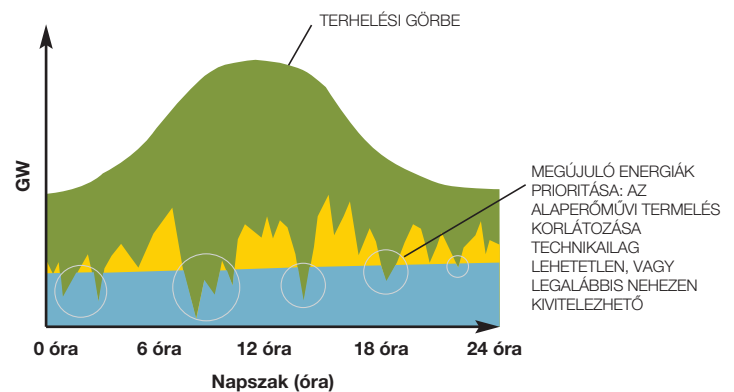


7. ábra Több mint 25%-nyi ingadozó megújuló energia az ellátási rendszerben – a megújuló energiák prioritásával

Módszer: Több megújuló energia, a tiszta energia prioritásával?

Ha a megújuló energia kapja az elsőbbséget a hálózaton, akkor „bele fog vágni” az alaperőművi termelésbe. Ez elméletileg azt jelenti, hogy az atom- és szénenergia termelés idején (nagyon napos vagy szeles időben) csökkentett kapacitással kell üzemeltetni, vagy akár teljesen ki is kell kapcsolni. Mivel azonban a kimenő teljesítmény megváltoztatásának a sebességét, mértékét és gyakoriságát az atomerőművekben és a széndioxidot leválasztó és tároló szénenergia-erőművekben (coal-CCS plants) technikai és biztonsági előírások korlátozzák, ez nem működő megoldás.

Technikailag nehezen kivitelezhető.



Hálózatok harca – mi a fő akadály? (folytatás)

Az atom- és szénenergia tervszerű kivezetése

Ha be szeretnénk takarítani a megújulóenergia-technológiák folyamatos és gyors növekedésének gyümölcseit, elsőbbséget kell biztosítanunk számukra a hálózaton, és sürgősen ki kell vezetnünk a rugalmatlan nukleáris áramtermelést.

Az *Energia[Forradalom]* részletes piaci elemzés alapján megmutatja, hogy 2030-ra elérhetjük a megújuló energiák 68%-os arányát a villamosenergia-termelésben, 2050-re pedig megközelíthetjük a 100%-ot. A tanulmány tartalmaz egy olyan jövőbeni forgatókönyvet is, amelyben a villamosenergia-igény tovább növekedik a rendszer magas szintjein elért hatékonyság ellenére, mivel elektromos járművek váltják le az autókat. A megújulókat érintő 2030-as célkitűzés eléréséhez a következőkre van szükség:

- a szén- és nukleáris áramtermelés szinte teljes (90%-os) kivezetése 2030-ig;
- a gázerőművek további használatára, amelyek kilowattóránként körülbelül feleannyi szén-dioxidot bocsátanak ki, mint a szénerőművek.

Az eredmény: A villamosenergia-szektor CO₂-kibocsátásai 65%-kal is csökkenhetnek 2030-ra a 2007-es szinthez képest. 2030 és 2050 között a földgázt is ki lehet vezetni, és megérkezünk a közel 100%-ban széndioxid-mentes és megújuló energiákon alapuló villamosenergia-ellátáshoz.

A szélturbinák lekapcsolása és prioritás biztosítása az atom- és szénenergiának alapvető gazdasági és ökológiai hiba.



A Middelgrunden tengeri szélfarm, a dániai Koppenhága közelében.



Új kutatás: megújuló Európa megállás nélkül

A villamosenergia-ellátás forrásainak versengése által okozott problémák megoldásához **új, rendszerszintű megközelítésre** van szükség. A Greenpeace egy olyan úttörő kutatás elvégzésére adott megbízást, amely a teljes európai hálózatot modellezi. Ez a hálózat 2050-ben már kizárólag az elérhető megújulóenergia-kapacitásokat használja, figyelembe véve a 30 éven át vezetett részletes feljegyzések alapján várható időjárási mintákat. A következő oldalak azt mutatják be, ez a rendszer hogyan valósítható meg.

Az európai villamosenergia-rendszer bonyodalmai

Az európai elektromos hálózat legalább 50 éves. Az idők során egyre több és több ország csatlakozott hozzá, egészen addig a pontig, amíg a hálózat nagy része már úgy üzemel, mintha országos rendszerek nem is léteznének.⁸ Elterjedtek az egyesített piacok, ilyen például a Németország, Franciaország, Hollandia, Belgium és Luxemburg alkotta Közép-nyugat-európai régió (CWE).

A befektetők, azaz a nagy európai áramszolgáltatók nem az egyes országok energiapolitikája, hanem a saját európai üzleti stratégiájuk alapján hozzák meg a döntéseiket. Egy új erőműbe történő befektetés nem az adott országbeli értékesítéshez kötődik, hanem legalábbis regionális szinthez.

Ökológiai szempontból a hálózat működésének az éghajlatváltozás megfékezése érdekében kitűzött erős nemzetközi célok elérését kellene segítenie. Az *Energia[Forradalom]* forgatókönyve az európai éghajlatvédelmi célokon alapuló, gazdaságilag és technikailag kivitelezhető tervezetet nyújt az áramtermelő atomenergia és a fosszilis erőművek kivezetésére. A forgatókönyv összhangba hozza a felülről lefelé irányuló, kívánatos politikai célkitűzéseket a cégek által a saját teljesítményükre vonatkozóan „alulról” készített előrejelzésekkel.

Mostani jelentésünk részletes lépéseket ad meg a jelenlegi áramszállító- és elosztó rendszerek (a „hálózatok”) szinte 100%-ban megújuló energiaforrásokból származó áram megfelelő kezeléséhez való átállításához, meghatározva azt is, hogy ehhez milyen bővítéseket kell végrehajtani az európai hálózaton.

Nem a Greenpeace az egyetlen szervezet, amely egy európai szintű, felülről lefelé irányuló megközelítést támogat. Az Európai Bizottságnak az infrastruktúráról szóló 2010 novemberi közlemény-tervezete⁹ a hálózattal kapcsolatos elvárásokra és politikai intézkedésekre összpontosít, az alábbi három politikai célkitűzés elérése érdekében:

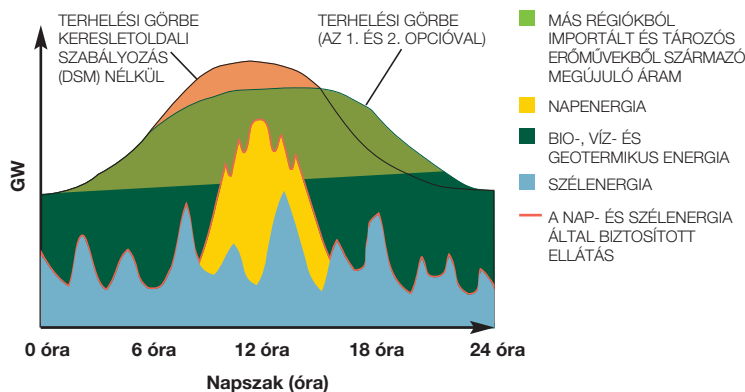
- a megújuló energiaforrások európai szintű integrálása a rendszerbe,
- biztonságos villamosenergia-ellátás,
- a villamosenergia-piac további egységesítése.

Jelentésünkben részletesen megvizsgáljuk az első két célkitűzés elérési lehetőségeit.

8. ábra A megoldás: optimalizált rendszer, több mint 90%-os megújulóenergia-ellátással

A megoldás

Egy teljesen optimalizált, 100%-ban megújulókkal üzemelő hálózat, amely az energia tárolásával, az áram más régiókba szállításával és keresletoldali szabályozással működik, és csak a legszükségesebb esetben korlátozza a termelést. A keresletoldali szabályozás olyan technika, amely képes elmozdítani és „ellaposítani” a napi csúcspontot terhelési görbét.



⁸ Néhány kivétellel, mint például az Ibériai-félsziget.

⁹ Energiainfrastruktúra-prioritások, 2010. november.

http://ec.europa.eu/energy/infrastructure/strategy/2020_en.htm

Új kutatás: megújuló Európa megállás nélkül (folytatás)

Európa energetikai jövőjének modellje

Az **Energynautics** kutatói modellezték a megújuló forrásokból kitermelt energia ingadozásait az elektromos hálózatban 2030 és 2050 között. Elsőként elkészítették a *kínálati* modellt, az alábbi adatok ismeretében:

- Az európai hálózat 224 csomópontja az EU-ban, Norvégiában, Svájcban és a balkáni országokban – ezeket a középső térképen pontok jelzik.
- Az összes csomópont napsütésre és szélre vonatkozó időjárási feljegyzései 30 évre visszamenőleg, órára lebontva.
- Az egyes csomópontok megújuló és nem megújuló energiákra vonatkozó kapacitása a 2030 és 2050 közötti időszakokra becsülve, az *Energia[Forradalom]* forgatókönyve alapján.¹⁰

A modellt arra használták, hogy kiszámítsák a megújuló áramtermelést az év minden egyes órájára az összes csomóponton, és hogy dinamikus módon megmutassák az áramtermelés ingadozásait egy teljes év során.

Ezután elkészítették a keresleti modellt, a hálózatüzemeltetőktől származó adatok felhasználásával.¹¹ A két modell egyesítésével ki lehetett számolni a következőket:

- Elegendő-e a kínálat a kereslet kielégítésére, minden órában, az összes csomóponton?
- Mikor kell felhasználni a menetrendtartó megújulókat, például a biomassza és a vízerőművek által képzett tartalékokat?

- Mikor vannak túlermelési időszakok, például amikor le kell kapcsolni a szél- és napenergiát, mert az általuk termelt áram nem használható fel a hálózaton a legszűkebb keresztmetszetek miatt? (Ezek a korlátozott villamosenergia-szállítási kapacitást jelentik a nettó energiaigénnyel rendelkező területekre.)

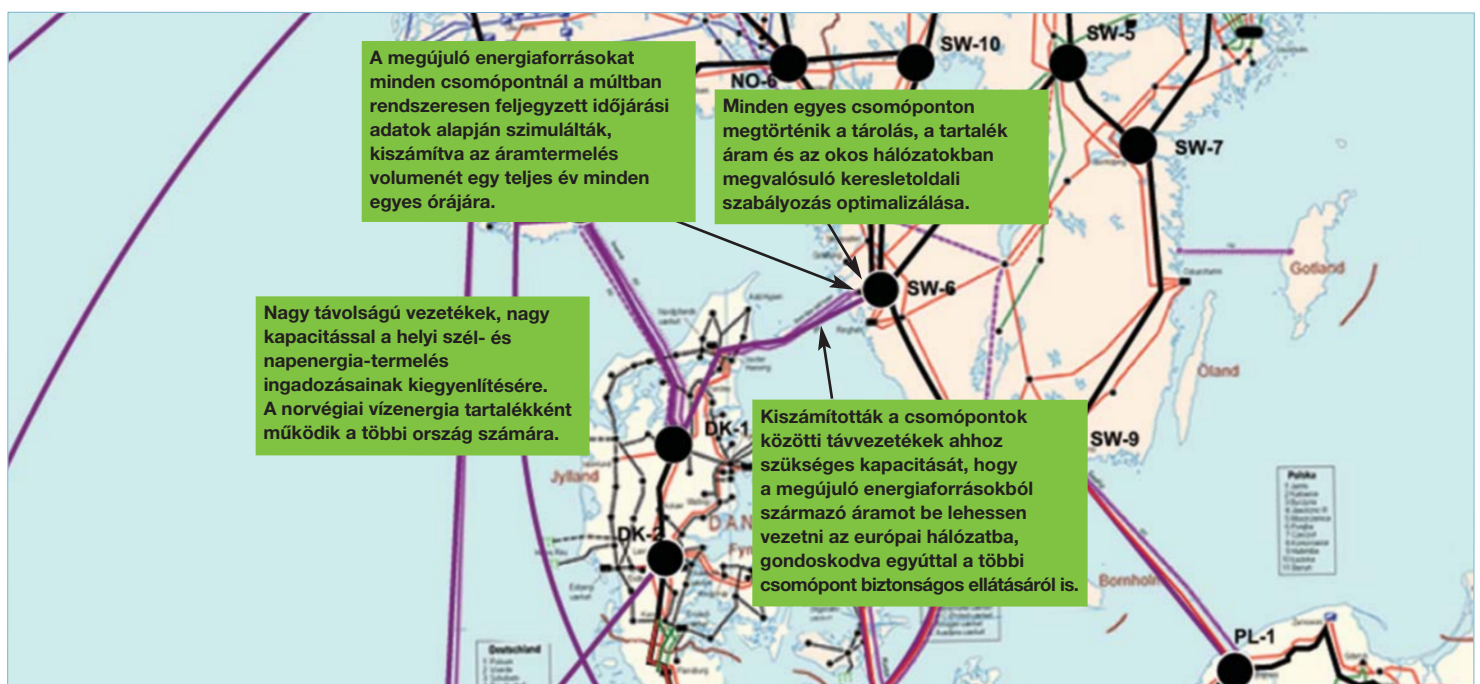
Optimalizálás

A Greenpeace egy olyan hálózat mellett áll ki, amelyik 2030-ra körülbelül 68%-ban, 2050-re pedig 100%-ban használ megújuló villamos energiát.

Ennek elérése érdekében a kutatók egy optimalizálási módszert alkalmaztak, amely a hálózati kapacitás bővítésének költségeit összeveti az egyre nagyobb arányban a megújulóakra épülő, rugalmasabb energiaszerkezet, valamint a tárolás és a keresletoldali szabályozás megvalósításának költségeivel. Az optimalizálás egyszerre jelenti az energiaellátás szünetmentes biztosítását az ingadozó energiaforrások magas aránya mellett, és a termelés korlátozásának minimalizálását. Korlátozás akkor történik, amikor a szél- és a napenergia helyi túlermelését nem lehet más helyekre szállítani.

A rendszer optimalizálása a szél- és napenergiával termelt áram korlátozásának elkerülése érdekében több hálózati kapacitás telepítését fogja igényelni, mint amennyi szigorúan véve szükséges a biztonságos ellátáshoz. A szimulációkban lépésről lépésre újabb villamos vezetékek kiépítésére került sor, mindaddig, amíg az új infrastruktúra költsége nem haladta meg az áram korlátozásának költségeit (lásd az illusztrációt). Ily módon biztonságosabb ellátást nyújtó, robusztus villamos hálózat hozható létre.

9. ábra Minta az észak-európai csomópontokra és rendszerösszekötőkre



Forrás: Energynautics, Greenpeace.

¹⁰ Greenpeace, EU-27 *Energia[Forradalom]*. www.energyblueprint.info/1233.0.html
¹¹ Az ENTSO-E statisztikái. www.entsoe.eu/index.php?id=67



Az optimalizálási folyamat a következőket foglalja magában:

- A nem megújuló kapacitások rugalmasabbá tétele az atom- és a szénenergia kivezetésével, ezek helyett gázerőműveket használva az ingadozó megújulóenergia-termelés támogatására.
- A hálózatkapacitás bővítése a szél- és napenergia korlátozásának elkerülése érdekében.
- A megújuló energiaforrások összetételének javítása, hogy azok kiegészítsék egymást.
- A földrajzi szétszórtság növelése a megújuló energiaforrások kihasználása tekintetében; az áramtermelő egységek a termelés szempontjából kedvező fekvésű (például napos vagy szeles) területekre, vagy – a szállítás költségeinek csökkentése érdekében – a felhasználókhöz közeli helyekre történő telepítése.

Utak a 2050-ben már kizárólag megújuló forrásokra épülő energiaellátási rendszerhez

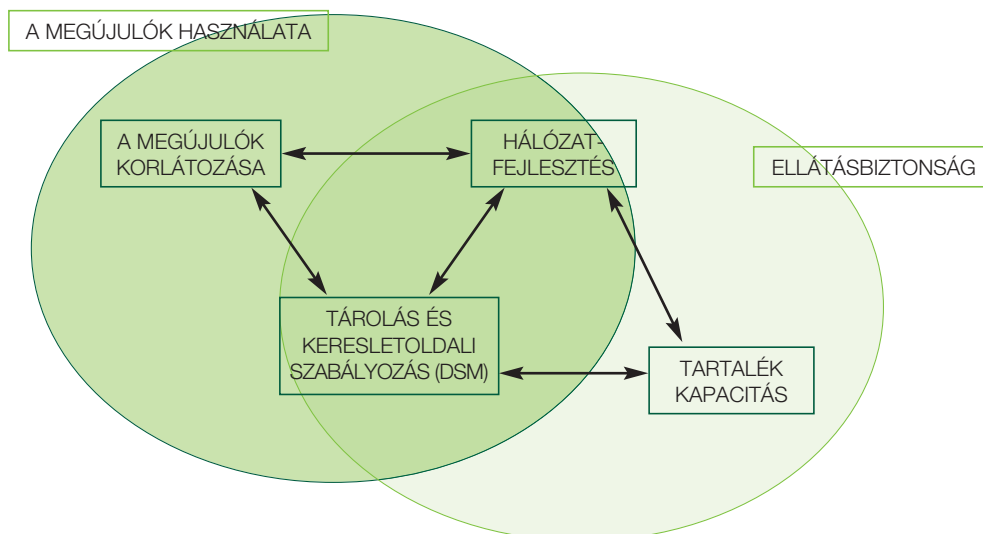
2030-ig ezt az optimalizációs folyamatot követve jelen tanulmányunk egyértelmű útvonalat határoz meg a megújuló energiák 68%-os szintjének eléréséhez, 100 milliárd eurós hálózatfejlesztési befektetések mellett, az atom- és szénenergia 90%-os kivezetésével. (Lásd az illusztrációt.)

A 2050-ben elérhető végső célhoz vezető útvonal a további technológiai fejlesztésektől, a politikai preferenciáktól és a további kutatásoktól függ. Az infrastrukturális befektetéseken – különösen a villamosenergia-hálózatiakban – meglehetősen hosszú az átfutási idő a döntéshozatalig, így azok megvalósításához legalább egy évtizedre van szükség.

2030 és 2050 között két különböző utat határoztunk meg a további fejlődésre:

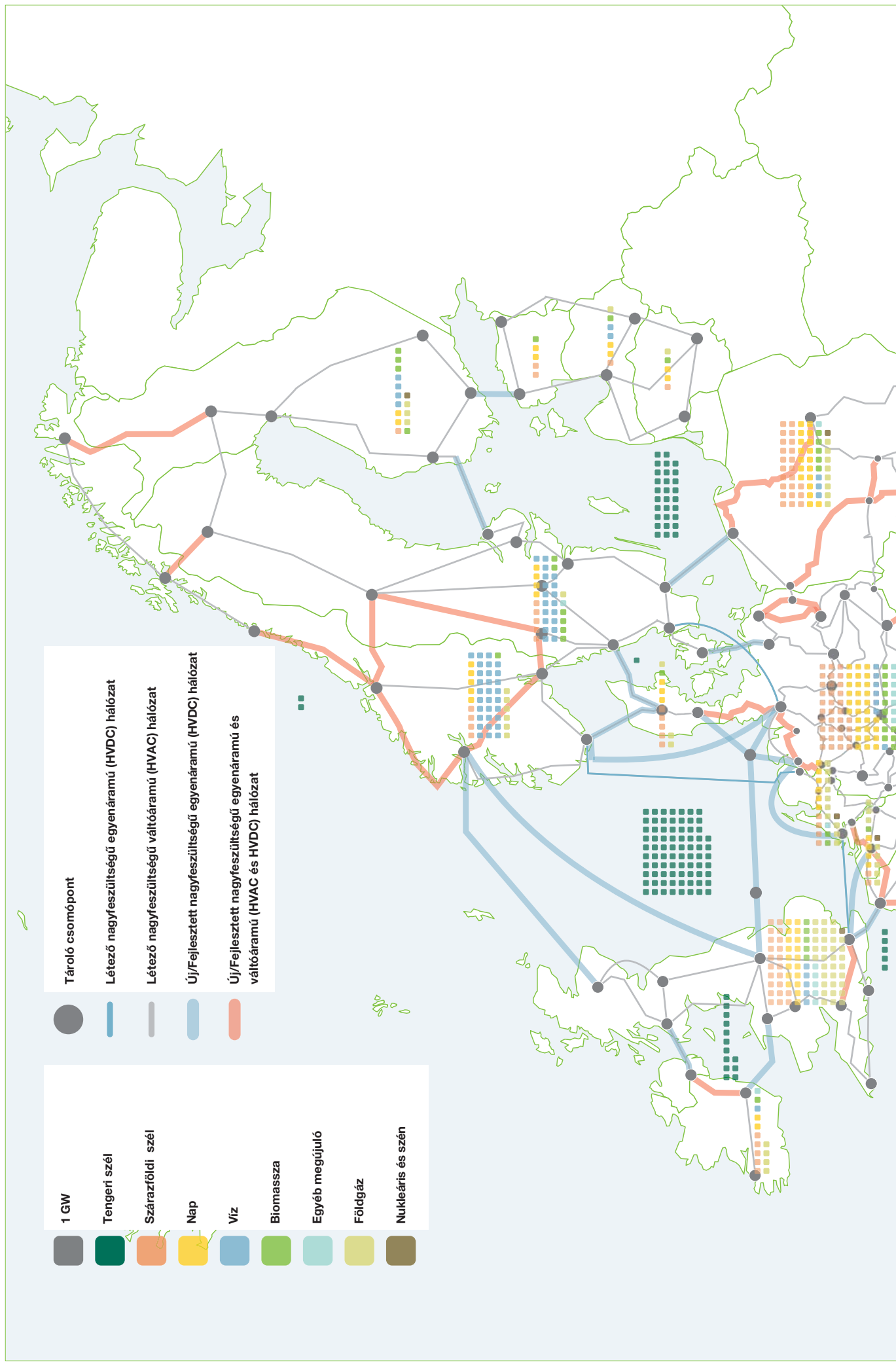
- **„Kis hálózat” – Európa központú.** E szerint az elgondolás szerint a lehető legtöbb megújuló energiát kell termelni a nagy villamosenergia-igényű területek közelében. A hangsúly Európa központi részére helyeződik: Németországra, Hollandiára, Belgiumra és Franciaországra. A fotovoltaikus kapacitás ezeken a területeken megnövekszik, még ha a napelemek Dél-Európába telepítve több áramot is termelnének. Ez a megoldás megemeli a kilowattóránkénti termelési költséget, de csökkenti a hálózat bővítéséhez szükséges befektetések volumenét, ami 2030 és 2050 között 74 milliárd euróra korlátozódik. Az ellátásbiztonság kevésbé függ az elektromos hálózattól és a nagy távolságú villamosenergia-szállítástól; ehelyett a gázvezetékek használata válik hangsúlyosabbá. A gáznemű energiahordozóvá alakított biomasszának az egyik régióból a másikba történő szállításával optimalizálható a biomassa mint kiegyenlítő energiaforrás felhasználása. A biomassa gázneművé alakításával a korábbi gázerőművek átalálíthatóak a földgázzal a biogáz használatára, elkerülve a befektetések befagyását a gázszektorban.
- **„Nagy hálózat” – Észak-Afrika.** Ez a megoldás a legnagyobb mennyiségű energiatermelés lehetőségét biztosító területeken használná ki legjobban a megújuló energiákat, különös tekintettel a dél-európai napenergiára és az Európa és Észak-Afrika közötti rendszerösszekötők létrehozására. Ez a megközelítés minimalizálná a villamos energia előállításának költségeit, ugyanakkor növelné a hálózaton nagy távolságokra szállított áram mennyiségét. Hátránya a rendszerösszekötők magasabb költsége (2030 és 2050 között 581 milliárd eurós befektetést tételez fel), előnye az erős, szünetmentes ellátásbiztonság, mivel a szuperhálózat kapacitása meghaladja a keresletet. A „nagy hálózat” emellett módot ad a déli napenergia-hasznosítás és az észak-európai szélenergia-termelés kiegyensúlyozására is.

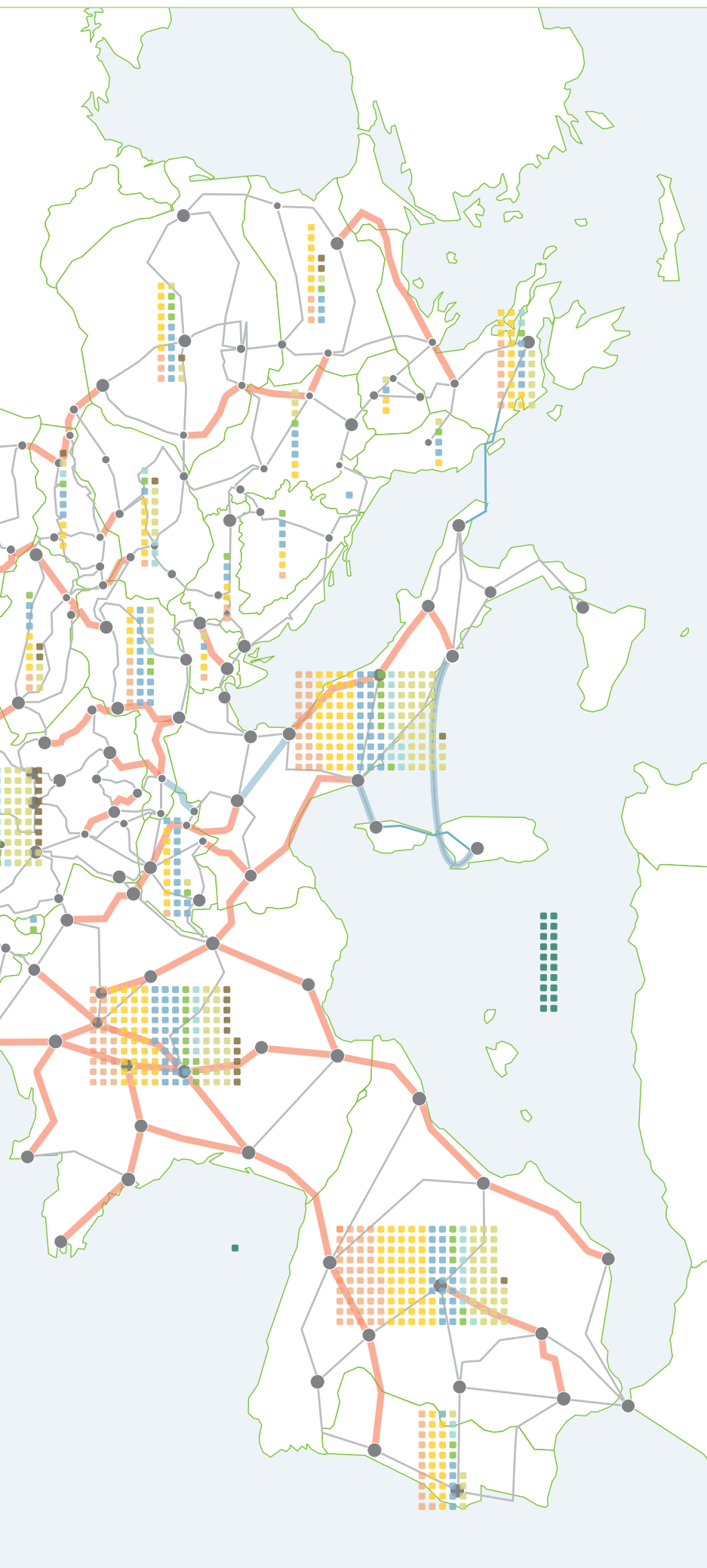
10. ábra Optimalizációs folyamat



Európa új energiaterképe

13. ábra A jövőbeli, 2030-ra 68%-ban megújuló áramon alapuló villamosenergia-rendszer áttekintése

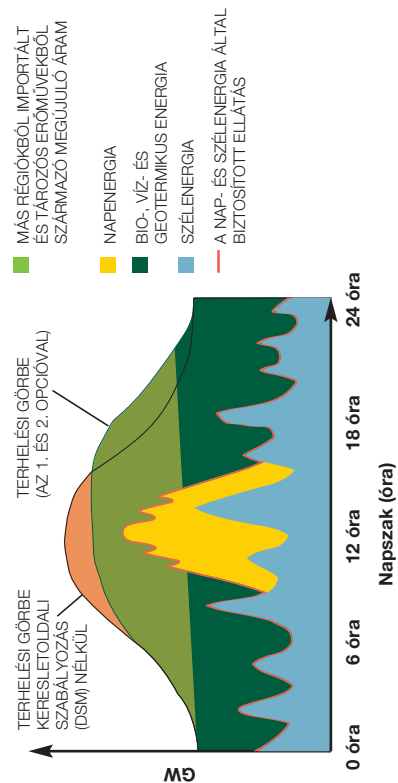




A térkép egy 2030-ra 68%-ban megújulókon alapuló villamosenergia-hálózatot mutat be, a 2050-re 100%-ban megújuló elektromossághoz vezető köztes lépésként

A megoldás

Egy teljesen optimalizált, 100%-ban megújulókkal üzemelő hálózat, amely az energia tárolásával, az áram más régiókba szállításával és keresletoldali szabályozással működik, és csak a legszükségesebb esetben korlátozza a termelést. A keresletoldali szabályozás olyan technika, amely képes elmozdítani és „ellaposítani” a napi csúcsfogyasztási terhelési görbét.



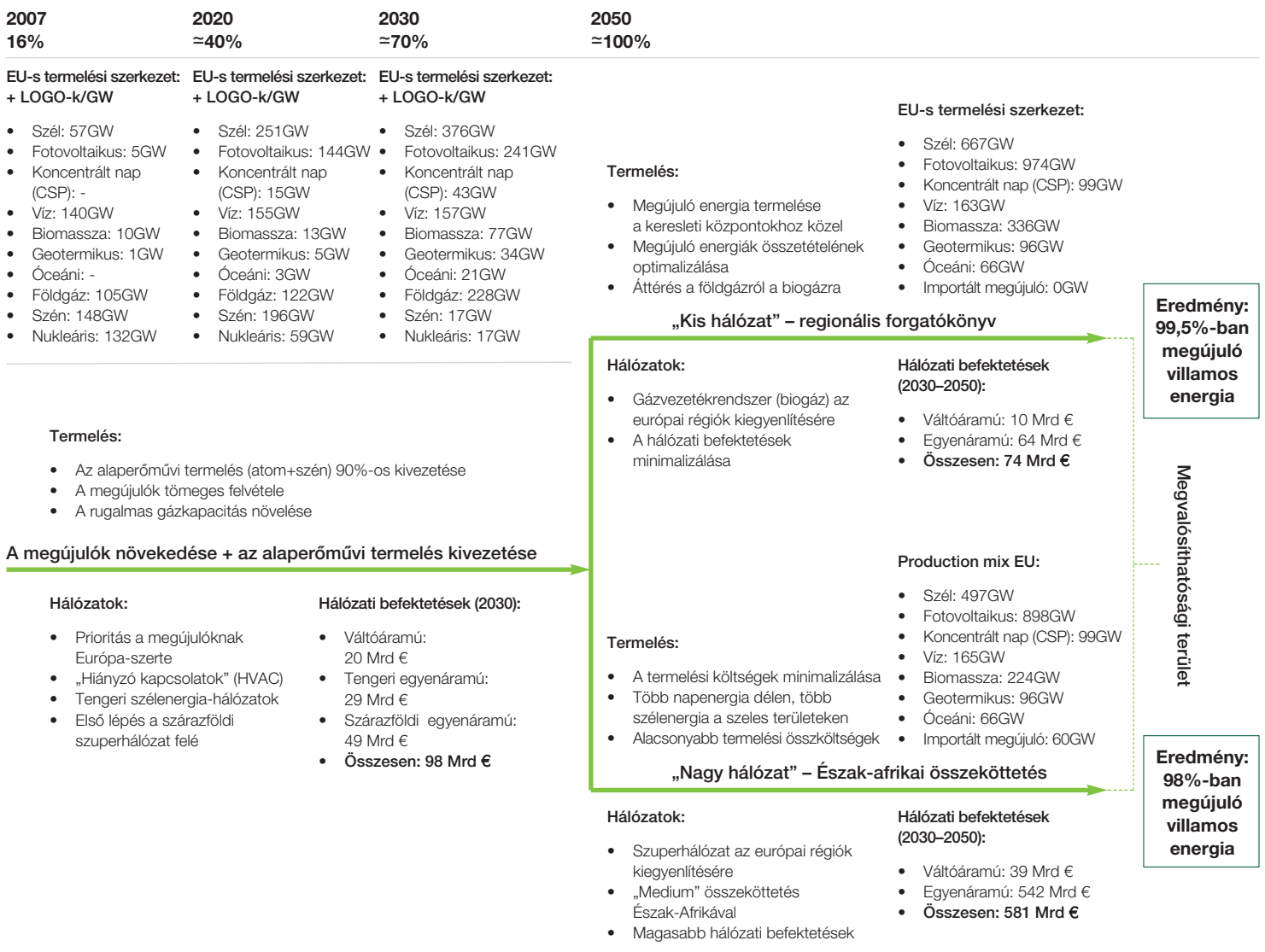
Új kutatás: megújuló Európa megállás nélkül (folytatás)

Hangsúlyozandó, hogy a „kis hálózat” és a „nagy hálózat” 2030-on túli forgatókönyvei között a megvalósítási lehetőségek széles köre áll rendelkezésre a hálózatfejlesztés és a megújuló kapacitás különböző szintű kombinációival. A következő évtized során javítani kell az európai jogszabályokon, hogy tisztább jövőképet kapjunk az energiaszerkezetről a 2030-on túli időszakra nézve.

Mindkét 2050-es forgatókönyv megerősíti az egyetlen 2030-as forgatókönyvet. Akár a kis, akár a nagy hálózat terve valósul meg 2030 után, 2030 előtt mindenképpen szükség lesz 100 milliárd eurós hálózati befektetésre, még ha az időzítés kissé el is térhet, és a 2010–30-as időszakra tervezett hálózati befektetések egy része 2030 utánra halasztható a kis hálózat forgatókönyvében.

Ami a termelési kapacitás befektetéseit illeti, a 2030-ig tervezett kapacitásokra mindkét 2030 utáni forgatókönyvben szükség van. A kis hálózat forgatókönyve a megújuló erős növekedését fogja igényelni Európában 2030 után is, míg a nagy hálózat forgatókönyve esetében a 2030-on túli növekedés az észak-afrikai megújuló villamos energia növekvő importálása miatt Európában lelassul.

11. ábra Utak ahhoz, hogy 2050-re 100 százalékban megújuló villamos energiát használjunk¹²



Forrás: Energynautics, Greenpeace.

¹² A modellben Norvégia, Svájc és a balkáni országok termelési kapacitásai is szerepelnek, de erről az ábráról a többi tanulmánnyal való jobb összehasonlíthatóság miatt hiányoznak. A hálózati befektetések Európára vonatkoznak.



Jelen tanulmányunk paraméterei

A teljes európai hálózat villamosenergia-termelésének szimulációja az itt ismertetett koncepciók kidolgozásához szükséges számítások bonyolultsága miatt csak némileg korlátozottan valósítható meg. Különösen az alábbi területeken ajánlott további vizsgálatok elvégzése, amelyek túlmutatnak a jelenlegi kutatás keretein:

- Ideális esetben az itt általunk leírt három forgatókönyv eredményeit érdemes lenne visszatáplálni az *Energia[Forradalom]* forgatókönyvébe, hogy meghatározhassuk a gazdasági összköltséget, a teremtett munkahelyek számát és a többi energiaigényes szektorral, például a közlekedéssel, a fűtéssel és az iparral fennálló kölcsönhatásokat. A jelen tanulmányunkban leírtakhoz hasonló dinamikus modellek és az *Energia[Forradalom]*-jellegű piaci forgatókönyvek további integrálása segíthet a gazdasági összköltség optimalizálásában.
- A 2030-as forgatókönyv nem tartalmazza a termelési kapacitás keresletközeli optimalizálását, inkább a 2050-es „nagy hálózat” forgatókönyvéhez áll közelebb. Feltételezhetjük, hogy a 2030-as forgatókönyv valójában alábecsüli a megújuló energiaforrások kiaknázásához Európa 'központi' részén 2030-ig lehetséges befektetéseket, itt ugyanis egész évben magas szintű a nettó energiaigény, ami a villamos energia nettó importját követeli meg mind Észak-, mind Dél-Európából. Világosan kell látnunk továbbá, hogy a 2030-as modellben az egyes országokhoz vagy csomópontokhoz társított megújuló kapacitások nem tekinthetők országos céloknak. Ahhoz, hogy a megújuló kapacitások eloszlása az egyes csomópontok között közelebb kerüljön az optimálishoz, további kutatásokra van szükség

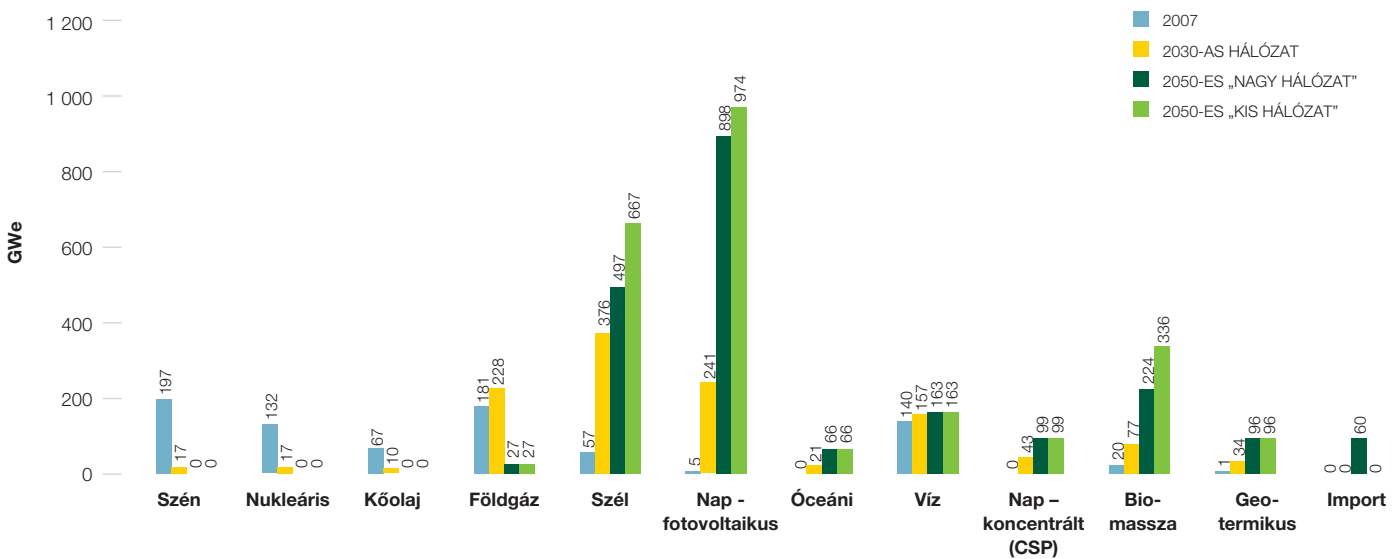
Az európai hálózat modellezéséhez használt energiakapacitások

Az *Energia[Forradalom]* 2030-as progresszív forgatókönyve 949 GWe telepített megújulóenergia-kapacitással számol, ami a szükséges villamos energia 68 százalékának előállításához elegendő. 2050-re a telepített megújuló kapacitás tovább növekszik 1518 GWe-ra, a villamosenergia-szükségletek 97 százalékát biztosítva.

A jelentésünkben az EU-27-re nézve kiindulási adatként számításba vett kapacitások nem allokálhatók az EU egyes tagállamaihoz, hanem európai szintűek. Az EU-27, Norvégia, Svájc és a balkáni országok összesen 224 csomópontjára épülő modell kidolgozásakor az *Energia[Forradalom]* eredményeit az egyes csomópontokhoz rendelték hozzá, és szakirodalmi tanulmányok,¹³ valamint az Energynautics által kidolgozott további modellek alapján kiterjesztették azokra az országokra is, amelyek nem tagjai az Európai Uniónak.

A 2050-es „kis hálózat” forgatókönyve néhány alternatív dimenziót is hozzáad az *Energia[Forradalom]* eredményeihez. A legkiemelkedőbb ezek közül a fotovoltikus és a szélenergiát hasznosító, valamint a biomassza-erőművek kapacitásának növekedése, az évente fenntarthatóan rendelkezésre álló biomassza mennyiségének azonos szinten tartása mellett.

12. ábra A szimulációkban az EU-27-re vonatkozóan felhasznált energiakapacitások¹⁴



Megjegyzés: Ezeket a kapacitásokat az európai hálózat összes csomópontjának villamosenergia-termelési szimulációjában használták fel, kiszámításuk a napsugárzásra és a szélereősségre vonatkozó, óránkénti lebontású időjárás-történeli adatokon alapult. 2030-ra már megtörténik az atom- és a szélenergiák 90%-ának a kivezetése. 2030 után a gázerőműveket fokozatosan átállítják a földgázzal a biogáz használatára, így a 2050-re említett biomassza-kapacitás nagyrészt az átalakított gázerőművekből adódik.

Forrás: Greenpeace, Energynautics.

¹³ DLR, Trans-CSP. www.dlr.de/tt/desktopdefault.aspx

¹⁴ A modellben Norvégia, Svájc és a balkáni országok termelési kapacitásai is szerepelnek, de erről az ábráról az EU-27-ről szóló többi tanulmánnyal való jobb összehasonlíthatóság miatt hiányoznak.

Hat lépés a megállás nélküli megújuló energia európai hálózatának kiépítéséhez

1. LÉPÉS További vezetékek a megújuló villamos energia eljuttatásához oda, ahol éppen szükség van rá

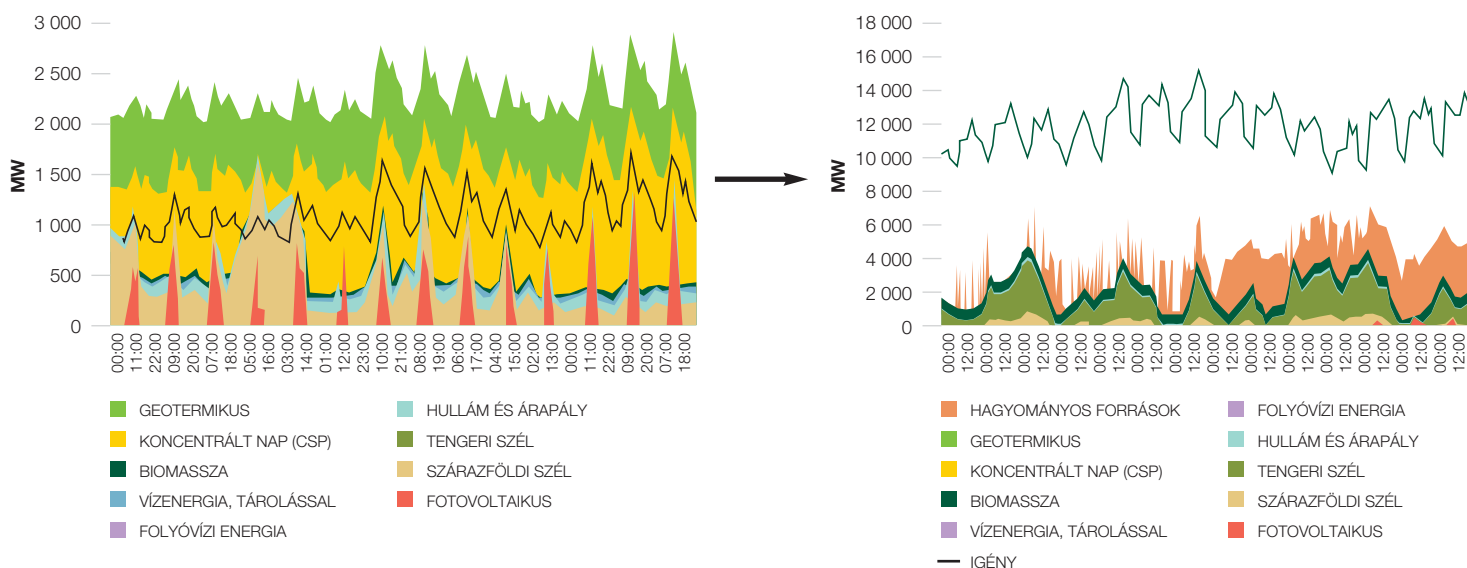
A 100%-ban megújuló villamosenergia-rendszer kialakítására kidolgozott megoldásunk első lépése a 2010-ben létező nagyfeszültségű hálózat alapját adó villamos vezetékek számának növelése. A vezetékekre elsősorban a túltermelésre alkalmas területek (mint nyáron Dél-Európa) és a nagy energiaigényű régiók (például Németország) összekapcsolása végett van szükség. A vezetékhalózat bővítése lehetővé teszi a telepített napenergia-kapacitás hatékonyabb felhasználását. A téli hónapokban a folyamat az ellenkező irányban játszódhat le, amikor nagy mennyiségű „felesleges” szélenergiával termelt áramot lehet szállítani Észak-Európából délre, a nagy népsűrűségű központokba. Gyakorta előfordul, hogy mind a szél erősség, mind a napsugárzás egy időben ingadozik egész Európában, így a változó megújulók összekötése gyakorlatilag „kiegyengeti” a helyi ingadozásokat. A hálózati infrastruktúra bővítése növeli az ellátásbiztonságot és lehetővé teszi a megújuló energiaforrások jobb kihasználását. A bővítés az európai tartalék kapacitások gazdaságosabb felhasználását is jelenti, hiszen az egyes régiók biomassa-, víz- vagy gázerőműveiből származó energiája más helyekre szállítható.

Ebben az első lépésben a vezetékhalózat bővítése egészen az úgynevezett „alapmodell” szintjének eléréséig történik meg, amely a villamosenergia-ellátást egész Európa számára napi 24 órában, heti hét napon át biztosítja.

3. doboz Nagyfeszültségű egyenáram (HVDC)

Ez a technológia átfogó hálózati struktúraként használható nagy mennyiségű villamos energia átvitelére, azaz nagy kapacitás szállítást teszi lehetővé nagy távolságokon át a szükséges helyekre. A vezetékek az elterjedtebb nagyfeszültségű váltóáramhoz (HVAC) képest nagyjából feleakkora veszteséggel működnek. Nagy (500 kilométert meghaladó) távolságokon a HVDC-vezetékek gazdaságosabbak, ám az átalakítók költsége megemelkedik.¹⁵ A HVDC-vezetékek másik előnye, hogy megkönnyítik a teljes szuperhálózat föld alá vitelét. Noha ez a módszer nagyobb költségekkel jár, a vezetékeket a már létező szállítási útvonalak, autópályák vagy vasútvonalak mentén fektetve a HVDC-szuperhálózat infrastruktúrája gyorsan kiépíthető, és a telepítés vizuális hatásai is csökkennek.

14. ábra A megújuló energia kínálata és kereslete egy olaszországi városban és az Egyesült Királyságban, ugyanabban az időszakban



Forrás: Energynautics.

¹⁵ Megújuló energia megállás nélkül – A klímaváltozás megfékezéséhez szükséges infrastruktúra. Greenpeace, 2010.

www.greenpeace.org/international/en/publications/reports/renewables-24-7



Nagy távolságú szállítás az energiaveszteség elkerülésére

Az alapmodell csak a szünetmentes villamosenergia-ellátásbiztonságra összpontosít. A modellünk felszínre hozta azt a váratlan problémát, hogy a hálózat szűk keresztmetszetei miatt a változó megújuló forrásokból származó energia nem mindig szállítható nagy mennyiségben. Ez a probléma azokban az időszakokban jelentkezik, amikor a magas szintű szél- vagy napenergia-termelés alacsony helyi igényrel párosul. Mivel a túlermelés nem használható fel a régióban, a szélturbinákat vagy a naperóműveket le kell kapcsolni.

Az alapmodellben az összes elvesztett megújuló energia 346 TWh-t tesz ki évente, 12 százalékát az összes energiának, ami ezekből az energiaforrásokból a korlátozások nélkül kitermelhető lenne. Ez évi 34,6 milliárd eurós gazdasági veszteséget jelent.

Az elvesztett megújuló energia mennyisége ugyanakkor csökkenthető az elektromos áram Európán belüli nagy távolságokra történő szállításával, a túlermelő területekről a nettó energiaigényű helyekre. A 14. ábra azt szemlélteti, hogy egy olaszországi csomópontnál jelentős túlermelésre van mód a megújuló energiákból, míg ezzel egy időben az Egyesült Királyságban a termelés nem elegendő az áramigény kielégítésére. Az olasz csomópontból az Egyesült Királyságba történő villamosenergia-átvitel elsimítja a különbségeket, és gazdaságosabbá teszi a telepített megújuló áramot termelő egységek használatát.

2. LÉPÉS Elsőbbségadás a megújuló energiáknak az európai hálózaton a veszteségek elkerülésére

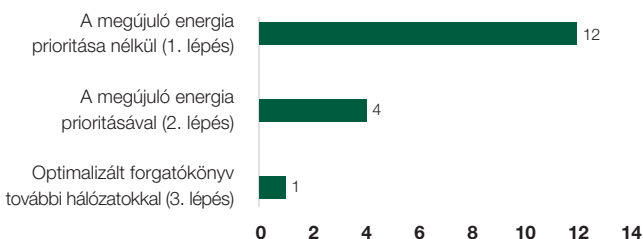
Az alapmodell a megújuló energia egyértelmű elsőbbségét feltételezi az összes csomóponton. Ez tükrözi számos európai ország helyzetét, ahol a megújulók országos szinten valamilyen szintű prioritást élveznek. Európai szinten ugyanakkor nincsenek egyértelmű elsőbbségadási szabályok, beleértve ebbe az országok közötti összekötőket is. Németország szélturbinái például jelenleg nem kapnak elsőbbséget a franciaországi atomeróművekkel szemben az európai hálózatba történő betáplálásban.

Tanulmányunkban megvizsgáljuk a szabályozások olyan irányú megváltoztatásának hatását is, ami elsőbbséget ad a megújuló energiaforrásoknak egész Európában, beleértve az összes rendszerösszekötőt – ez semmilyen további befektetést nem igényel. E szerint a forgatókönyv szerint a megújuló energiaforrások használata drámaian megnövekedne, a korlátozások miatti veszteségek pedig óriási mértékben csökkennének (lásd a 15. ábrát.) A megújulók vesztesége csupán a szabályozások ilyen javításával 12 százalékról 4 százalékra csökkenthető, az ellátásbiztonság kockázatát nélkül, ami éves szinten 248 TWh villamos energia, vagy 24,8 milliárd euró megtakarítását jelentené.

Egy ilyen energiaszállítási hálózat használatával a fotovoltai és a szélenergia termelése 10, illetve 32 százalékkal lenne nagyobb 2030-ra a megújulóknak prioritást nem biztosító alapforgatókönyvhöz képest. A tiszta energiaforrások arányának növekedésével a fosszilis források még inkább visszaszorulnának. Ez különösen feltűnő a földgázzal előállított áram esetében, amelynek használata 5%-kal lenne alacsonyabb az alapforgatókönyvhöz viszonyítva.

A 2050-re 100%-ban megújuló villamos energia eléréséhez prioritási szabályokat kell kialakítani a különböző megújuló források között is. A változó megújulóknak, a szél- és a fotovoltai energiának elsőbbséget kell élveznie a menetrendtartó megújulókkal, például a tárolt vízenergiával és a biomasszával szemben; ez utóbbiak adják a rendszer tartalékait.

15. ábra A megújuló energiaforrásokból származó villamos energia korlátozásának szintje 2030-ban (%)



Forrás: Energynautics 2011.

3. LÉPÉS További távvezetékek a hálózat legszűkebb keresztmetszeteinek feloldására

A megújuló energiaforrások számára európai szinten biztosított egyértelmű elsőbbség ellenére is számottevő az elvesztett megújuló energia mennyisége, különösen a tengeri szélenergia esetében, amely 17%-os veszteséget kénytelen elszenvedni a hálózat legszűkebb keresztmetszetei miatt. Az összes megújuló forrást tekintve ez 98 TWh-t jelent, az összes energia 4%-át, avagy közel 0 milliárd euró gazdasági veszteséget évente.

Ennek az energiafeleslegnek más régiók felé terelése a hálózat további bővítését, különösképpen az Európa északi és déli részét összekötő vezetékek megerősítését igényelné. Emellett szükség van a Londonhoz hasonló nagyvárosok és a tengeri szélenergia-hálózat közötti vezetékek számának növelésére is.

E veszteségek elkerülése érdekében az Energynautics elemezte, milyen szintre kell fejleszteni a hálózatokat. A legdrágább opciót feltételezve egy 28 milliárd eurós fejlesztés 2030-ig 4-ről 1 százalékra csökkentené a veszteségeket, ami évi nettó 66 TWh energia, vagy évi 6,5 milliárd euró megtakarításának felel meg. A hálózatfejlesztési befektetések tehát néhány éven belül megtérülnek. Legnagyobb mértékben a tengeri szélenergia veszteségei csökkennek, 17 százalékról mindössze 4 százalékra. Hasonló megközelítés alkalmazható a 2050-ig tartó időszakokra is.

Az összes igényelt befektetés körülbelül 98 milliárd euró lenne ki 2030-ig, és további 74 milliárd vagy 581 milliárd euró 2050-ig, a „kis” vagy a „nagy hálózat” forgatókönyvét választva. Ez lehetővé teszi a föld alatti vezetékek vagy az olyan technológiák alkalmazását, mint a nagyfeszültségű egyenáramú rendszer (HVDC, lásd 3. doboz). Egy ilyen infrastruktúra élettartama 40 év, így 2030-ra ez a befektetés kevesebb mint 1%-ot tesz ki a villamos energia összköltségéből.¹⁶

¹⁶ A számítások 2030-ra 3553 TWh/éves energiatermelést, 98 milliárd eurós hálózati költséget és a villamos energia 100 euró/MWh-s költségét feltételezik.

Hat lépés a megállás nélküli megújuló energia európai hálózatának kiépítéséhez (folytatás)

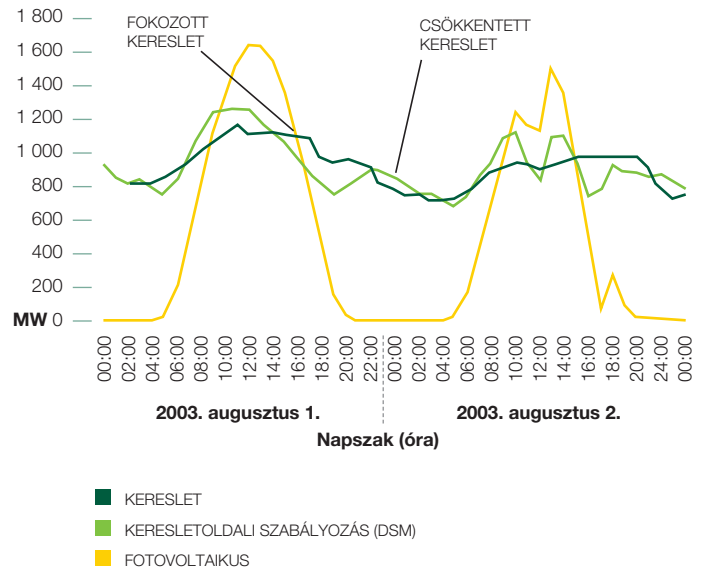
4. LÉPÉS Keresletkezelés és okos hálózatok az átviteli veszteségek csökkentésére (csak 2030-ig)

A keresletkezelés és a tárolás (5. lépés) nagyon hasonló hatást gyakorol a villamosenergia-hálózatra. A keresletkezelés eltolja az áramigény egy részét az alacsony termelésű időszakokról a nagyobb termelésűek felé, míg a tárolás elektromosságot tartalékol a változó megújuló túlermelése során az elégtelen termelésű időszakokban való felhasználásra.

A keresletoldali szabályozásnak (DSM) is nevezett módszer kihasználja az okos hálózat technológiáinak széles tárházát (lásd a bevezető fogalommagyarázatát, 2. doboz). A keresletkezelés már ma is bevett módszer az ipar számos területén, de a hálózatkezelési technológiák által kiterjeszhető a háztartásokra is. Például kapcsolatba lehet lépni a hűtőszekrényekkel, hogy azok ne használják a kompresszoraikat a hagyományosan 18 óra körüli csúcsidejakban. Ez teljes városkerületeken összegződve képes megváltoztatni a keresleti vagy terhelési görbét. A keresletoldali szabályozás továbbá segít a villamos energia hosszú távú szállítása során fellépő (hő formájában távozó) veszteségek korlátozásában is.

Jelen tanulmányunk keresletkezelési szimulációi csak 2030-ra vonatkoznak. 2050-re nézve a tárolási lehetőségek szimulációjával vizsgáltuk a keresletkezelés különböző szintjeit, mivel a keresletkezelés és a tárolás szimulációinak hasonlóságai miatt ez az egyszerűsítés megengedhető.

16. ábra Tipikus terhelési görbe egész Európára vonatkozóan, amely a villamos energia használatának napi ingadozását mutatja



Forrás: Energynautics.



A Middelgrunden tengeri szélfarm a dániai Koppenhága közelében.



5. LÉPÉS Tárolási lehetőségek hozzáadása a rendszerhez (2030-ig és 2050-ig)

A kereslet és a kínálat kiegyenlítésének további alapvető módja a tárolási kapacitás kialakítása, például szivattyús vízerőművek, az elektromos járművek akkumulátorai, vagy a koncentrált naperőművekben olvadt só használatával. Mivel a tárolás viszonylag drága, tanulmányunkban a költségoptimalizáció módszerével kerestük az egyensúlyt a tárolási kapacitások fejlesztése és a hálózatok bővítése között.

Amint a 4. lépésben már szó volt róla, a tárolási szimulációk egyúttal a keresletkezelés 2050-es hatásának tanulmányozására is szolgáltak. A tárolást összeurópai szinten kell megoldani, így egy csomópont túltermelése eltárolható egy másiknál, és ez a tárolt villamos energia tartalékként felhasználható az európai hálózat bármely csomópontján, feltéve, hogy rendelkezésre áll a szükséges szállítási kapacitás.

A 2030-as nagyfeszültségű hálózaton a tárolás és a keresletkezelés együttesen is csak viszonylag korlátozott hatást fejt ki. Az elosztási szinten (azaz a kisebb helyi hálózatokon) számíthatunk némi érzékelhető hatásra, de jelentésünkben ezzel a területtel nem foglalkozunk. A viszonylag kismértékű 2030-as hatás a jelentésünkben modellezett 98 milliárd eurós hálózati befektetés következménye, ami lehetővé teszi a megújulóknak zökkenőmentes beépítését 68%-os arányig, ha ezzel egy időben megtörténik az alaperőművi termeléses szén- és atomenergia 90%-ának a kivétele.

2050-re ugyanakkor a közel 100%-os megújuló áram integrációja messze nagyobb kihívást jelent a villamos rendszer számára, mint a 2030-as 68%-os arány, és a tárolás és keresletkezelés jelentős szerepet játszik a kereslet és a kínálat kiegyenlítésében. Különösen igaz ez a „kis hálózat” forgatókönyv esetében, amely a keresletek központjaihoz közeli, magas szintű regionális termelést hangsúlyozza;

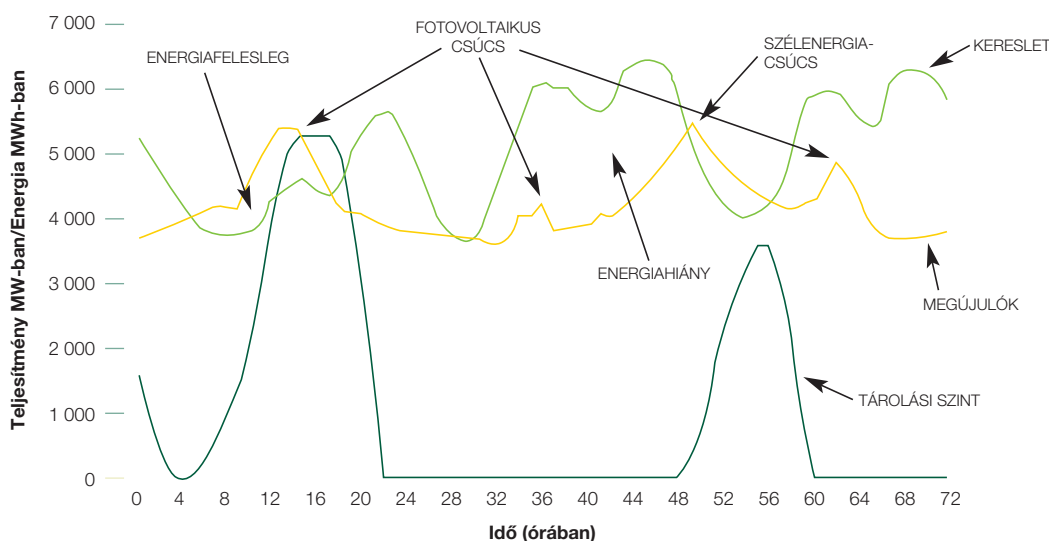
itt a tárolás és a keresletkezelés az elvesztett megújuló villamos energia arányát 13-ról 6 százalékra is lecsökkentheti. Feltételezzük, hogy 2050-re lehetőség nyílik a korábban veszendőbe ment villamos energia számottevő részének a tárolására vagy egyéb villamosági célokra történő felhasználására.

6. LÉPÉS Security of supply: electricity 24/7 even if the wind doesn't blow

A távvezetékek számának növelése, a tárolás és a keresletkezelés mind javítja az ellátásbiztonságot, mert a szélenergia még a kevés napsütés és gyenge szél együttes előfordulásának szélsőséges téli példája esetében is importálható más régiókból. A modellezett rendszer tesztelésére az elmúlt 30 év legszélsőségebb időjárási eseményeit választottuk ki és használtuk fel a számításokban. Ezek általában szélcsendes, alacsony szintű napsugárzással jellemezhető téli időszakot jelentenek, amikor az energiaigény többnyire magas. A modellből ezután meghatározható volt, hogy az optimális rendszer kiállja-e a próbát, vagy további villamos vezetékekre van szükség.

A 2030-as és 2050-es modellek esetében a szimulációk bebizonyították, hogy az optimalizált modell kellően robusztus ahhoz, hogy a legszélsőségebb időjárási körülmények között is működni tudjon.

17. ábra A tárolás hasznosítása egy spanyolországi helyszínen



Forrás: Energynautics.

A 2030-as rugalmatlan, piszkos energiás modell

Az Energynautics kutatóit felkértük, hogy e tanulmány részeként készítsék el a „piszkos energiás modellt” is, hogy kiderüljön, mi történne, ha a villamos hálózatot továbbra is az alaperőművi termeléses szén- és atomerőműveket üzemeltetve igyekeznénk fenntartani.

Ez a modell abból indul ki, hogy az *Energia[Forradalom]* forgatókönyvében leírt gázkapacitás felét, azaz további 114 GW-nyi energiát a rugalmatlan szén- és atomerőművek váltják ki. Ez 114 nagy, 1000 MW teljesítményű szén- és atomerőműnek felel meg. Így az összes rugalmatlan alaperőművi termelési kapacitás 148 GW, ami közel áll a mai (2007-es) 158 GW-os értékhez.

Amint azt korábban is taglaltuk, a rugalmatlan szén- és atomerőművek alaperőművként való üzemeltetése akadályokat állít a változó megújuló energiaforrások széleskörű beépítése elé. A kutatásnak ez a része arra irányult, hogy megvizsgáljuk azon, főként nukleáris árammal foglalkozó szolgáltatók állítását, miszerint a nukleáris és a szénnel történő áramtermelés tökéletesen képes kiegészíteni a megújuló energiaforrásokat.

Egyesek azt hangoztatják, hogy az atomreaktorok technológiai módosításai javíthatják azok rugalmasságát.¹⁷ A nukleáris áramtermelés rugalmasságának növelése azonban csökkenti a reaktor biztonságosságát, és korlátozott a kimeneti teljesítmény változtatásainak sebessége és gyakorisága is. Feltételezve továbbá, hogy az atom- és a szénerőművek elméletileg tökéletesen beilleszkednek és kiegészítik a változó megújulókat, mint ahogyan azt az E.ON állítja, az atom- és a szénerőművek gazdaságossága drámaian leromlana. Egy elképzelt rugalmas atomerőmű átlagos terhelési szintje 50 százalék körül lenne 2030-ban. Ez azt jelenti, hogy ma befektetni egy új, körülbelül 6 milliárd euróba kerülő atomerőműbe hatalmas gazdasági veszteségekkel járna. (További részletekért lásd A befektetőket érintő következmények című részt.) A nagyon drága atomerőművek és a széndioxid-leválasztást (és tárolást – CCS) alkalmazó szénerőművek rugalmatlansága így nemcsak technológiai és biztonsági kérdéseket vet fel, hanem pénzügyileg is aggályos.

A vizsgálat arra az eredményre vezetett, hogy az atom- és a

szénenergiának a maihoz közeli szinten tartása is jelentősnegatív gazdasági hatással lenne a teljes villamos rendszerre.¹⁸ Az erőművek rugalmatlansága miatt több megújuló villamos energia veszne el, mivel a villamosenergia-rendszer nem képes hatékonyan reagálni a megújuló ingadozó termelésére. A veszteségeket évi 316 TWh-ra, vagy évi 32 milliárd euróra becsülik. A több szén- és atomenergiát tartalmazó rendszer költségei mindössze négy év alatt meghaladnák az *Energia[Forradalom]* forgatókönyvében a 2030-ig terjedő időszakra kiszámolt 98 milliárd eurós hálózatfejlesztési összköltséget.

Az a jövőkép tehát, amely a megújuló energiák arányának stabil emelkedését jelzi az energiaszerkezetben, növeli az atomenergia befektetési kockázatait. Még ha a nukleáris szolgáltatók, az atom- és szénenergiával kapcsolatos anyagi érdekeik védelme miatt, sikerrel is le lassítanák a megújuló további gyarodását, nagyon valószínűtlen egy, a jelenlegihez hasonló magas kihasználtsági szint, illetve magas terhelési tényező elérése erőművek számára. Csak a legmeggondolatlanabb befektetők bíznak meg egy atomerőmű kihasználtsági, illetve terhelési tényezőjének 85 százalékosra becsülésében az erőmű teljes élettartamára vonatkozóan, amint azt a nukleáris projektek fejlesztői hirdetik.

Még ha a nukleáris ipar azt is állítja, hogy az atomenergiára fontos szerep vár Európában, ez messze áll a valóságtól. Az atomenergetikai projektek két zászlóshajójának számító, jelenleg Finnországban és Franciaországban épülő erőművek súlyos technikai gondokkal küszködnek, amelyek óriási késéseket és mindkét esetben a tervezett költségeik nagyjából 3 milliárd eurós túllépését eredményezik. Az atomerőműveket üzemeltető nagy cégek, mint az RWE és az E.ON most hatalmas állami támogatásokat kérnek az Egyesült Királyságban, mielőtt nekikezdenének egy újabb költséges atomreaktor-projektnek.

¹⁷ IER, *Verträglichkeit von erneuerbaren Energien und Kernenergie im Erzeugungspotfolio*, 2009, az E.ON felkérésére.

¹⁸ Egy újabb, 2011 novemberi tanulmány az Ofgem által ugyan erre a következtetésre jutott: www.bbc.co.uk/news/uk-scotland-scotland-business-15711200



Esettanulmányok

Németországi esettanulmány

2009-ben Németország a villamosenergia-igények 16,1 százalékát fedezte megújuló energiaforrásokból, a szélenergia az igények 6,5 százalékát elégítette ki. Az ország ezzel mindössze hat év alatt több mint megkétszerezte a megújuló energia részarányát, a 2003-as 7,5 százalékhoz képest.¹⁹

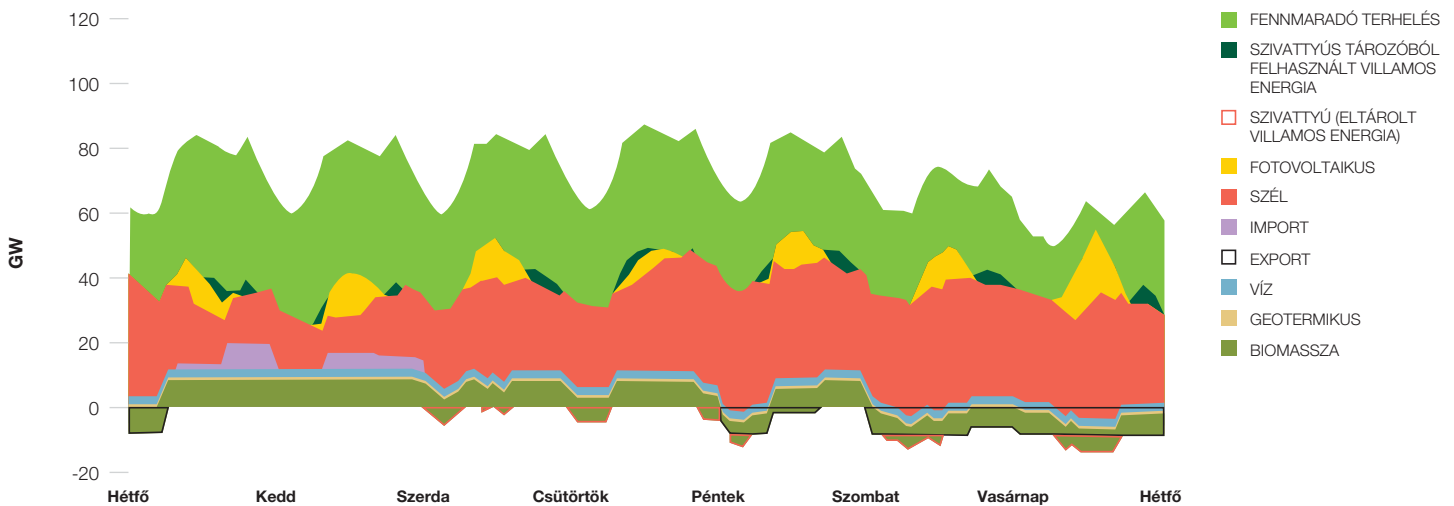
A németországi Megújulóenergia-szövetség (BEE) előrevetítése alapján 2020-ra a megújulók gyors növekedésének további folytatódása 16,1 százalékról 47 százalékra, azaz az összes villamosenergia-igény közel felére emeli a megújuló áram arányát.²⁰ A változó szél- és fotovoltaikus energia magas részaránya miatt a 2020-as energiaszerkezetben (68 százalék) a villamosenergia-hálózatnak alkalmazkodnia kell az új körülményekhez.

A német Fraunhofer-IWES kutatóintézet által a BEE felkérésére elvégzett szimulációk azt mutatják, hogy 2020-ra a megújuló források villamosenergia-termelése a nagyon szeles vagy napsütéses időszakokban meghaladhatja az ország összes áramigényét. Az éves kimeneti teljesítmény meghatározó része, 47%-a származna megújulókból; a termelés így 70 GW-ra emelkedne, miközben az összes igény csak 58 GW lenne. A fennmaradó 12 GW-nyi teljesítményt szivattyús vízerőművekkel lehetne tárolni, vagy más országokba lehetne exportálni (lásd a 18. ábrát).²¹

A Fraunhofer kutatói azt is kiszámolták, hogy a megújuló villamos energia zökkenőmentes hálózatba juttatása érdekében 2020-ra a jelenlegi alaperőművi termeléses kapacitás (atom- és szénerőművek) minimum felét le kellene állítani Németországban.

Ezek az eredmények szöges ellentétben álltak a német kormány 2010. szeptemberi döntésével, amely átlagosan 12 évvel meghosszabbította a németországi atomreaktorok üzemidejét (8 évvel az 1980-ig üzembe helyezett, és 14 évvel az újabb reaktorok esetében). Ez az üzemidő-hosszabbítás ugyanakkor nem volt kőbe vésve, és a Greenpeace és számos német szövetségi állam jogi úton tervezte megtámadni azt a német alkotmánybíróságon. Majd bekövetkezett a fukusimai atomkatasztrófa. Mindezek hatására Németország visszatért a korábbi álláspontjára és 2022-ra kivezeti a nukleáris áramtermelést.

18. ábra A megújuló villamosenergia-termelés szimulációja Németországban 2020-ban, egy hétre vonatkozóan. Vasárnap az összes megújulóenergia-termelés meghaladja az összes igényt, így a felesleget tárolják és exportálják.



Forrás: Fraunhofer-IWES, 2009.

¹⁹ Szövetségi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Nukleáris Biztonságot Felelős Minisztérium (BMU), Megújuló energiaforrások számokban – Nemzeti és nemzetközi fejlődés. 2010. június.

²⁰ Fraunhofer-IWES, Dynamische Simulation der Stromversorgung in Deutschland. Im Auftrag des BEE. 2009. december. www.beev.de/_downloads/publikationen/studien/2010/100119_BEE_IWES-Simulation_Stromversorgung2020_Endbericht.pdf

²¹ Lásd ugyanott.

Spanyolországi esettanulmány

A spanyol megújuló villamosenergia-szektor figyelemreméltó mértékben növekedett az elmúlt években. A szélenergia-kapacitás négy év alatt több mint megkétszereződött, a 2005-ös 8,7 GW-os értékről 2009 végére elérte a 18,7 GW-ot.²² A szélenergia az áram 16%-át adta 2010-ben, az összes megújuló együttesen pedig több villamos energiát állított elő (35%)²³, mint az atomerőművek (21%) és a szénerőművek (8%) együttvéve. Az előrejelzések szerint, ha a megújuló energia felhasználása tartja ezt a fejlődési ütemet, 2020-ra a villamos energia 50 százalékát biztosítja.

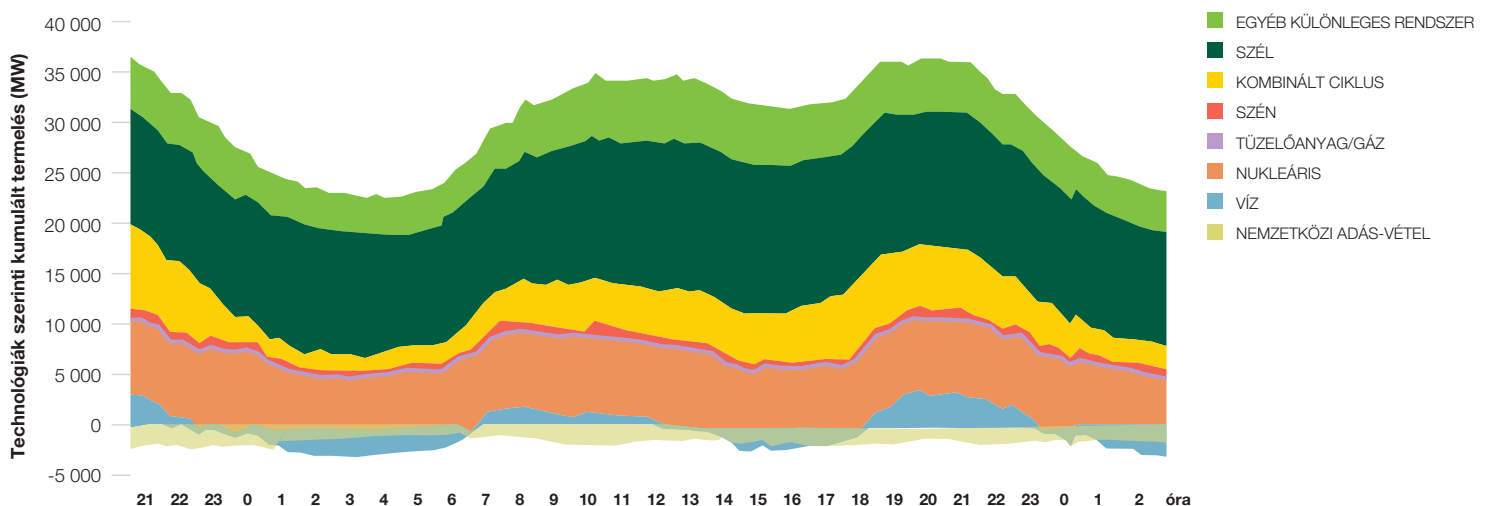
Tény azonban, hogy bár 2005-ben és 2006-ban a piac kimondottan dinamikus fejlődést mutatott, mindkét évben 3 3 GW újonnan telepített szélenergia-kapacitással, a növekedés üteme azóta lelassult; 2010-ben is várhatóan 1 GW körül marad.²⁴ Ezért a kormány által az új telepítésekre kiszabott korlátozások és a szabályozás nagyfokú bizonytalansága okolhatóak.

A spanyol kormány a megújulók növekedését lassító lépéseket a nagy üzemeltetők által megfogalmazott kritikák hatására tette meg. Ezek a cégek a szén- és atomerőművek termelte profit visszaesését voltak kénytelenek elkönyvelni a gazdasági válság okozta csökkenő villamosenergia-kereslet, az új megújuló áramtermelési kapacitások növekedése és a rugalmatlan alaperőművi nukleáris áramtermelés együttes hatásai miatt. 2009-ben a gázerőművek kapacitása 6 százalékkal, az éves kimeneti teljesítményük azonban 14 százalékkal csökkent, s az átlagos terhelési tényezőjük így 38 százalékra esett vissza.

Az atomerőművek kimeneti teljesítményének rugalmatlanságát tisztán példázza egy 2010. november 9-i eset, amikor a szélenergia rekordmagaságú termelése megközelítette a 15 GW-ot, lefedve majdnem fél Spanyolország áramigényét. Amint az aznapi áramtermelést bemutató grafikonon is látható, a megújuló energia megugró termelése a rugalmatlan (változatlan) nukleáris alaperőművi termelés falába ütközött, ami a gázerőműveket a kimeneti teljesítményük majdnem teljes korlátozására kényszerítette. A szélturbinákat az elmúlt két év során ismételtelen le kellett állítani hasonló esetekben többször is – nem azért, mert a hálózat szállítási kapacitásai korlátozottak lennének, hanem a Spanyolország atomerőműveinek „állandóan üzemeltetendő” állapota okozta túltermelés miatt. A becslések szerint 2010-ben mintegy 200 GWh szélből termelt villamosenergiát kell eldobni az atomenergiának adott elsőbbség következményeként.

Az atomerőművek rugalmatlanságából eredő problémák a következő években a szél- és a napenergia terjedésével óhatatlanul növekedni fognak. Amint a jelentésünkben közzétett, 2030-ra vonatkozó szimulációink mutatják, a villamosenergia-rendszer gazdasági veszteségeinek elkerüléséhez az alaperőművi termelés gyors kivezetése szükséges. Ha ez nem történik meg, korlátozni kell az „ingyenes” és tiszta megújuló villamos energiát.

19. ábra A spanyol villamosenergia-rendszer ellátása 2010. november 9-én, az igények több mint 50%-át szélenergiából fedezve



Forrás: Red Electrica, 2009.

²² Red Electrica, A spanyol villamosenergia-rendszer 2009-ben.

²³ Red Electrica, A spanyol villamosenergia-rendszer, 2010-es előzetes jelentés.

²⁴ Power in Europe 588, 2010. november 15.



A befektetőket érintő következmények

Az ebből a kutatásból levonható egyik fő tanulság az, hogy a következő évtizedekben a hagyományos erőművek alaperőművi termeléses üzemelésének egyre kevesebb és kevesebb tér jut. A villamos hálózaton egyre meghatározóbbá váló szél- és fotovoltaiikus energia változó termelése a rendszer többi részét „terheléskövető” üzemmódra kötelezi, kitöltve a kereslet és a termelés közötti közvetlen rést.

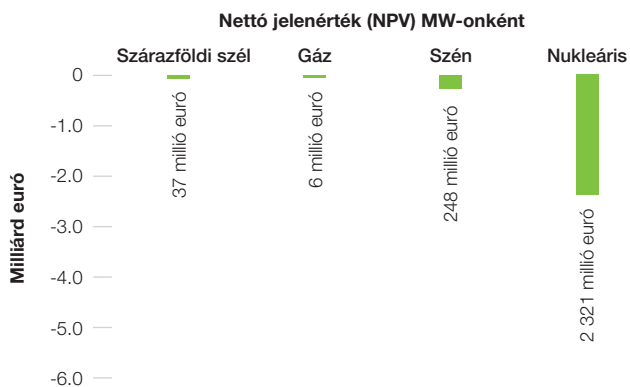
Ez azt jelenti, hogy az alaperőművi termeléssel működő atom- és szénerőművek gazdaságossága alapvetően megváltozik, ahogyan egyre több változó termeléssel előállított áram kerül a villamos-energia-hálózatba.

A gáztüzelésű erőművek viszonylag alacsony fix költségekkel és magas határköltségekkel járnak (az építés költségei az áramtermelés 15-20 százalékát teszik ki); a termelés költségeinek 60 százalékát az üzemanyag, azaz a földgáz határozza meg. Ez azt jelenti, hogy a gázerőművek még alacsony, 50 százalék alatti terhelési tényező mellett is gazdaságosak maradnak.

Éppen ellenkező a helyzet az atomerőműveknél, és bizonyos fokig a szénerőműveknél is (elsősorban a lignittüzelésű vagy a széndioxid-leválasztást és tárolást (CCS) alkalmazó szénerőművek esetében). Az atomerőműveknél a fix költségek magasak, a termelés költségeinek 65-80 százalékát teszik ki, míg a határköltségek 15-20 százalék körül vannak. Ebből közvetlenül levezethető, hogy noha lehet jövedelmező egy atomerőművet alaperőművi termelésen üzemeltetni az év legalább 85 százalékában, az erőmű gazdaságossága rohamosan romlik, ha a kihasználtság akár csak néhány százalékkal is csökken, az 50 százalék alá esésről nem is beszélve.

A jelentésünkben bemutatott 2030-as szimulációk azt mutatják, hogy a megújuló villamos energia 68 százalékos aránya mellett a rugalmas gázerőművek átlagos terhelési tényezője 46 százalék. A rugalmatlan atom- és szénenergia 90 százalékban ki lett vezetve. Még ha fel is lehetne tételezni, hogy az atom- és szénerőművek a gázerőművekhez hasonlóan rugalmassá tehetőek, akkor is alkalmazkodniuk kellene a rendszerhez, mivel a terhelési tényezőjük 2030-ra 50 százalék alá korlátozódna, és azután is tovább csökkenne. Ez azt jelenti, hogy az új atom- és szénerőművekből származó bármilyen haszon teljes mértékben eltűnne.

20. ábra Egy új 1000 MW-os erőmű nettó jelenértéke (NPV) különböző technológiák esetében, 85%-os (a szél esetében 25%-os) terhelési tényezőt feltételezve



Forrás: A Greenpeace számításai a [PWC 2008] befektetési modelljének és paramétereinek felhasználásával.

A PwC által a Greenpeace felkérésére 2008-ban elkészített befektetési modell, amely a villamosenergia-piac hagyományos paraméterein alapul, egyértelműen megmutatja ezt a hatást. Egy átlagos, 1000 MW-os, 85 százalékos kapacitási tényezőjű atomerőmű új reaktorának nettó jelenértéke mínusz 2,3 milliárd euró. Ez azt jelenti, hogy egy befektető több mint 2 milliárd eurót veszítene egy ilyen új reaktor megépítésével. Ha a kapacitási tényező 33 százalék alá esik, azaz az erőmű csak az év egyharmadában üzemel, ez több mint megkétszerezné a pénzügyi veszteséget, a nettó jelenérték eléri a mínusz 5 milliárd eurót.

A számítások egy 1000 MW-os erőművet feltételeznek, amelynek tervezett beruházási költsége 4000 euró kilowattónként. Összehasonlításképpen az ugyanekkora méretű, de más típusú generátorok pénzügyi kockázatai az alábbi táblázatban láthatóak.

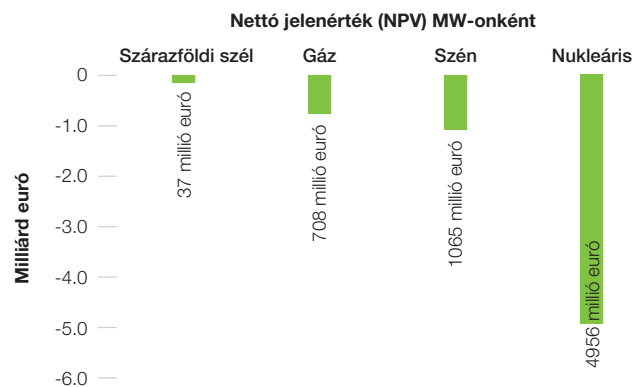
2. táblázat Az ekkora méretű generátor pénzügyi kockázatai különböző típusú fosszilis fűtőanyagokkal

Gáz 85%-os kapacitással	Nettó jelenérték (NPV): nulla
Gáz 33%-os kapacitással	Nettó jelenérték (NPV): -708 millió euró
Szén 85%-os kapacitással	Nettó jelenérték (NPV): -240 millió euró
Szén 33%-os kapacitással	Nettó jelenérték (NPV): -1065 millió euró

Forrás: A Greenpeace számításai a [PWC 2008] befektetési modelljének és paramétereinek felhasználásával.

Ez nagy figyelmeztetés minden befektetőnek, akik új atomerőművek építésén gondolkodnak. A nettó jelenérték 40-50 éves üzemidővel számol, és egyértelmű, hogy ha a terhelési tényezők számottevően csökkennek 2020-ra vagy 2030-ra, nagy mennyiségű eszköz értéktelenedik el, és a befektetés soha nem térül meg.

21. ábra Egy új 1000 MW-os erőmű nettó jelenértéke (NPV) különböző technológiák esetében, 33%-os (a szél esetében 25%-os) terhelési tényezőt feltételezve



Forrás: A Greenpeace számításai a [PWC 2008] befektetési modelljének és paramétereinek felhasználásával.

Politikai javaslatok

Egy fenntartható, robusztus és költséghatékony villamosenergia-rendszer kialakítása érdekében az EU-nak minden erejével törekednie kell arra, hogy a politikai keretek megfelelő felállításával elősegítse a megújuló energia maximális lehetséges arányának elérését 2050-re. A villamosenergia-rendszer átalakításában a rugalmasság, a rendszerhatékonyság és az átláthatóság átfogó elveit kell követni.

A Greenpeace a következő lépésekre szólít fel Európa villamosenergia-rendszerének korszerűsítése érdekében:

1. Az új megújuló energiák és a rugalmas energiatermelési szerkezet népszerűsítése

A megújuló áram területileg kiegyensúlyozott elosztása

Az EU már elfogadott egy megújulóenergia-direktívát. Fontos ennek hatékony megvalósítása annak érdekében, hogy egy fenntarthatóbb villamosenergia-rendszer jöhessen létre. Stabil, hosszú távú országos támogatási politikák kelljenek a megújuló áram termelésének ösztönzésére az összes európai országban.

Rugalmas termelési szerkezet

A változó megújuló energiaforrások kiegészítése érdekében Európa energiapolitikájának a rugalmas villamosenergia-termelési kapacitás fejlesztésére kell összpontosítania, beleértve a menetrendtartó megújuló energiaforrásokat és a földgázt, valamint a költséghatékony tárolási technológiákat. A rugalmasabb (gáz-) erőművekbe történő befektetések ösztönzésére a Greenpeace egy kapacitástámogatási rendszer bevezetését ajánlja.

Az áramtermelés adott napon belüli átütemezését az összes áramtermelő egység esetében figyelembe kell venni, beleértve a kevésbé rugalmasokat is. A torlódási díjaknak tükrözniük kell a rendszer azon veszteségeit, amelyet a rugalmatlan termelésű (atom- és szén-) erőművek okoznak a hálózaton.

2. Valóban európai hálózat- és piackezelés

Hálózatfejlesztés a megújuló energia növekvő arányára felkészülve

Európa villamosenergia-rendszerének tervezését és fejlesztését a megújuló energiaforrások növekvő arányú felhasználását szem előtt tartva kell végrehajtani.

A Villamosenergia-piaci Átvitelirendszer-üzemeltetők Európai Hálózata (ENTSO-E) Tízéves hálózatfejlesztési terveinek tükrözniük kell a megújuló energiákra vonatkozó előrejelzéseket, összhangban a megújuló energiáról szóló európai uniós irányelvel.

Ezzel egy időben egy független európai testületet kell létrehozni az európai hálózat tervezésének és fejlesztéseinek felügyeletére és irányítására. A testület feladata lenne a hosszú távú forgatókönyvek és a hálózatfejlesztési lehetőségek fejlesztése és elemzése is.

Európai szintű jogi keretrendszer és szabályozás

Egy határokon átnyúló átviteli rendszer megépítéséhez és üzemeltetéséhez európai szintű jogi keretrendszer szükséges. Ennek része kell hogy legyen a nemzetközi átvitel szabályozói megközelítése, és folytatnia kell a hálózati előírások összhangba hozatalát. Európának szüksége van az átviteli technológiák szabványosításának felgyorsítására is, hogy egy valóban nemzetközi villamosenergia-rendszer felé haladhasson.

Nagymértékben fejleszteni és javítani kell a napi és napközbeni áramkereskedésben a határkeresztesző piacok helyzetét, hogy egy teljesen integrált, a hatékonysági lehetőségeket kihasználni képes piac jöhessen létre. Ugyanakkor az európai energetikai irányítók meg kell engedjék a nemzetközi cserekereskedést és a tartalék kapacitások elszámolását.

Pénzügyi eszközök a legszűkebb keresztmetszetek ellen

Az országos és európai szabályozó szerveknek legfontosabb teendőjükként megfelelő feltételeket kell teremteniük a keretrendszerekben a hálózat bővítésének és fejlesztésének lehetővé tétele érdekében.

A nemzetközi átvitel szűk keresztmetszeteinek fejlesztése érdekében az Európai Bizottságnak javasolnia kell finanszírozási mechanizmusokat azokra az átviteli tervekre vonatkozóan, ahol a konkrét helyi üzleti tényállás nem tükrözi megfelelően az EU egészére tágabban értelmezett gazdasági hasznot.

Európai és országos szinten is támogatni kell a szárazföldi hálózatfejlesztés és a tengeri hálózatépítés innovatív megközelítéseit felmutató terveket. Ezek az úttörő projektek szükségesek a határokon átnyúló hálózatok fejlesztésének támogatásához és a technológiai és szabályozási körülmények teszteléséhez.

3. Okos és hatékony infrastruktúra

Az okos hálózat és a keresletoldali szabályozás támogatása

Az Európai Uniónak az okos hálózat technológiájának fejlesztésére és a keresletkezelési eszközökre kell összpontosítania, a kutatás és fejlesztés támogatásán, a technológiák ésszerűsítésén és egységesítésén, és a bemutató tervek támogatásán keresztül.

A létező infrastruktúra optimalizálásának ösztönzése

A szabályozó hatóságoknak a létező hálózati infrastruktúra optimalizálását kell támogatniuk az új távvezetékek építése helyett. A létező vezetékrendszer optimalizálásának számos technológiai és üzemeltetési módszere közül példaként említhető a „dinamikus vezetékekértékelés”, vagy a jelenlegi vezetékek fejlettebb átviteli technológiájúra cserélése.

4. Átláthatóság és társadalmi elfogadottság

A környezetvédelmi és társadalmi értékek tiszteletben tartása

A szabályozó hatóságok számára szélesebb körű felhatalmazást kell adni a környezetvédelem és a társadalmi elfogadottság szempontként való alkalmazására az új távvezetékek engedélyeztetése során, a gazdasági megfontolások mellett. A legnagyobb prioritást a létező hálózati infrastruktúra optimalizálásának kell kapnia. Ahol az felgyorsíthatja a folyamatot, a föld alatti vezetékeket kell előnyben részesíteni a légvezetékek helyett, és ahol lehetséges, az új vezetékeket a már létező közlekedési folyosók mentén kell elhelyezni.

A hálózati és piaci adatok átláthatósága

Az átviteli rendszerek üzemeltetőinek nyilvánosságra kell hozniuk a hálózatfejlesztési tervek mögött rejlő adatokat, hogy igazságos piaci feltételeket teremtsenek és lehetővé tegyék a nyilvános vizsgálatokat.

Az általános szabályozó hatóságok számára teljes hozzáférést kell biztosítani az összes számottevő információhoz az elektromos hálózatról és az árampiac működéséről, és elegendő erőforrással kell rendelkezniük ahhoz, hogy figyeljék és ellenőrizzék a különböző piaci szereplők erőfőlényükkel való esetleges visszaéléseit. Az Energiaszabályozók Együttműködési Ügynökségének (ACER) átláthatósági kritériumokat kell kialakítania az infrastrukturális befektetések elfogadható nyereségének megalapozásaként.

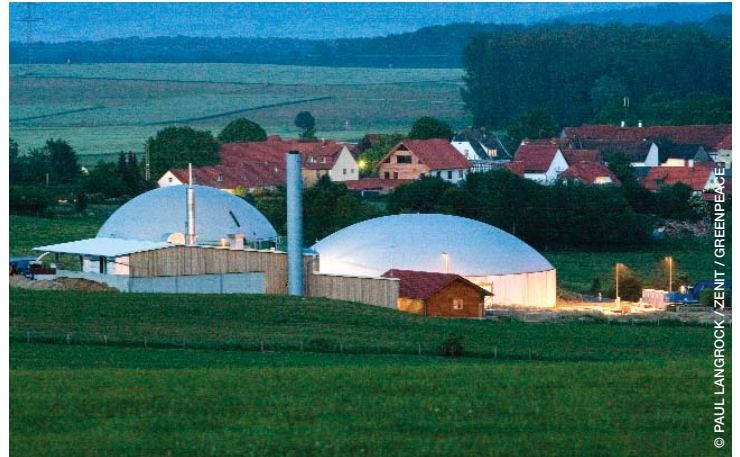
A megújuló villamos energiát előállító technológiák típusai

Szabályozható vagy menetrendtartó megújuló energia

A tározókat használó **vízenergia** teljes mértékben szabályozható és nagyon rugalmas, igen gyorsan be- és kikapcsolható. Néhány erőmű képes fordított irányban is működni (szivattyús tározók), amelyek a túlermelés esetén rendelkezésre álló felesleges villamos energiát a víz felszivattyúzására használják, majd nagy energiaigény esetén újra leengedik a vizet, hogy azzal áramot termeljenek..



A **biomassza-energia** sok, különböző fajta szerves energiaforrás áramtermelési célból történő égetését vagy gázneművé alakítását jelenti. Egyes erőművek gázneművé alakított biomasszát használnak, és képesek a hagyományos, fosszilis tüzelőanyaggal működő gázerőművekhez hasonló módon üzemelni. A biomassza a változó megújuló energiaforrások tartalékaként használható.



A **koncentrált napenergia (CSP)** a hőt turbinák vagy egy motor meghajtására használja. Ez közvetlen napfényt igényel, ezért a CSP csak nagyon napos területeken, például Spanyolország déli részén működőképes. Ezek az erőművek az igényeknek megfelelően képesek biztosítani a villamosenergia-ellátást, a hőtározók (például olvadt só) használatával még éjszaka is.



A **geotermikus energia** a föld több mint 100 °C-os hőjét használja a gőzturbinák segítségével termelt elektromos áram előállítására. Ezek a turbinák általában alaperőműként üzemelnek, de rugalmasabbá is tehetőek.



Változó megújuló energia

A **szélenergia** változó, de nagy területeket átölelve kiegyenlítődik a teljesítménye. A szél lényegében mindig fúj valahol.



Megjósolható megújuló energia

Az árapályból vagy hullámokból származó **óceáni energia** nem szabályozható. Nem lehet be- és kikapcsolni, de teljesítménye pontosan megjósolható, ami lehetővé teszi a hálózatüzemeltetők számára ezen energiaforrás felhasználásának megtervezését.



A **fotovoltaikus napenergia** nem termel áramot az éjszaka folyamán, de a napközbeni termelése pontosan előrejelezhető. A fotovoltaikus energia többnyire szétszórta, a napelemeket pl. háztetőkre telepítik. Várható, hogy 2030-ra a fotovoltaikus energia remek párost fog alkotni az elektromos járművekkel, amelyeket a napelemekkel termelt 'felesleges' árammal lehet majd feltölteni.



Nem megújulók

A **nukleáris áramtermeléshez** hatalmas atomerőműveket használnak, általában egy erőművet több reaktor alkot. Az energiatermelés ezen módja erősen központosított, nagy átviteli hálózatokat igényel. A kimeneti teljesítmény növelése vagy csökkentése költséges és veszélyes, különösen, ha az gyorsan történik. Emiatt az atomreaktorokat rugalmatlan (alaperőművi termeléses) forrásnak kell tekintenünk.

A **szénerőművek** valamennyivel rugalmasabbak az atomerőműveknél, de ha rugalmasabb üzemmódban használjuk őket, a hatékonyságuk csökken, a CO₂-kibocsátásuk pedig megemelkedik. Ha a széndioxid-leválasztás technológiáját valaha is sikerül megvalósítani – ami aligha valószínű –, a szénerőművek technikai okok miatt rugalmatlanná válnak.

A **gázerőművek**, különösen a korszerű, kombinált ciklusúak nagyon rugalmasak, és termelésük csökkenthető vagy le is állítható, ha bőséggel rendelkezésre áll a megújuló energiával termelt áram. A gázerőművek minden megtermelt kilowattóra során kevesebb, mint feleannyi szén-dioxidot bocsátanak ki, mint a szénerőművek, így ideálisak a 2050-re 100%-ban megújuló villamos energián alapuló rendszerhez vezető híd szerepére.

Az Andasol 1 naperőmű Európa első kereskedelmi parabolavályús naperőműve. Az Andasol 1 akár 200 000 embert is képes lesz ellátni éghajlatbarát villamos energiával, és évente 149 000 tonna szén-dioxidot spórol meg egy korszerű szén-erőműhöz képest.

© GREENPEACE / MARKEL REDONDO

Egy energiarendszerben nem fér meg együtt a nukleáris és a megújuló technológiákkal való áramtermelés, választanunk kell a két út között.

Ma is dúl a harc a villamos energia távvezetékeinek elsődleges használatáért, a hálózatok fejlesztési irányaiért az atomlobbi és a megújulók között. Magyarország földrajzi helyzete és energiaszerkezete miatt különösen fontos tanulságokra mutat rá a Hálózatok harca: mind gazdasági, mind technikai okokból a rugalmatlan, alaperőműként termelő atom- és szén-erőművek ellehetetlenítik a tiszta, megújuló áramtermelés nagyarányú rendszerbe illesztését.

2011 végén, amikor még tart a fukusimai atomkatasztrófa és Európa országai sorra távolodnak el az atomenergiától, amikor dinamikusan növekvő mennyiségben áramlik a fő munkahelyteremtő magántőke a megújuló energia szektorba, itthon is rá kell térjünk arra a nem egyszerű, de lehetséges útra, amelyen haladva kiválthatjuk előregedett és veszélyes paksi reaktorainkat és a fő szennyező szén-erőműveket.



A Greenpeace független, energikus és konfrontációra kész környezetvédő szervezet, mely a világ több mint 45 országában kész arra, hogy fellépjen a Föld érdekeinek védelmében. Radikális, de teljes mértékben erőszakmentes, a legjobb tudományos kutatóintézetekkel működik együtt, tárgyal és lobbizik, ha kell autópályákat zár le. Az egyik kezével tiltakozik, a másikkal az alternatív megoldásokat mutatja fel. Minden NEM! mellé mond egy IGEN!-t is.

Kiadja a Greenpeace Magyarország Egyesület, Budapest 1143 Zászlós utca 54. Magyarország
greenpeace.hu

További információkért, kérjük, írjon az info@greenpeace.hu címre.