

Magyarország 2050-re vonatkozó, alternatív villamosenergia-ellátási terve

Megújuló Magyarországért Alapítvány

2024. június

ELŐSZÓ



A magyar energiapolitika súlyosan zavaros állapotban van. A kormány hivatalos terveinek megvalósíthatóságában már a kormányzaton belül sem igazán hisznek, a különböző dokumentumok és nyilatkozatok ellentmondásos, egymást kizáró terveket tartalmaznak. A politikai kormányzat szent tehenének, Paks II.-nek megépülése teljesen bizonytalanná vált, a szakmai kormányzat, minisztériumi szinteken kétségbeesetten keresi az orosz atomerőmű alternatíváit. Ezek megtalálásában azonban a legfelső politikai szint, amely fenntartja magának a hazai energiapolitika irányító szerepét, kitartó akadályt jelent. Mindeközben a kommunikációs térben ugyan úgy tűnhet, hogy az energetikai döntések irányítója és kezdeményezője a kormányzat, a valóság nagyon másképp fest. Állami szerepvállalással 25 éve nem épült jelentős villamosenergia termelő kapacitás Magyarországon, az elmúlt negyedszázadban létesült új egységek létrejötte nagy energiacegeknek (pl. az EON 2011-ben átadott gönyúi gázturbinás erőműve), vagy lakossági beruházásoknak illetve kis-közepes vállalatok befektetéseiének köszönhetőek (mint az elmúlt években létesült mintegy 6 000 MW-nyi napelem kapacitás). A valóságban zajló folyamatok ráadásul jó eséllyel ki is zárják a politikai kommunikációban szereplő terveket: a 2030-ig várhatóan (és a kormány által is előrejelzett módon) megvalósuló 12 000 MW napelem kapacitás egy verőfényes nyári napon az ország tényleges áramigényét meghaladó termelést jelent, ami kiszorítja a rendszerből a zsinóráram termelésére képes többi erőművet, köztük az akkor még biztosan működő, és további élettartamhosszabbítást remélő Paks I.-et, illetve a megvalósulása esetén a 2030-as évek közepére termelésbe álló Paks II.-öt. Amelyek viszont nem képesek ilyen rugalmas, menetrendkövető termelésre. A kormány energetikai elképzelései nyilvánvalóan önellentmondásosak, egyes elemei kölcsönösen kizárják egymást, az pedig, hogy az egymásnak feszülő álláspontok közül melyik győz majd,

nem energetikai, hanem politikai kérdés.

Ennek következményeként a hazai energiapolitika nem stratégiai döntések, hosszútávú célok és víziók mentén alakul, hanem a hatalmi politika óceánján sodródik, a megszülető döntések nem egy elképzelt optimális, jövőbeli energiarendszerhez vezető logikus, egymásra épülő lépcsőfokok, hanem politikai megfontolások szélrohamaik véletlenszerű melléktermékei. Ez pedig jelentős ellátásbiztonsági kockázatot jelent, hiszen a globálisan elkerülhetetlenül végbemenő energetikai átállás során fellépő problémákra és kihívásokra csak egy nagyon tudatos és következetes energiapolitika képes eredményes és hatékony választ adni. Magyarország jelenleg nem rendelkezik ilyesmivel.

Ebben a helyzetben különösen aktuális és fontos, hogy áttekintsük hazánk energetikai jövőjének lehetőségeit és feladatait, és megpróbáljunk egy olyan koherens víziót megalkotni, amely sikeresen képes lehet végigvezetni Magyarországot a dekarbonizáció és az energetika átállás útján. Jelen tanulmányunkban a Megújuló Magyarországi Alapítvány (MMAA) megbízásából arra vállalkoztunk, hogy a hazai villamos energia szektor jövőjét vizsgáljuk meg 2050-ig, és összehasonlítsunk lehetséges scenáriókat az ország áramellátására. Bár az MMAA zöld alapítványként egyértelműen egy zöld, megújuló és energiahatékonyság alapú energiarendszer mellett teszi le a voksot, modellünkben nukleáris illetve földgáz alapú villamos energia termelési módokat is tartalmazó scenáriókat is vizsgáltunk, hiszen éppen az volt a célunk, hogy a lehetséges, és politikai szempontok alapján választható megoldások közül melyik milyen költségvonatokkal, beruházási igényekkel, technológiai feltételekkel illetve finanszírozási lehetőségekkel rendelkezik.

Tanulmányunk célja éppen az, hogy egy szakmai alapú vita részére szolgáltatson információkat. Mennyibe kerülnek a különböző energiavíziók az országnak? Hol és milyen fejlesztésekre kell a forrásokat koncentrálni ahhoz, hogy az egyes scenáriók megvalósíthatóak legyenek? Milyen infrastrukturális feltételei vannak az egyes modellváltozatoknak?

A tanulmány ambíciói jól körülhatárolhatók, és szükségesnek látjuk előre tisztázni néhány előfeltevésünket, illetve korlátunkat.

1. Elemzésünk során kizárólag a villamosenergia szektorra koncentráltunk. A teljes energetika ennél bővebb kört fed le, de modellünkben – a kapacitás- és módszertanbeli korlátok figyelembevételével – nem foglalkoztunk a hőtermelés, a közlekedés vagy más területek energiaigényével. Ezek egy másik tanulmány tárgyát képezhetik, jelen anyag az áramszektor jövőjét elemzi.
2. A modellezés során elfogulatlanul és részrehajlásmentesen vizsgáltuk az egyes scenáriókat. Bár az MMA és a szerzők részéről előzetes szakmai álláspontunk a megújuló termelésen és energiahatékonyságon nyugvó energiarendszerek preferálása, annak érdekében, hogy minél megalapozottabb és objektívebb válaszokat kapjunk a feltett kérdésekre, nem ezt alátámasztó érveket kerestünk, hanem előzetes várakozásuktól mentesen az egyes energiámixekhez tartozó modellváltozatok várható költségszintjére és infrastrukturális feltételeire kerestünk válaszokat.
3. A tanulmány készítésekor konzervatív feltételezésekből indultunk ki. Óvatos becsléseket adtunk például a megújuló alapú energiatermelés vagy az energiátárolás költségszintjének jövőbeni csökkenésére. Nem feltételeztünk – amúgy kívánatos – radikális energiahatékonysági és energiatakarékosági lépéseket, például az

áramigény becslésekor számoltunk a kormányzat egyébként kritizálható iparpolitikájának keresletnövelő hatásával. Meggyőződésünk, hogy valóság a későbbiekben a modellünkben szereplőnél még sokkal jelentősebb előnyt fog mutatni a megújuló alapú energiarendszerek javára.

4. Az anyag önmagában nem dönti el a magyar energetika vagy a villamosenergia szektor jövőjét. Az energetikai döntések soha nem pusztán (energia)szakmai alapúak, az alapvető politikai-társadalmi-geopolitikai értékválasztások döntenek a szektor meghatározó peremfeltételeiről. Hisszük ugyanakkor, hogy ezek a társadalmi-politikai döntések is csak a megfelelő (szakmai) információk birtokában hozhatók meg felelősen, azaz úgy tekintünk az anyagra, mint ami ezekhez a döntésekhez szükséges információkat szolgáltat az egyes lehetséges scenáriók költségeiről, infrastruktúra-fejlesztési igényeiről, finanszírozási lehetőségeiről. Nem spórolja meg a szélesebb körű társadalmi vitát, de fontos érveket szolgáltat hozzá.

A modellezésből levonható konzekvenciák alapján mindazonáltal egyértelműen a 100 százalék megújuló alapú energiatermelési rendszer kínálja a pénzügyileg legkedvezőbb megoldást. Nem csak a legolcsóbb áramot kínálja MWh-ra vetítve, de megvalósításához – szemben a maradéktalanul állami pénzből megvalósuló nukleáris projektekkel – jelentős, ugrásra készen várakozó, és beruházási tapasztalatokkal rendelkező magántőke, illetve – eltérően a földgázerművektől – intenzív európai uniós támogatás is bevonható. Ez nem jelenti azt, hogy az államnak szabályozóként és befektetőként ne lenne feladata valamennyi scenárió esetében például a hálózatfejlesztés vagy infrastrukturális beruházások területén, azonban a zöld scenárió esetében az elérhető uniós támogatás a szükséges hazai költségvetési források mennyiségét erőteljesen csökkentheti.

Mindez természetesen nem jelenti azt, hogy ne lehetne más stratégia mentén alakítani Magyarország energetikai jövőképét. Az azonban bizonyos, hogy az ilyen irányú döntések nem szakmai érveken nyugszanak. A kormányzat előszeretettel hangoztatja, hogy az energiaellátás számukra földrajz és fizika kérdése nem pedig politikai megfontolásoké. A valóság azonban ennek épp az ellenkezője. El lehet köteleződni az orosz gázszállítások és a Roszatom atomerőműve mellett, ennek azonban az orosz szövetség erősítése, és hazánk Oroszországtól való energetikai függésének tartós erősítése a célja, azaz a döntés száz százalékosan politikai alapokon nyugszik, nem hozhatók fel döntő energiapiaci, földrajzi, pénzügyi vagy technológiai érvek mellette. A tisztán „szakmai” szempontok (ha léteznek ilyenek) ezzel – tanulmányunk alapján - éppen ellentétes döntéseket támasztanak alá.

Végezetül a formátumról. Modellezésünk eredményeinek bemutatására végül egy olyan formát választottunk, ami különbözik a hagyományos tudományos publikációktól. Szándékunk az volt, hogy a

hazai energetika jövőjéről tartandó szakmai-társadalmi vitához nyújtsunk információkat, ehhez pedig megítélésünk szerint ez a felhasználóbarátabb, közérthetőbb forma hatékonyabban segít hozzá. Bízunk abban, hogy mindez hozzájárulhat ahhoz, hogy a választak előtt álló magyar energetika elkövetkező évtizedeiről hasznos és intenzív vita tudjon kibontakozni a szakmai és a társadalmi nyilvánosságban.

A magyar villamosenergia rendszer 2050-ig kitekintő jövőképét vizsgáló projekt vezetőjeként végül szeretném megköszönni mindazon szakemberek közreműködését, akik a modellezést és a tanulmány elkészítését vállalták, illetve észrevételeikkel, kritikájukkal segítették a még munkafázisban lévő anyag végső formába öntését.

Jávor Benedek

TARTALOMJEGYZÉK

1. ÖSSZEFOGLALÓ

2. MAGYARORSZÁG JELENLEGI VILLAMOSENERGIA ELLÁTÁSA

3. A HAZAI VILLAMOSENERGIA ELLÁTÁST BEFOLYÁSOLÓ KIEMELT TRENDEK

4. 2050. ÉVI ELLÁTÁSI FORGATÓKÖNYVEK ÉS KIEMELT MEGVALÓSÍTÁSI KÉRDÉSEIK

Összefoglaló – 1/3.

Képes lesz Magyarország a 2050. évben saját természetes erőforrásaira támaszkodva megoldani villamosenergia ellátását? Vagy az orosz földgáz és szintén orosz nukleáris hasadóanyag függőség korszaka még akkor sem ér véget? Mert addig valódi energiaszuverenitásról nem beszélhetünk.

A világ legégetőbb problémája a globális éghajlatváltozás, amit az üvegházhatású gázok kibocsátásának évi 7,5%-os csökkentésével lehet megállítani. E cél elérése érdekében 2050.-re az EU és benne Magyarország is karbonsemleges kíván lenni. Ehhez a jelenleginél összességében kevesebb energiát és az összes energiafogyasztáson belül jóval több tiszta (nem fosszilis alapon előállított) villamosenergiát kell fogyasztanunk. Ez az Európai Zöld Megállapodás.

Dupla kihívás: a jelenleginél jóval nagyobb villamosenergia fogyasztást kellene pusztán a saját, megújuló erőforrásainkra támaszkodva kielégíteni. Jelen tanulmány ennek megvalósíthatóságát járja körbe a hazai villamosenergia ellátás jelenlegi helyzetéből kiindulva, figyelembe véve a legfontosabb nemzetközi trendeket és a 2050.-re várható árakat a villamosenergia termelésben, tárolásban.

Az eredmények biztatók!

**2050.-ben 100% megújuló forrású termeléssel meg lehet oldani hazánk villamosenergia ellátását.
Olcsóbban, mint a nukleáris vagy karbonleválasztással ellátott földgáz erőművekkel tarkított erőműi portfóliókban.**

Különböző villamosenergia termelő portfóliók teljes rendszerköltségre (erőmű + hálózat + kiegyenlítés) vetített fajlagos villamosenergia költségei 2050. évben:

1. 100% megújuló forrású portfólió: 81 EUR/MWh
2. Megújuló + nukleáris portfólió: 86 EUR/MWh
3. Megújuló + nukleáris + földgáz (karbonleválasztással) portfólió: 87 EUR/MWh

Összefoglaló – 2/3.

A naperőművek összes hazai teljesítménye 16-szorosára változott 2017. évhez képest és a fenntartható naperőmű potenciálnak még hetedénél sem járunk. A szélenergia hasznosítása talán végre újra fejlődésnek indul és jó kiegészítője lesz a naperőműveknek. Jelenleg még 3%-t sem használjuk a lakott területektől 4 km távolságra eső területek szélenergia potenciáljának. Mind a naperőműi, mind a szélerőműi villamosenergia termelés fajlagos költségei tovább csökkennek, és messze a legolcsóbb termelő eszközök lesznek 2050.-ben.

Az atomenergia karbonsemleges, megbízható villamosenergia forrás, relatív kis területen nagy mennyiségű energiát termel. Paks II. mindezt a jelenlegi állapotokhoz képest csekély extra hálózatfejlesztési, és zéró kiegyenlítő energia többletköltséggel tudná megtenni. Azonban az EU-ban rendkívül nehézkes az engedélyezése, szó szerint több ezer engedély szükséges a kivitelezéshez. A megvalósítási ütemezés-hosszabbítások, költség-cél túllépések hétköznapiak számítanak. Egy biztos: az atomenergia élettartamra vetített fajlagos termelési költsége a nap- és szélerőművek hasonló költségének többszöröse. Mégis versenyképes technológia, mivel egy teljes rendszer-költség szemléletben az időjárásfüggő megújulóknak jelentős hálózatfejlesztési és kiegyenlítő költségekkel is járnak.

10 éve zajlik Paks II. előkészítése, és még 10 év mire az erőmű elindulhat, miközben tavaly a Paks II. Zrt. költségei meghaladták a 13 milliárd Ft-ot. Az atomerőmű messze a legnagyobb beruházási igényű villamosenergia forrás, csak állami támogatással, és jelen esetben a finanszírozás 80%-ban orosz hitellel tud megvalósulni. Ennek az óriási pénznek, 13 milliárd euró, azaz 5000 milliárd Ft, nem megtérülő része a magyar adófizetőket terheli. Ezzel szemben a naperőművek és szélerőművek finanszírozásában az eddigi állami támogatást, KÁT / METÁR, kezdi felváltani a PPA (power purchase agreement) típusú finanszírozás, ahol a beruházó hosszútávú áramvásárlási szerződés alapján, a saját tőke mellett piaci hitelekből gondoskodik a kivitelezéshez szükséges pénzügyi forrásokról.

Összefoglaló – 3/3.

A 2050. évben a földgáz tüzelésű erőművek már csak karbonsemlegesítő segédberendezésekkel üzemelhetnek Magyarországon. Ezeket teljes egészében képesek lesznek kiváltani a H₂ tüzelésű gázturbinás erőművek, amelyek a jelenlegi költségbecslések alapján a karbonsemlegesítővel ellátott földgáz erőművekkel azonos költségszinten fogják előállítani a villamosenergiát.

A technológiai, pénzügyi kihívások és bizonytalanságok fényében Paks I. maximalizált üzemidő hosszabbítása helyes lépésnek látszik. Az új, korszerű, de hidrogén tüzelésre csak részben alkalmas földgáztüzelésű erőművek üzembe állításának indokai viszont megkérdőjelezhetők. Az öregedő hazai nagyerőmű portfolió, az időjárásfüggő naperőművek kiegyensúlyozásának félelmei, és a talán szerencsétlen időpontban megkötött hosszútávú orosz gázszállítási szerződés kötelezettségei együttesen indokolhatják ezt a döntést.

Az atomenergia-mentes zöld átálláshoz azonban rendkívüli erőfeszítések kellenek: sosem látott mértékű villamosenergia-hálózat fejlesztés, ma még nehezen hihető mennyiségű energiatároló, páneurópai hidrogén ellátó hálózat, és az EU folyamatos finanszírozási támogatása. Ez utóbbiban szerencsére eddig sem volt hiány. Sőt, másféle politikával még több pénzt kaphatott volna hazánk már a jelenlegi finanszírozási időszakban is.

A lényegi kérdés tehát elsősorban már nem gazdasági vagy technológiai, hanem politikai: hajlandó Magyarország egy kihívásokkal teli villamosenergia programot megvalósítani 2050.-ig, és függetlenné válni az orosz földgáztól, atomerőműi hiteltől, hasadóanyag importtól? Hajlandó ezért a jelenleginél is jobban összefogni, egy irányba menni Európával?

TARTALOMJEGYZÉK

1. ÖSSZEFOGLALÓ

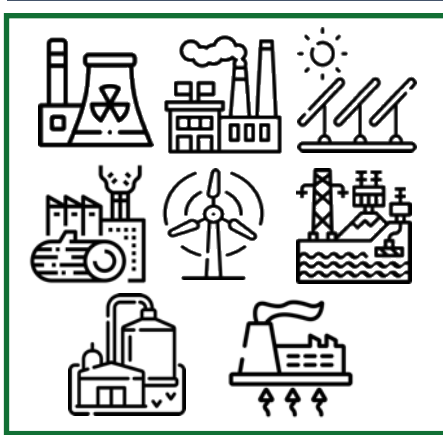
2. MAGYARORSZÁG JELENLEGI VILLAMOSENERGIA ELLÁTÁSA

3. A HAZAI VILLAMOSENERGIA ELLÁTÁST BEFOLYÁSOLÓ KIEMELT TRENDEK

4. 2050. ÉVI ELLÁTÁSI FORGATÓKÖNYVEK ÉS KIEMELT MEGVALÓSÍTÁSI KÉRDÉSEIK

Magyarország villamosenergia ellátási rendszere a fogyasztókból, hazai és import termelőkből, és az őket fizikailag összekötő hálózatból áll. A folyamatos ellátáshoz biztosítani kell a fogyasztás-termelés közel valós-idejű egyensúlyát is.

Termelők

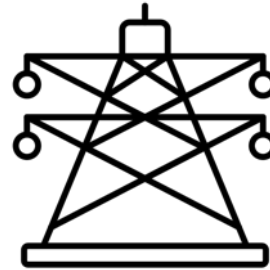


Hazai kapacitások

- 16 nagyermű (>50 MW)
- ~300 kiserőmű
- ~260 000 HMKE¹ (<50kW)

Import: 1,3 GW éves igény²

Villamosenergia hálózat



Átviteli és elosztó hálózatok

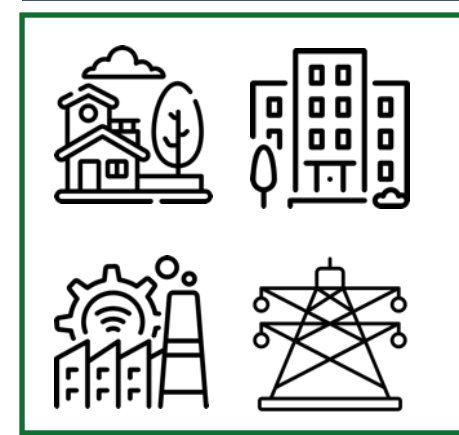
Átviteli hálózat

- 132 – 750 kV feszültség
- ~5000 km vezeték
- 36 állomás
- 8 GW import, 6 GW export kapacitás

Elosztó hálózat

- 0,4 – 132 kV
- ~170 000 km

Fogyasztók



- Lakosság: 12 TWh/év
- Cégek, közintézmények: 30 TWh/év
- Veszteségek: 4 TWh

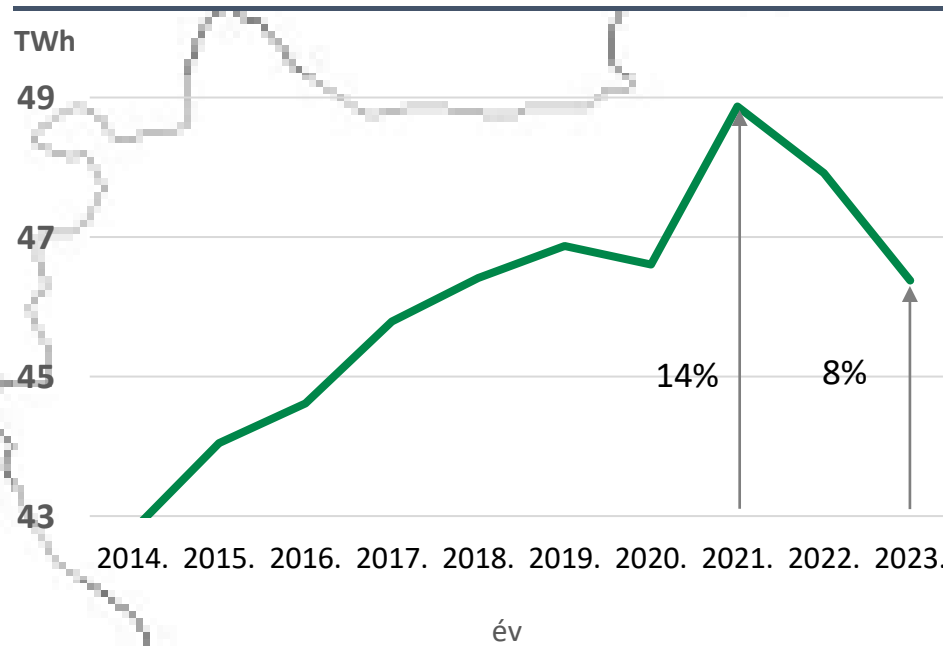


Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító
A magyar villamosenergia-rendszer (VER) egyensúlyának biztosítása

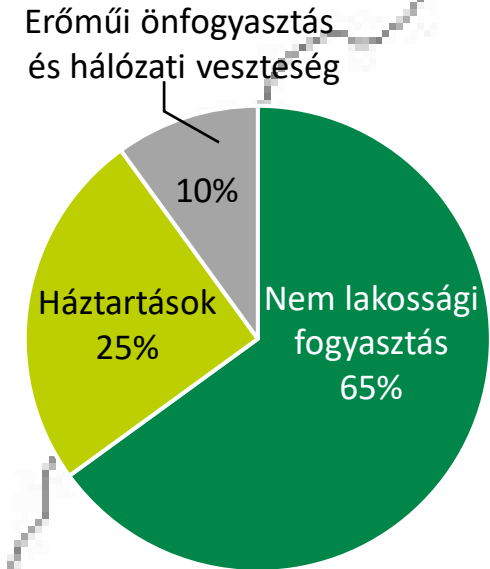
Fogyasztás és árak

Magyarország teljes villamosenergia felhasználása 2023.-ban 46,4 TWh volt, 8%-kal nőtt 2014.-hez képest, 2021. óta csökken.

Hazánk teljes villamosenergia felhasználása az elmúlt 10 évben

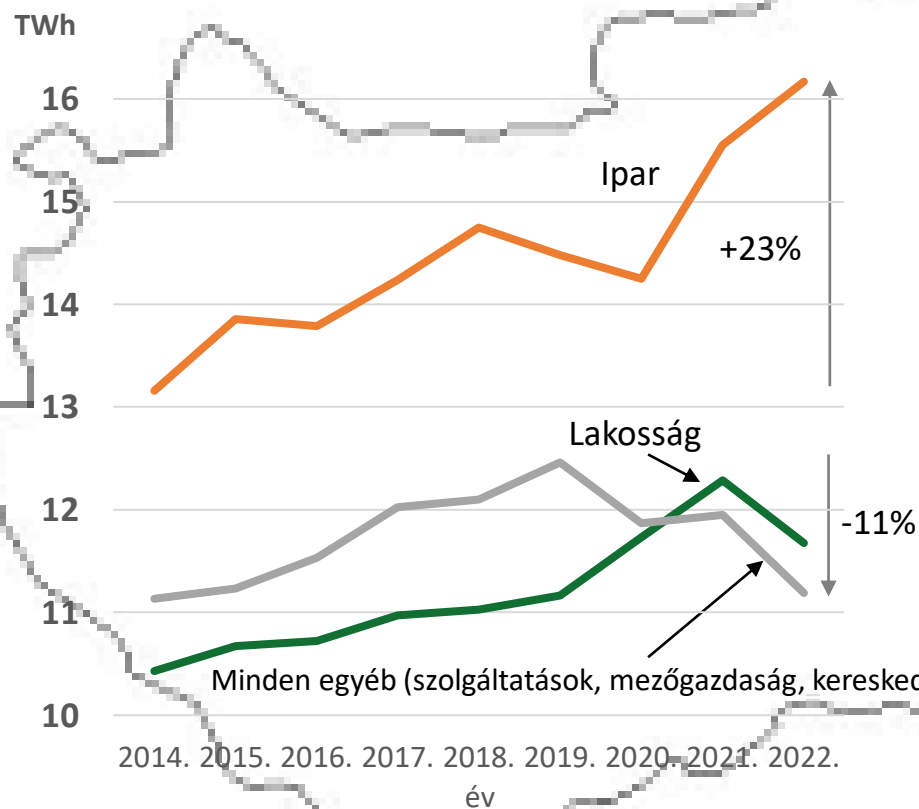


A felhasználás megoszlása, 2023.



A villamosenergia felhasználás több mint harmadáért felelős ipar fogyasztása 20%-ot meghaladó mértékben nőtt 2014. óta, a többi szektor felhasználása az utóbbi években csökken. A nem ipari vállalati és közigazgatási fogyasztás 11%-al csökkent a 2019. évi csúcshoz képest.

Az összes szolgáltatott¹ villamosenergia felhasználó szektoronként 2014.-2022.



A szektorok villamosenergia fogyasztásának jellemzése

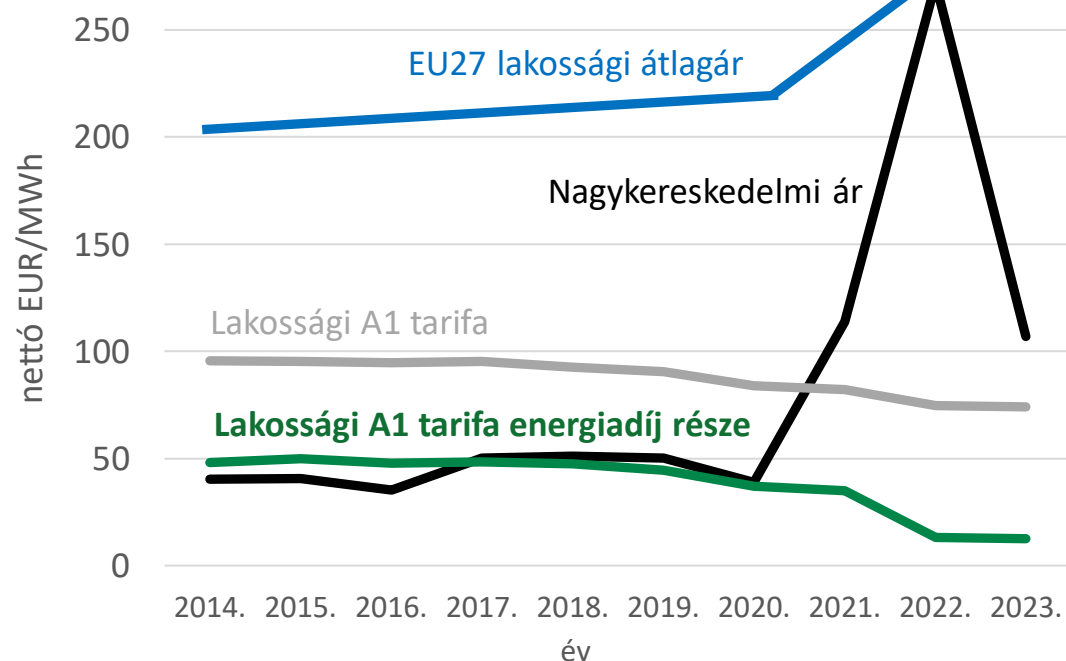
Az ipar szerepe meghatározó, az összes felhasználás több mint harmada. Növekvő trend, amit tervezett nagyberuházások, BMW / CATL, még tovább emelhetnek.

A háztartások folyamatosan növekvő fogyasztását (itt hálózati vételezését) megtörte a rezsivédelem módosítása, valamint az önellátás mértékének növekedése.

Az egyéb szektorok 2019.-ig növekvő fogyasztása előbb a COVID járvány, majd a jelentős 2022. évi piaci villamosenergia ár növekedés hatására lejtmenetben volt, 2022.-ig 11%-ot csökkent a 2019. évi csúcshoz képest.

Miközben 2021. évben „elszálltak” a hazai piaci árak alapjául szolgáló nagykereskedelmi villamosenergia árak, addig a rezsivédett lakossági ár euróban még csökkent is. A rezsivédelem nem ösztönzi a lakosságot takarékosagra, és hatására az elmúlt 10 évben mintegy 2 Mrd. EUR-al kevesebb pénz jutott hálózatfejlesztésre.

Hazai és EU27 villamosenergia árak 2014.-2023.



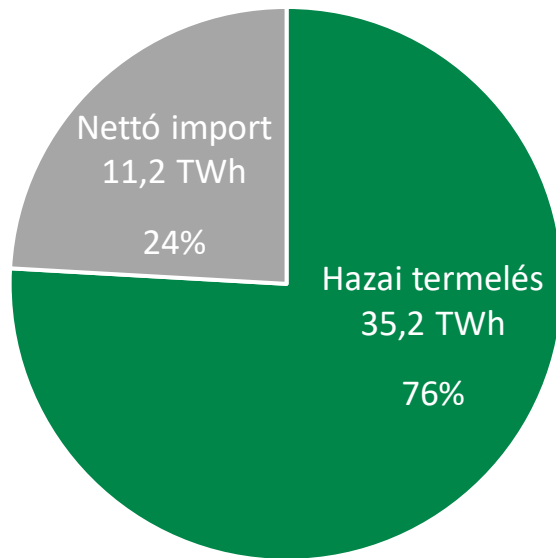
Megjegyzések

1. A lakossági A1 tarifa szerkezete 2021.-ig 50% energiadíj és 50% RHD² volt. 2021. óta a teljes ár több mint 80%-a RHD, 2523 kWh éves fogyasztási határig.
2. Az A1 tarifa forintban változatlan az elmúlt 10 évben, az ábra csökkenő trendje az EUR/HUF árfolyam emelkedése miatt van.
3. Az A1 tarifában 2022. augusztus 1.-től bevezetésre került a 2523 kWh/év fogyasztási limit. E fölött lakossági piaci ár van érvényben. Az RHD egyenlő mindkét kategóriában.
4. A rezsicsökkentés hatásaként az EU 27 lakossági áram átlagárát figyelembe véve (200-250 EUR/MWH ebben az időszakban,) mintegy **2 Mrd EUR RHD bevételtől estek el a hálózatüzemeltető cégek az elmúlt 10 évben, amit hálózatfejlesztésre költhettek volna.**

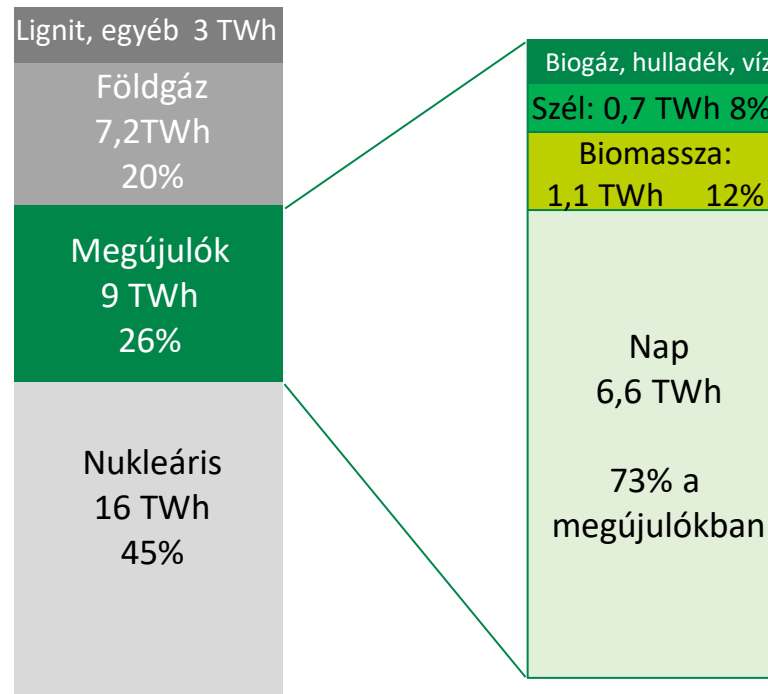
Termelés és import

2023.-ban a villamosenergia fogyasztás 76%-át, 35 TWh, fedezte a hazai termelés. Ennek 45%-a, 16 TWh volt a paksi atomerőmű termelése és egynegyede, 9 TWh, származott a megújulókból.

Magyarország villamosenergia ellátása 2023.évben, TWh

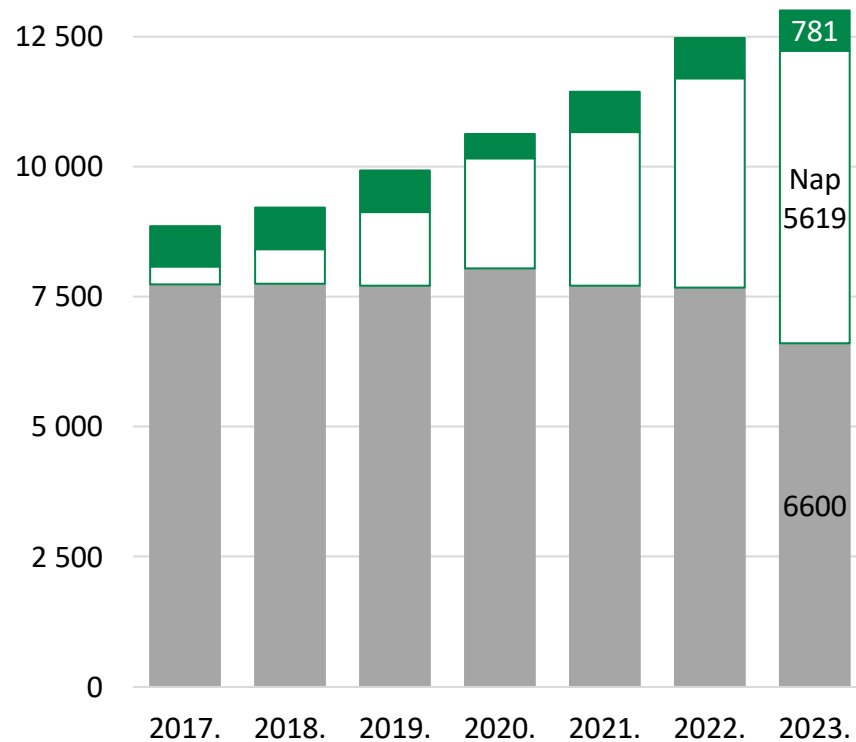


A hazai villamosenergia termelés forrása szerint 2023. évben, TWh

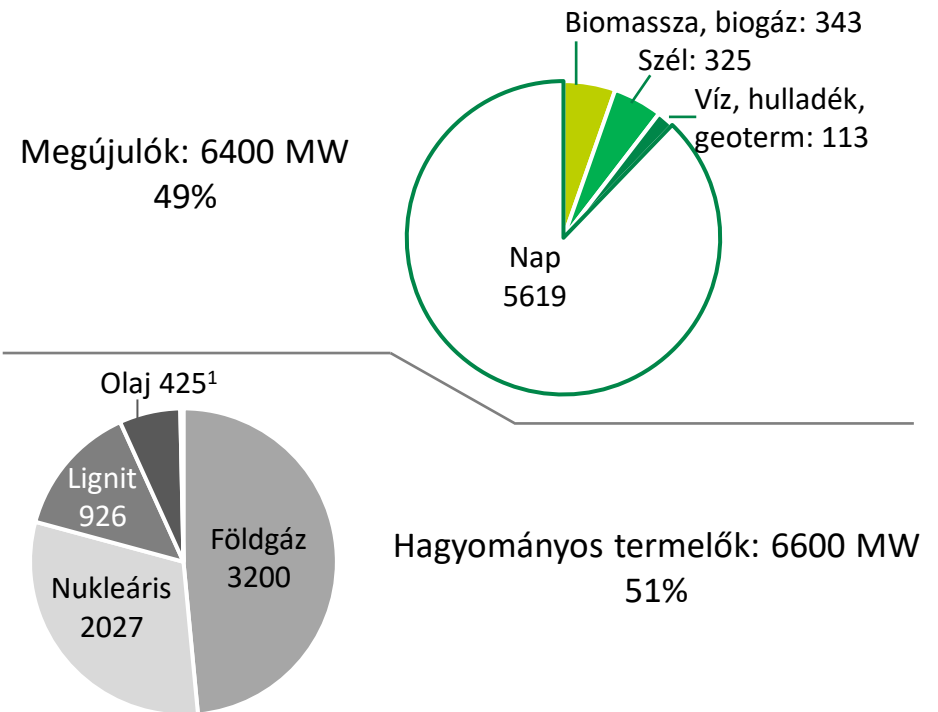


Magyarországon 2023. végén 13 000 MW beépített villamosenergia termelő kapacitás volt, amelynek fele megújuló forrású termelő. Az elmúlt 7 évben naperőmű „boom” zajlik, hagyományos nagyerőmű viszont több mint egy évtizede nem épült.

Hazai bruttó villamosenergia termelő kapacitások 2015.-2023. évben, MW



Hagyományos és megújuló bruttó villamosenergia termelő kapacitások 2023., MW



A hagyományos termelő kapacitások csökkennek, az öreg, fosszilis termelők kivezetésre kerülnek.

Az időjárásfüggő megújulók átlagos kihasználhatósága jóval alacsonyabb, mint a hagyományos erőműveké, ezért a termelő kapacitások felét jelentő megújulók csak a hazai villamosenergia termelés 26%-t állítják elő.

Hazai megújulók éves átlagos kapacitás kihasználtsága 2023. évben, óra/év, %



Naperőművek: 1350 óra, 15%



Szélerőművek: 2000 óra, 23%



Vízi erőművek: 3610 óra, 41%



Biomassza-biogáz tüzelésű erőművek:
4000 óra, 46%

Megújuló termelők portfólió átlaga: 16%

Hazai hagyományos erőművek átlagos kihasználtsága 2023. évben, óra/év, %



Nukleáris erőmű: 7850 óra, 90%



Lignit tüzelésű erőmű: 2710 óra, 31%



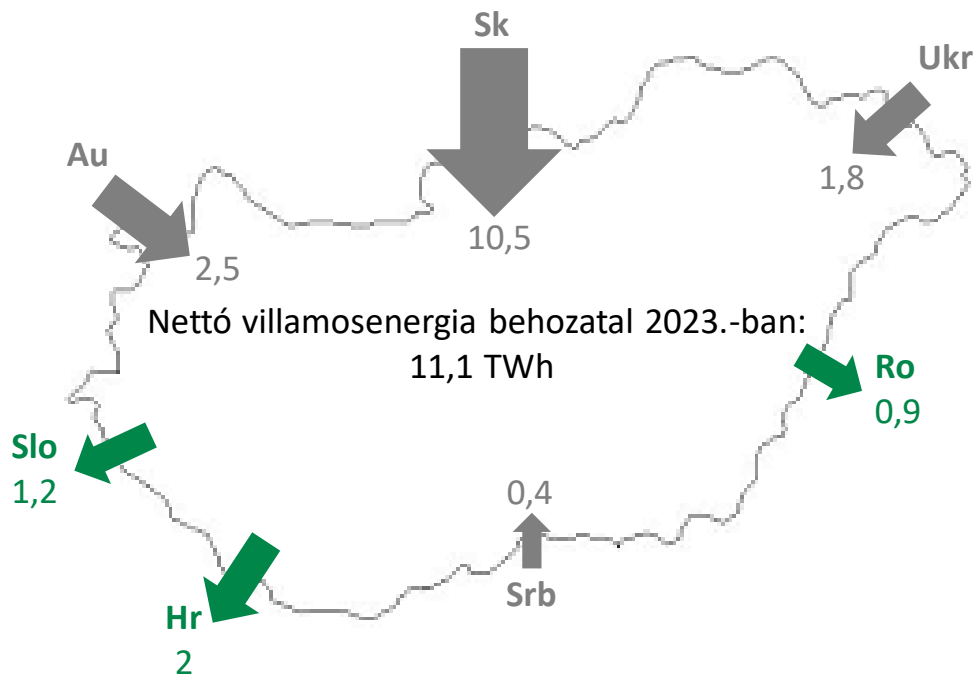
Földgáz tüzelésű erőművek:
2250 óra, 26%

Hagyományos erőművek portfólió átlaga: 45%

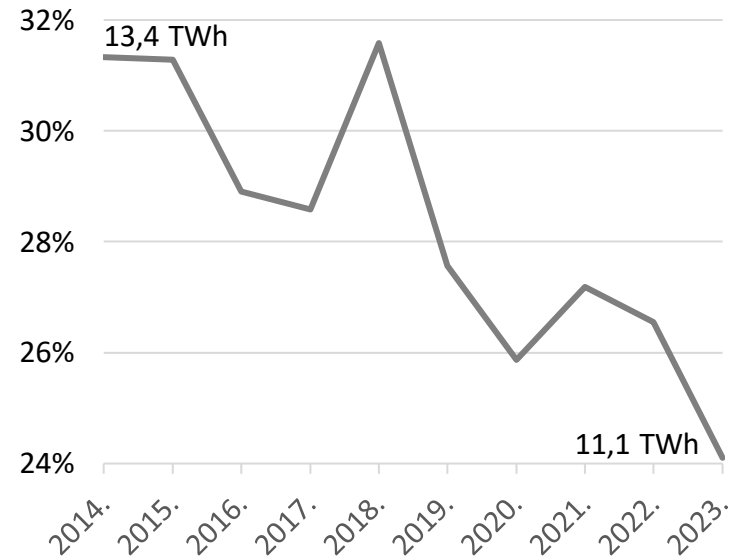
2023. évben a hagyományos erőművi portfólió minden egyes MW-ja csaknem háromszor annyi villamosenergiát termelt mint a megújuló portfólióé.

A VER működését jelentős mértékben segíti a hazai megoldások mellett az import-export lehetőség. A 2023. évi hazai fogyasztásának 24%-át, 11 TWh, import fedezte. Ez az elmúlt évtized legalacsonyabb értéke, és a tendencia csökkenő, a 2023. évi import 12%-al, alacsonyabb mint a 2014. évi.

Éves villamosenergia **import-export** szaldó országoként 2023., TWh



Import részaránya a hazai villamosenergia fogyasztásban 2014.-2023., %



A 2018. évi magas import, az időszakosan 1,2 TWh-val visszaeső hagyományos forrású hazai termelés miatt volt.

Hálózat és rendszeregyensúly

Magyarország villamosenergia hálózata jól felépített, de karbantartása és fejlesztése jelentős elmaradásban van a megújuló forrású, decentralizált termelés támogatása szempontjából, aminek egyik fő oka az elmúlt évtized finanszírozási hiánya.

A hazai villamosenergia hálózatok fő jellemzői

Fő kihívások

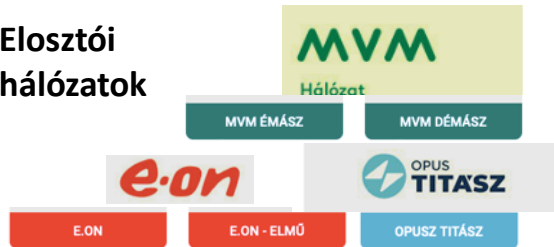
Átviteli hálózat



- Nagyfeszültség (NAF): 132 - 750 kV feszültség szintű vezetékek
- Összesen ~5000 km vezeték
- 36 transzformátor állomás
- Határkeresztező kapacitás: 8 GW import, 6 GW export

- Az elosztói hálózatból jövő termelésre („visszaram”), alpból nincs felkészítve a hálózati hierarchia. Transzformátor, alállomás fejlesztések és egy idő után vezeték kapacitás fejlesztések is szükségesek.
- Nincs már szabad csatlakozási kapacitás a NAF transzformátor állomásokon (NAF/KÖF), kiépítésük költséges.
- A határkeresztező kapacitásokat növelni kell a megújuló termelők kapacitásának növekedésével, hogy a folyamatos export-import, a nemzetközi együttműködés segíthessen a termelői volatilitás kezelésében.

Elosztói hálózatok



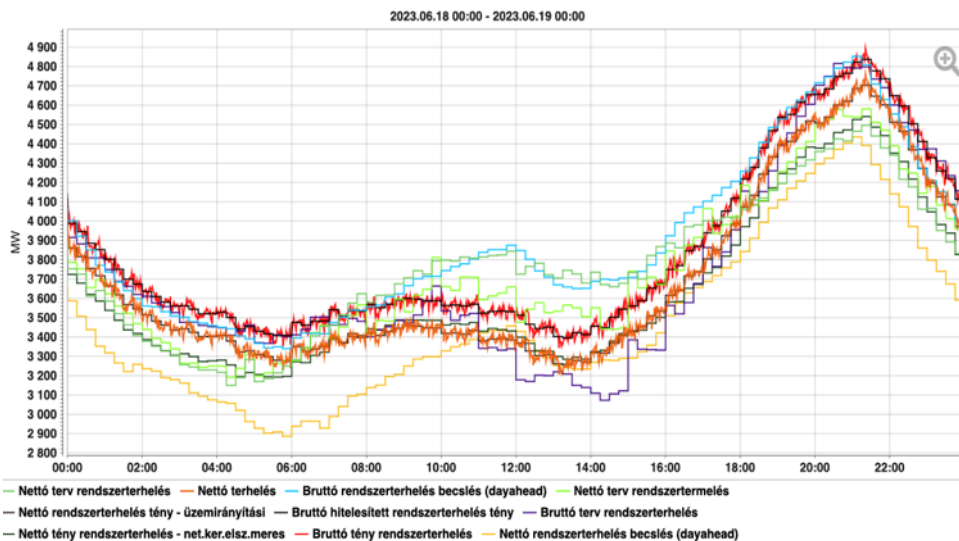
- Közép- és kiefeszültség (KÖF, KIF)
- 0,4 – 132 kV feszültség szintek
- ~170 000 km teljes vezeték hossz

- Rohamosan növekvő naperőmű csatlakozási igény minden feszültség szinten.
- Nincs már szabad csatlakozási kapacitás a KÖF transzformátor állomásokon, kiépítésük költséges.
- A hálózatfejlesztési és kiegyenlítési költségeket az elosztók megpróbálják a naperőmű beruházókra hárítani: csatlakozási stop; pályáztatás szabad / kiépítendő csatlakozási kapacitásra; kötelező energiatároló építés naperőmű mellé (fél éven belül visszavonásra került) majd kötelező naperőműi aFRR¹ akkreditáció előírása, mindez a 2022.-2023. évek során.

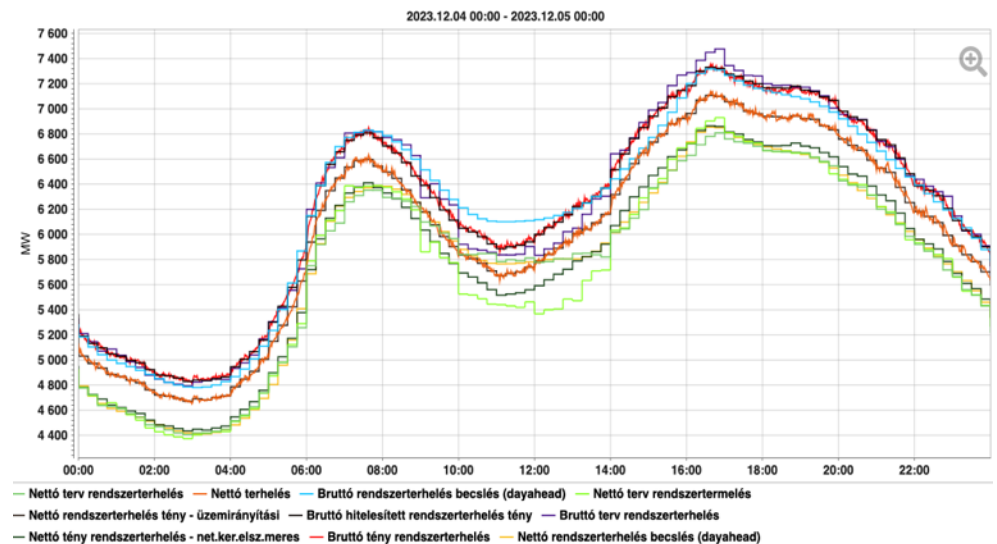
A rezsi csökkentés jelentősen csökkentette a lakosság rendszerhasználati díj befizetéseit, ami a hálózatfejlesztés egyik fő forrása. Évente mintegy 80 milliárd Ft-ot von el ez az intézkedés a hálózatfejlesztésre költhető összegekből.

A magyar villamosenergia-rendszer (VER) kiemelt jellemzője a rendszerterhelés. Ez az érték mutatja az önellátáson kívüli teljes hazai fogyasztás teljesítmény igényét. ~3300 MW és ~7300 MW között változott 2023.-ban, tehát legalább 3300 és legfeljebb 7300 MW villamosenergia termelő kapacitás volt szükséges a fogyasztás-termelés egyensúlyának fenntartásához.

A VER terhelése 2023. június 16.-án, óras bontásban, az éves minimum, ~3300 MW, napján



A VER terhelése 2023. december 12.-én, óras bontásban, az éves csúcsterhelés, ~7300 MW, napján



A déli órák környékén látható jellegzetes terhelési gödör a saját felhasználású, önellátó, úgynevezett „mérőóra mögötti” naperőművi termelés miatt van.

A MAVIR a rendszeregyensúly fenntartásához úgynevezett kiegyenlítő szabályozási kapacitásokat és kiegyenlítő energiát igénybe. A szükséges kapacitás mennyisége 2023. évben mintegy 1400 MW volt, aminek többszöröse áll jelenleg rendelkezésre.

MAVIR által biztosított kiegyenlítő kapacitások
Európai Bizottsági rendelet 2017/1485 - System
Operation Guideline alapján

Rövidítés	Tartalék szerepe	Szükséges mennyiség
FCR	Frekvenciatartási tartalék	40 MW
aFRR	Automatikus frekvencia-helyreállítási tartalék	+ (fel) 100-306 MW - (le) 130-417 MW
mFRR	Kézi frekvencia-helyreállítási tartalék	+ 300-394 MW - 7-248 MW
A tartalékok erőművi, energiatárolói, vagy fogyasztói kapacitások, amelyek az egyes tartalék kategória elvárásoknak megfelelő sebességgel képesek villamosenergiát termelni vagy fogyasztani, ezzel a hálózati frekvencia-változást megállítani, illetve a megváltozott frekvenciát helyreállítani.		

A hazai erőművek rendelkezésre álló szabályozhatóság szerinti teljesítőképessége 2022. végén.

Kategória	Tartalék típus	Mennyiség, MW
Nagyerőművek	aFRR	2216
	mFRR	3431
Kiserőművek	aFRR	1057
	mFRR	816
Összesen	aFRR	3274
	mFRR	4247

Az utóbbi 10 évben hazánkban is megjelentek a VER kiegyensúlyozásában segítő modern rugalmassági eszközök és megoldások: az aggregátorok (más néven: virtuális erőművek, szabályozási központok), a hálózati csatlakozással rendelkező villamosenergia tárolók, és 2023.-ban már az energiaközösségek is.

Aggregátorok



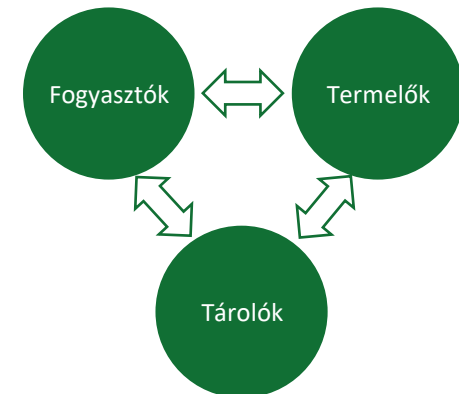
- Cél: rugalmassági kapacitások összefogása és felajánlása rendszerszintű szolgáltatásra
- 73 engedélyes cég
- ~300 MW rendszerszintű szolgáltatásra akkreditált teljesítmény

Villamosenergia tárolók



- 7 üzemben lévő telephely
- 30 MW teljesítmény
- 40 MWh tárolható energia
- További 123 MW / 206 MWh már engedélyezve van
- A forgó tartalékok mellett a leggyorsabban reagáló rendszerszintű tartalék
- Termelők mellé telepítve kiválóan alkalmas a menetrendi eltérések és a napi kiegyenlítetttség kezelésére

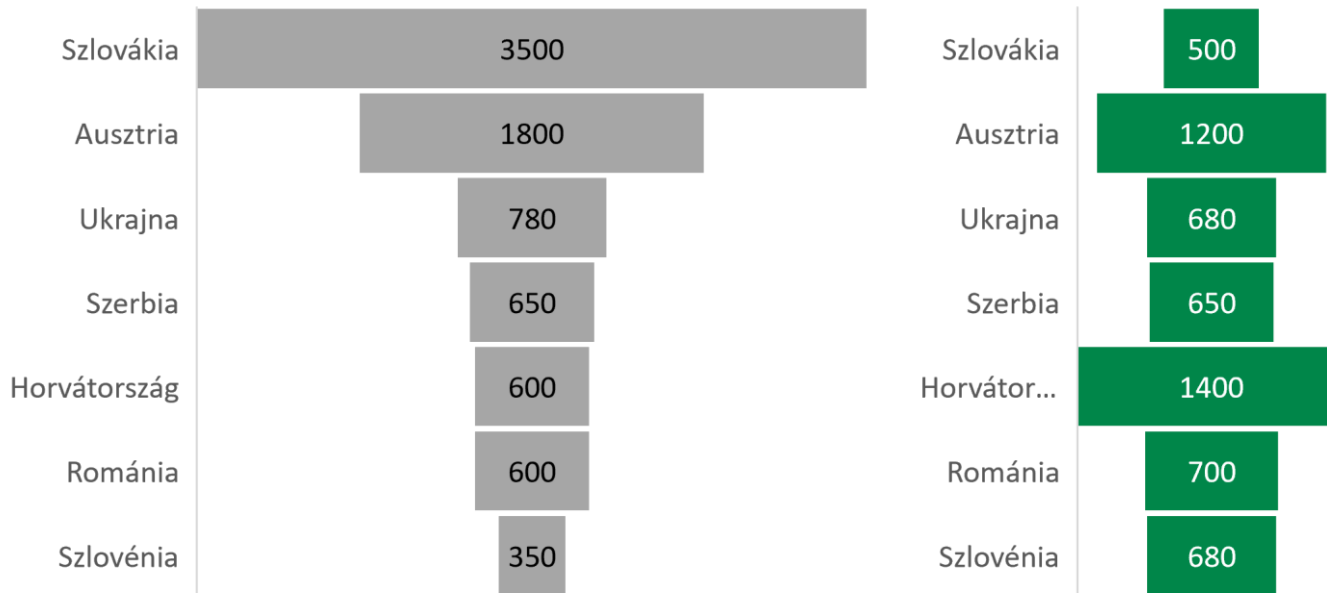
Energiaközösségek Lokális termelő-elosztó- fogyasztó közösségek



- Cél: helyi termelés és fogyasztás költség-optimalizálása, tagok közti adás-vétellel
- 4 darab engedélyes
- Előnye, hogy a helyi, úgynevezett transzformátorkörzet szintjén kiegyensúlyozza a termelést-fogyasztást

Jelenleg Magyarország mintegy 8 GW import és 6 GW export, a VER kiegyensúlyozásában egyre fontosabb szerepet kapó villamos hálózati határkeresztező kapacitással rendelkeznek. Ez hazánk villamosenergia kapacitásaihoz képest jónak számít az EU-ban.

Legnagyobb igénybe vett határkeresztező villamosenergia **import** és **export** kapacitások országonként 2023. december – 2024. február között, MW

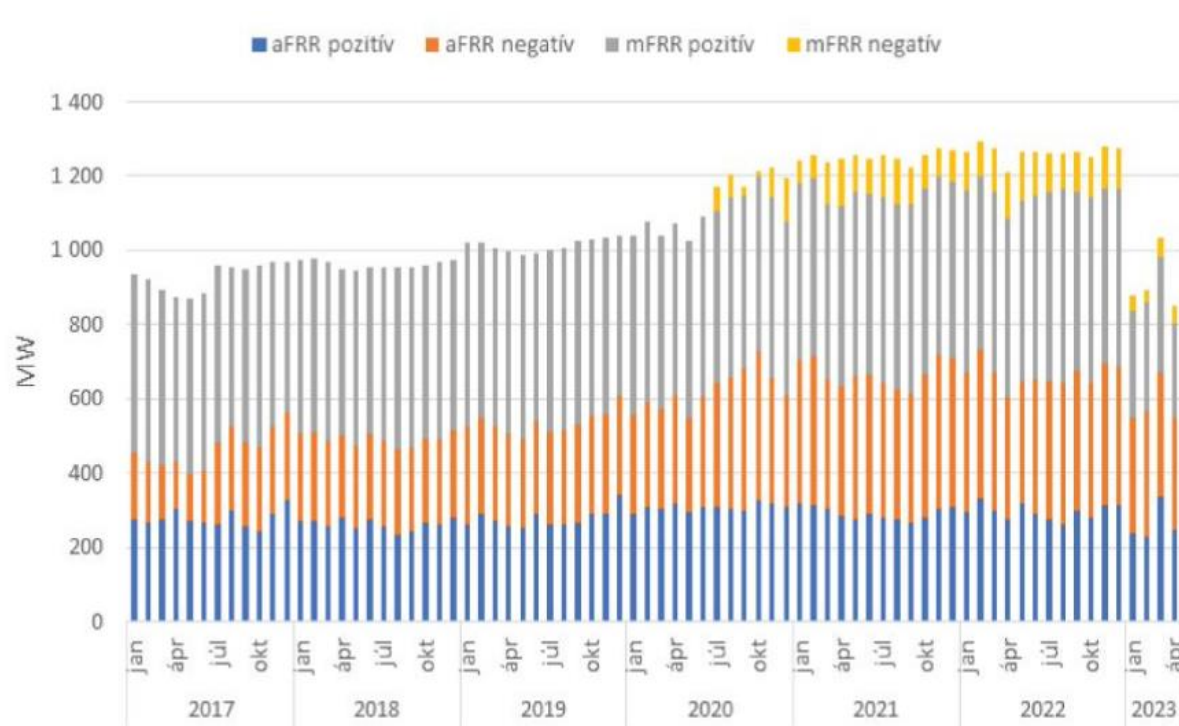


Az időjárásfüggő villamosenergia termelők ellenzői gyakran említik, hogy ezek VER-be integrálhatósága egyre több kiegyenlítő szabályozási kapacitást igényel. Ez igaz, de nemzetközi piac-összekapcsolási, import-export eszközökkel is kezelhető.

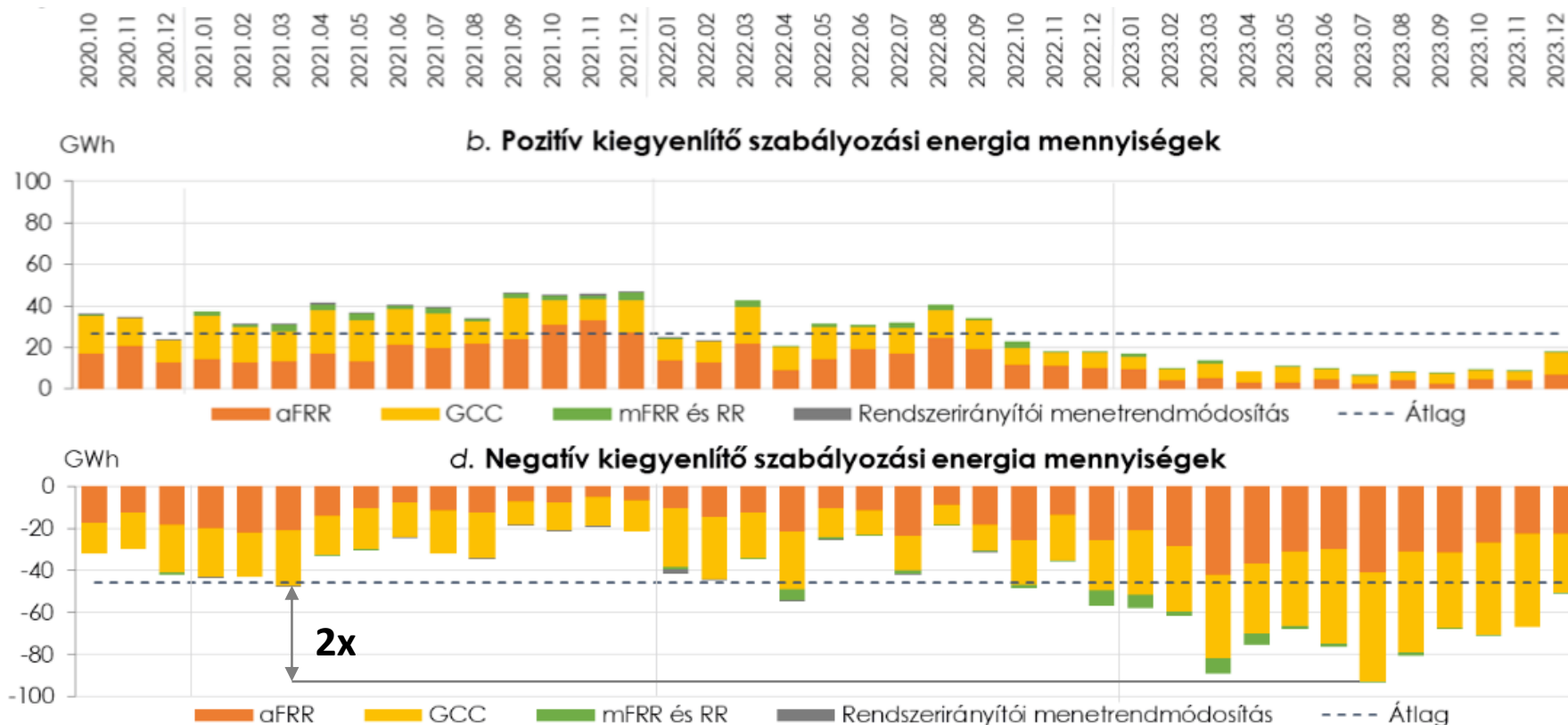
A MAVIR által tényszerűen igénybe vett kiegyenlítő szabályozási kapacitások mennyisége és szerkezete, 2017. – 2023.

Megjegyzések

1. 2017- 2023. között a VER-ben 16-szorosára, 350-ről 5620 MW-ra nőtt a naperómű termelő kapacitás.
2. Ezzel párhuzamosan az ábrán látható módon, 2017. januárjához képest még csökkent is az összes szükséges kiegyenlítő szabályozási kapacitás 2023. áprilisára. Ebben közrejátszott, hogy a MAVIR-nak 2023. január 1.-től át kellett térnie EU iránymutatás alapú tartalék meghatározási módszertanra.
3. Az új módszertan szerinti hazai kapacitás elegendő volt a naperómű állomány kiegyensúlyozására, mivel kiegyenlítő energiát már külföldről is be lehet szerezni.



A rendszeregyensúlyt biztosító kiegyenlítő energia mennyiségek trendje alapján lehet következtetni a naperőművi termeléssel együtt növekvő negatív kiegyenlítési igény (menetrendhez képesti túltermelés miatt) növekedésre, ennek csúcsigénye duplájára nőtt 2021. óta.



Finanszírozás

Az elmúlt évtized termelő beruházásainak finanszírozása állami és EU-s támogatásokra épült. Új erőmű tisztán piaci alapú finanszírozása 2021.-ig az alacsony (<50 EUR/MWh) nagykereskedelmi áram árak miatt nem volt reális. Kivétel az önellátásra tervezett (RHD-t kiiktató) naperőmű, amely már piaci alapon is megtérült 2020.-tól.

Az elmúlt évtized hazai finanszírozási lehetőségei az egyes villamosenergia technológiákban

Típus	Nagyerőmű	Kiserőmű
Nukleáris	Paks II. terv: 1/5 rész állami finanszírozás, 4/5 orosz hitel.	-
Szén/lignit	Az utolsó lignit alapú beruházási tervek 2016.-ban állami támogatást feltételeztek.	-
Földgáz	Az utolsó ilyen 2011.-ben Gönyűn az E.ON beruházásában, piaci alapon létesült, az E.ON akkori gázpozíció alapján.	Gázmotorok 2010.-ig KÁT (egyedileg esetleg hosszabbítva), majd piaci alapon hőértékesítéssel.
Turbina olaj	Az MVM Balance tartalék erőművei 25 éve épültek.	-
Biomassza	KÁT, felújításra METÁR, piaci alapon nem versenyképes	KÁT, felújításra METÁR 2021.-től
Nap	-	KÁT, METÁR 2021.-ig, önellátásra piaci alapon PPA ¹ , háztartási méretű (<50kW) állami támogatással
Szél	-	Anno KÁT, de 2010. óta nincs kiírásban
Víz	-	KÁT, METÁR
Geotermia	-	KÁT, METÁR
Biogáz	-	KÁT, METÁR
Energiatároló		Állami támogatás
Hálózat	Hagyományosan a fogyasztók finanszírozásában a rendszerhasználati díjon keresztül. Utóbbi években az EU is finanszírozza a hálózatfejlesztést, MAVIR 50%-os EU támogatást kap a naperőművek miatt szükséges fejlesztésekre.	

1) PPA, power purchase agreement – hosszútávú áramvásárlási szerződés

Az Európai Zöld Megállapodás vezérli az EU energetikai reformját, benne a villamosenergia szektor átalakítását is a megújuló energetika által. Az EU több száz milliárd eurót költ ebben a finanszírozási időszakban az átállásra, amiből hazánk, méretéhez képest, igen jelentős összegeket kap.



- Zéró nettó ÜHG kibocsátás 2050-re
- Gazdasági növekedés és az erőforrásfelhasználás szétválasztása
- Senki és semmilyen régió nem maradhat le → kohézió

Modernizációs alap
Magyarország: 2,5 Mrd EUR keret

Helyreállítási és ellenállóképességi eszköz
Magyarország: 10,4 Mrd EUR keret

Kohéziós intézkedés
Magyarország: 21,7 Mrd EUR keret

2021. – 2030. között

- Megújulók, energiahatékonyság, energiátárolás, energiahálózatok, karbon átmenetben lévő régiók támogatása
- EU ETS értékesítésből származó és a direktíva alapján leosztott összeg 13 „szegényebb” EU-s ország számára

2020. – 2026. között

- COVID kilábalásra – 5,9 Mrd EUR
- REPowerEU keret – 4,6 Mrd EUR
- Magyarország: 6,5 Mrd EUR támogatás és 3,9Mrd hitel; 67%: 7 Mrd. EUR klímacélokra
- Összesen 67 hazai reform és 47 beruházás, villamosenergia hálózatfejlesztés támogatása is köztük van
- Folyósítás eddig előfinanszírozásként : 920 mEUR (REPowerEU keret 20%-a)

2021. – 2027. között

- Terület- és településfejlesztés, digitális, közlekedés- és gazdaságfejlesztés
- Főleg fejletlen / átmenetben lévő gazdasági régióknak
- 445 mEUR érkezett eddig, 10 Mrd. EUR elérhetővé vált, többi zárólva

TARTALOMJEGYZÉK

1. ÖSSZEFOGLALÓ

2. MAGYARORSZÁG JELENLEGI VILLAMOSENERGIA ELLÁTÁSA

3. A HAZAI VILLAMOSENERGIA ELLÁTÁST BEFOLYÁSOLÓ KIEMELT TRENDEK

4. JÖVŐBENI ELLÁTÁSI FORGATÓKÖNYVEK ÉS KIEMELT MEGVALÓSÍTÁSI KÉRDÉSEIK

A globális éghajlatváltozás korlátozása, és a fenntartható növekedés kapcsán jelentős változáson megy át a világ villamosenergia ipara. Az EU pedig élen jár a az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátásának csökkentése, és a teljes karbonsemlegesség felé vezető úton.

Világtrendek az energia szektorban

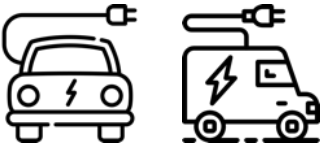





Európai Zöld Megállapodás



- Zéró nettó ÜHG kibocsátás 2050.-re
- Gazdasági növekedés és az erőforrásfelhasználás szétválasztása
- Senki és semmilyen régió nem maradhat le → kohézió

Az elektrifikáció könnyen megduplázza hazánk jövőbeni villamosenergia fogyasztását. A közlekedés, a lakossági fűtés, az ipari és szolgáltatási szektor hőellátásának elektrifikációja a jelenlegi fogyasztásokra vetítve mintegy 47 TWh extra villamosenergiát igényelne évente.

Közúti közlekedés	Háztartások	Ipar	Szolgáltatások és kereskedelem
			
<p>Elektromos személygépkocsik</p> <ul style="list-style-type: none"> • A közúti közlekedés primer energiafelhasználás 2/3-a • 4 millió személygépkocsi • 10e km átlagos évi futás • 20 kWh/100 km <p>8 TWh villamosenergia igény teljes elektrifikációnál</p> <p>Elektromos egyéb jármű</p> <ul style="list-style-type: none"> • Közúti közlekedés primer energiafelhasználás 1/3-a <p>8 TWh teljes elektrifikációnál</p> <ul style="list-style-type: none"> • 70% elektrifikáció, 30%: hidrogén + bioetanol hajtás <p>Becslés: 11 TWh igény</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hőszivattyúk (Heat-pump - HP) • 150 PJ/év gáz és biomassza fogyasztás • HP villany-hő konverzió: 300% • Teljes kiváltás: 14 TWh • 70% elektrifikáció, 30%: biomassza, geotermikus és hidrogén <p>Becslés: 10 TWh igény</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromos kohászat • Elektromos alapú hő- és gőztermelés: vegyipar, gyógyszergyártás, papíripar, élelmiszeripar, ital- és dohánytermék gyártás • 180 PJ teljes ipari energia fogyasztás • 58 PJ villamosenergia és 122 PJ hő fogyasztás • 70% elektrifikáció és 10% határfok növelés villamosenergia – hő konverzió miatt <p>Becslés: 21 TWh igény</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hőszivattyúk • Elektromos kazánok • 80 PJ teljes energia fogyasztás • 40 PJ villamosenergia és 40 PJ hő fogyasztás • 80% elektrifikáció és 20% hidrogén tüzelés • 70% hőszivattyú és 30% elektromos kazán • Hő előállítás határfok növelés hőszivattyú és elektromos kazán villamosenergia – hő konverzió miatt <p>Becslés: 5 TWh igény</p>

Az energiahatékonysági intézkedésekkel, az épületszektor energetikai korszerűsítésével, a közösségi közlekedés és a távmunka támogatásával, az ipari szektor megtakarításaival, például a kőolajfinomító kapacitások jelentős csökkentésével, mintegy 10 TWh/év villamosenergia megtakarítást lehet elérni. A nettó növekmény így is 37 TWh/év.

Energiahatékonysági akciók villamosenergia fogyasztás csökkentő hatása



Épületek – max. 7 TWh villamosenergia megtakarítás

- Épületek energiatakarékosságának növelése (lakóépületek 40%-a a legrosszabb energiahatékonyságú besorolásban van, ennek 90%-a lakóház – 850 000 Kádár kocka) - fókuszált mélyfelújítási program szükséges
- Új építésű házak követelményeinek szigorúbb ellenőrzése
- 2050.-re akár 20-50% fűtési energia is megtakarítható. Az elektrifikációnál számolt, fűtést kiváltó többlet villamosenergiára vetítve (háztartások és kereskedelem-szolgáltatás: 15 TWh) ez 3-7,5 TWh megtakarítást jelent.



Közlekedés – max. 2 TWh villamosenergia megtakarítás

- Távmunka ösztönzése
- Közösségi közlekedés támogatása
- Összesen 10%-al kevesebb közúti közlekedés

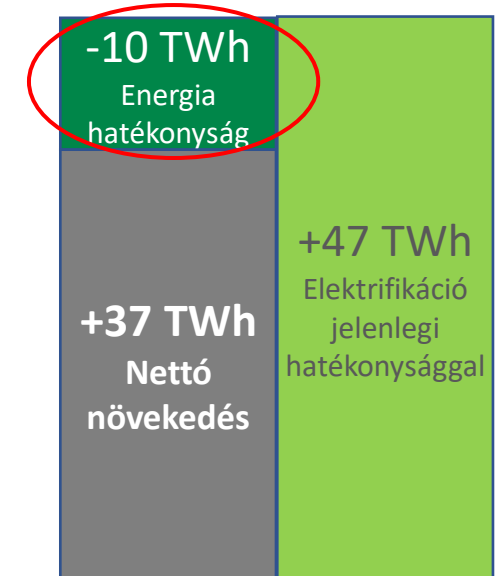


Ipar – növekedés ellensúlyozza a megtakarítást

- EKR+ – energiahatékonysági kötelezettségi rendszer
- Jelentős kőolaj finomítási energiafelhasználás csökkenés
- De növekvő ipar, új villamosenergia nagyfogyasztók

Egyéb – max. 1 TWh megtakarítás

Hatékonyabb nagyfogyasztó eszközök mindenhol

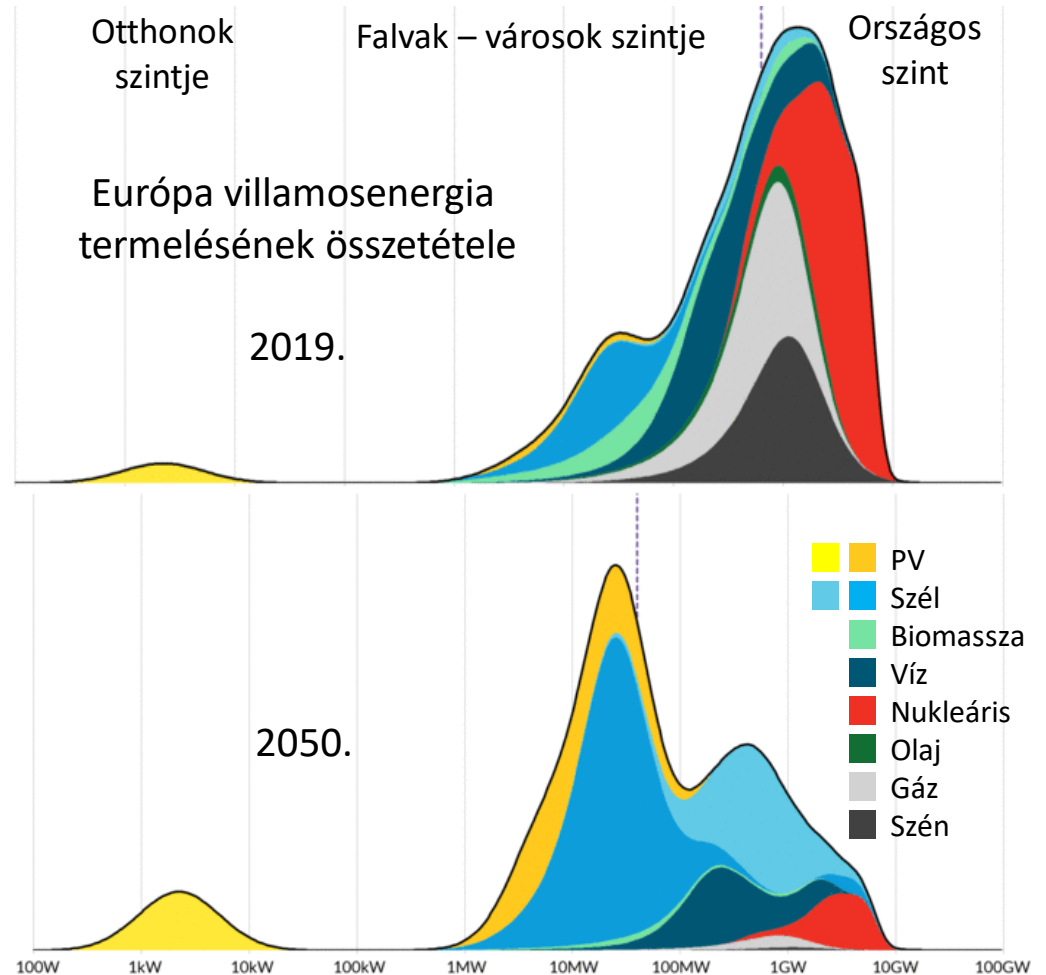


Egyre több kiserőmű jelenik meg az elosztóhálózatban. Termelésüket legjobb helyben felhasználni, így a hálózatfejlesztést és a hálózati veszteségeket is el lehet kerülni. Az önellátás terjedése azonban egyre kisebb bevételekhez juttatja a hálózatüzemeltetőket, pedig pont a decentralizáció fokozásához egyre költségesebb hálózatok szükségesek.

Decentralizáció

- 2050.-re az átlagos erőmű méret a GW szintről a 100 MW szintre kerül Európában.
- A erőműi portfólió súlyvonala átkerül az országos szintű erőmű méret-tartományból (1 GW) a városi tartományba (50 MW).
- A lakossági és egyéb kisméretű önellátás (1-10 kW) mértéke a 6-8 szorosára nő.

Jelentős elosztó hálózat fejlesztési igény



A növekvő számú termelő működésének optimalizálása, az energia elosztása és a rendszeregyensúly tartása egyre több mérést, elemzést, beavatkozást, jelentős számolási kapacitást igényel. Már mesterséges intelligencia segít például az optimális naperőműi telephely kijelölésében.

Digitalizáció

- Optimális hálózat tervezés
- Naperőmű, szél erőmű helyszínválasztás AI segítségével
- Automatizált import-export kereskedelmi rendszerek
- Automatizált, valós idejű nemzetközi kíségetés a kiegészítésben

1. „Okos” hálózati elemek

- Okosmérők – akár valós idejű fogyasztás és termelés mérések
- Intelligens transzformátorok és inverterek – terhelés követő, önszabályozó rendszerek
- Intelligens EV töltők – figyelik a töltési kapacitást, az áramfelvevő képességet, a villanyárat, a töltésre rendelkezésre álló időt
- Okos szenzorok – logikával rendelkező hőmérséklet, nyomás, páratartalom, áramlási sebesség mérők

2. Mesterséges intelligencia rendszerek (MI / AI)

- Önfejlesztő rendszerek prediktív elemzésre - „mintázatok”, összefüggések azonosítására az üzemvitelben, például turbinák égésterében → hatásfok optimalizálás, meghibásodások elkerülése
- Hálózati modellezés és hálózattervezés - időjárás-előrejelzések és internetes keresési statisztikák alapján a villamosenergia-igény ugrásszerű változásának előrejelzése
- MI alapú szabályozási központok – decentralizált hálózatok energiaelosztásának optimalizálása
- Naperőmű helyszínválasztás térinformatikai adatok alapján: Opt4Sol.AI

3. A tárgyak internete (IoT)

- Az MI platformok gyakran intelligens szenzorokból és IoT-eszközökből nyerik az adatokat - autonóm eszközök, csatlakoznak az internetre és adatokat osztanak meg. Segítenek a diagnosztikában, valamint a termelés és az energiafogyasztás optimalizálásában

4. Blockchain

- A mikrohálózatok kereskedelmének adatvédelmet, a tranzakciók biztonságát és hitelességét blockchain platform egyszerűsítheti. Energiaközösségek tagjai így közvetlenül kereskedhetnek egymással, közművek, energiakereskedők közbeiktatása nélkül. Például egy PV tulajdonos által fel nem használt energiát eladhatja a szomszédjának / bérelőjének közvetlenül

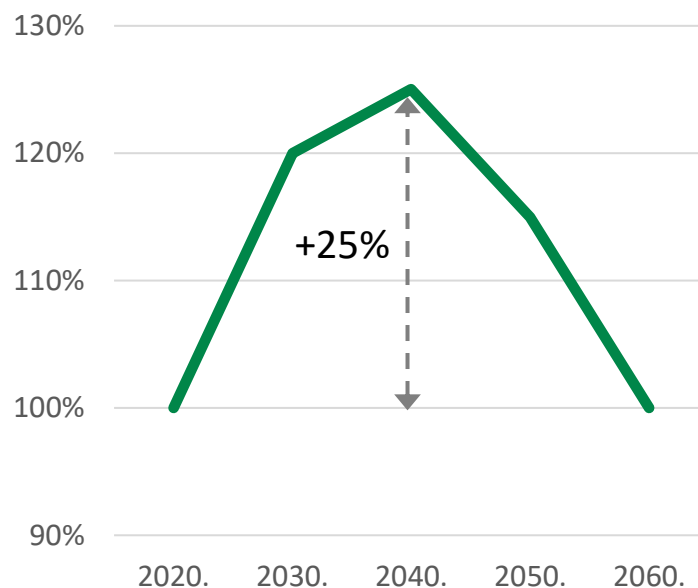
A zöld átállás magas költségeit nagyszámú új munkahely teremtése, az Unió fokozott energiatünetlensége, és a villamosenergia árak hosszú távú csökkenése kompenzálja.

Az átállás munkahely hatása az EU-ban 2030.-ig



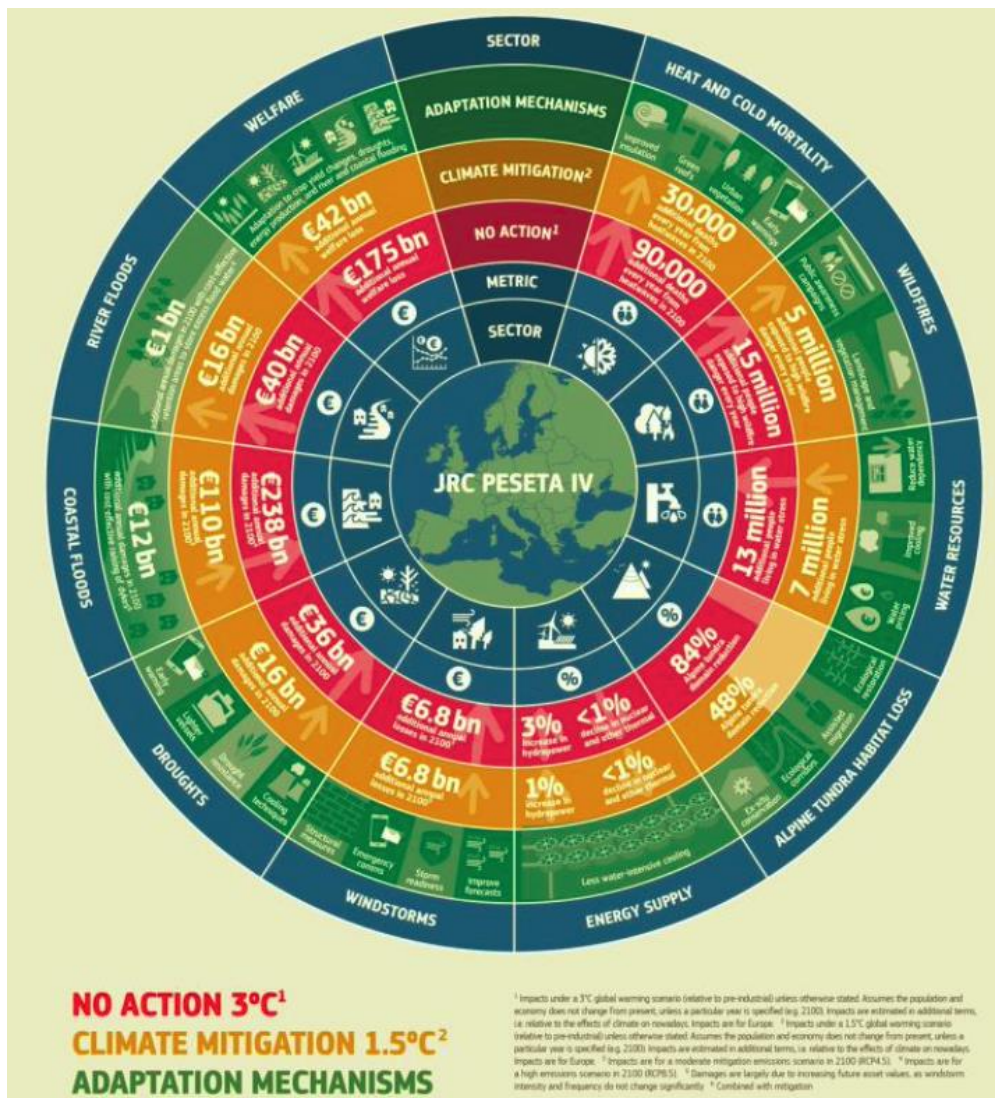
A zöld átállás villamosenergia árakra gyakorolt várható hatása 2060.-ig

2020. évi ár = 100%



Az átálláshoz szükséges villamosenergia hálózati, és a rugalmassági / kiegyensúlyozó kapacitások költségigénye miatt a villamosenergia fajlagos költsége (EUR/MWh) várhatóan csak 2060. körül éri el a 2020. évi szintet.

A JRC (közös kutatóközpont) PESETA IV projekt gazdasági perspektívába helyezte a globális éghajlatváltozás hatását az EU-ban: A sok milliárd eurós éves károk és több tízezer emberáldozat mellett a zöld átállás költségei már nem is annyira magasak.



„Nem teszünk semmit” forgatókönyv, +3 °C:

- 495 Mrd. EUR veszteség
- 90 000 ember halála hó vagy fagyás miatt

„Klíma enyhítés” forgatókönyv, +1,5 °C:

- 190 Mrd. EUR veszteség
- 30 000 ember halála hó vagy fagyás miatt

„Alkalmazkodási mechanizmusok”

- 13 Mrd. EUR veszteség

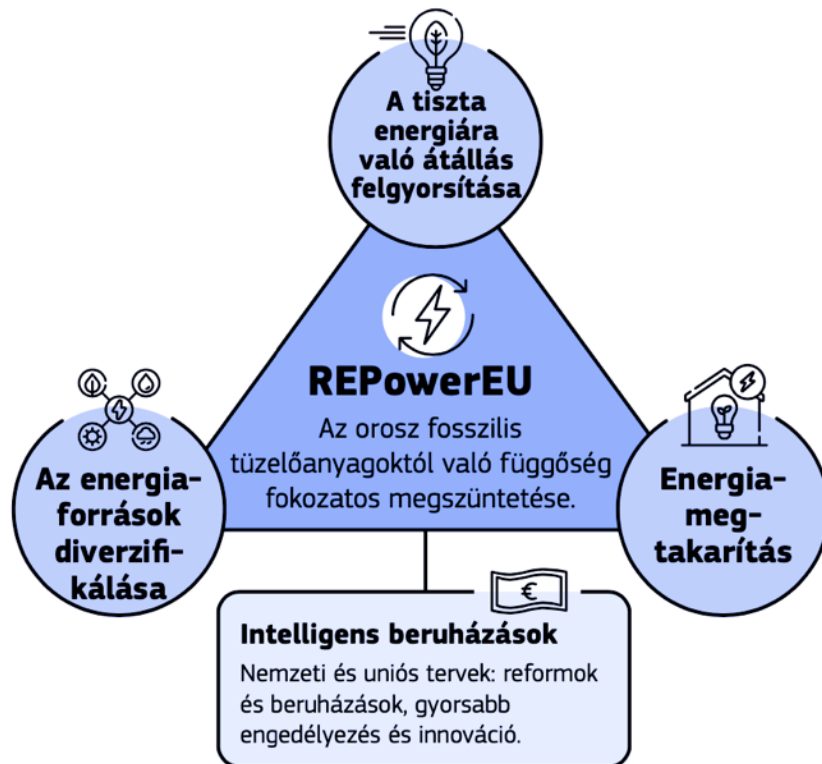
Az európai célkitűzések mentén Magyarország Nemzeti Energia- és Klímaterve (NEKT) 2023.-ban felülvizsgálta a 2030. évre vonatkozó, 2020. évi célszámait, és fokozta az elvárásokat az üvegházhatású gázok (ÜHG) és a nem-ETS kibocsátásokkal, valamint a végső energia felhasználással kapcsolatban. Nem változtatta meg viszont az importkitettségek célkitűzéseit, pedig az energiaszuverenitás fontosságát rendszeresen említi.

	2020. évi NEKT	Felülvizsgált NEKT
ÜHG kibocsátás csökkentés	40%	50%
Végső energia felhasználás	legfeljebb 785 PJ	legfeljebb 750 PJ
A megújuló energia részaránya a bruttó végsőenergia-felhasználáson belül	21%	29%
A nem-ETS kibocsátások csökkentése 2005-höz képest	közel 7%	18,7%
A GDP végsőenergia intenzitása	max. 0,429 toe/millió Ft	max. 0,429 toe/millió Ft
Importkitettség – földgáz	80% (importfüggőségi ráta alapján)	80% (nem hazai termelés aránya az összfogyasztásban)
Importkitettség – villamos energia	20%	20%

A REPowerEU program által megfogalmazott alapelv: az orosz fosszilis tüzelőanyagoktól való függőség fokozatos megszüntetése, egyelőre hiányzik a NEKT-ből.

A REPowerEU célkitűzésrendszere 2022. április

Felülvizsgált NEKT 2023.



Pozitívumok

- Erősíti a tiszta energiára való átállás (új kibocsátási, és új megújuló részarány célok);
- az energiaforrások diverzifikálása (hazai szél és vízenergia képbe helyezése); és az
- energiamegtakarítás (új végsőenergia felhasználás célkitűzés) REPowerEU program alappilléreket

Ellentmondás

- Az orosz fosszilis tüzelőanyagoktól való függőség fokozatos megszüntetését nem deklarálja, és célszámaiban sem jeleníti meg
- Még mindig kevés a vállalt energiahatékonysági intézkedés, különösen a lakossági szektor energia-felhasználás csökkentés akciói hiányoznak

Ebben a finanszírozási időszakban ~300 Mrd. EUR a programra, aminek 95%-a: **285 Mrd. EUR a tiszta-energia átmenetre**

A NEKT talán legnagyobb hiányossága, fel sem veti azt a forgatókönyvet, amikor a teljes hazai villamosenergia fogyasztást megújuló forrásból származó energia fedezi. Nukleáris és földgáz forrásokkal is számol 2050.-re, pedig számos ország, többek között: Japán, Németország, Franciaország, Svájc, Dánia intenzíven vizsgálja ezt a kérdést.

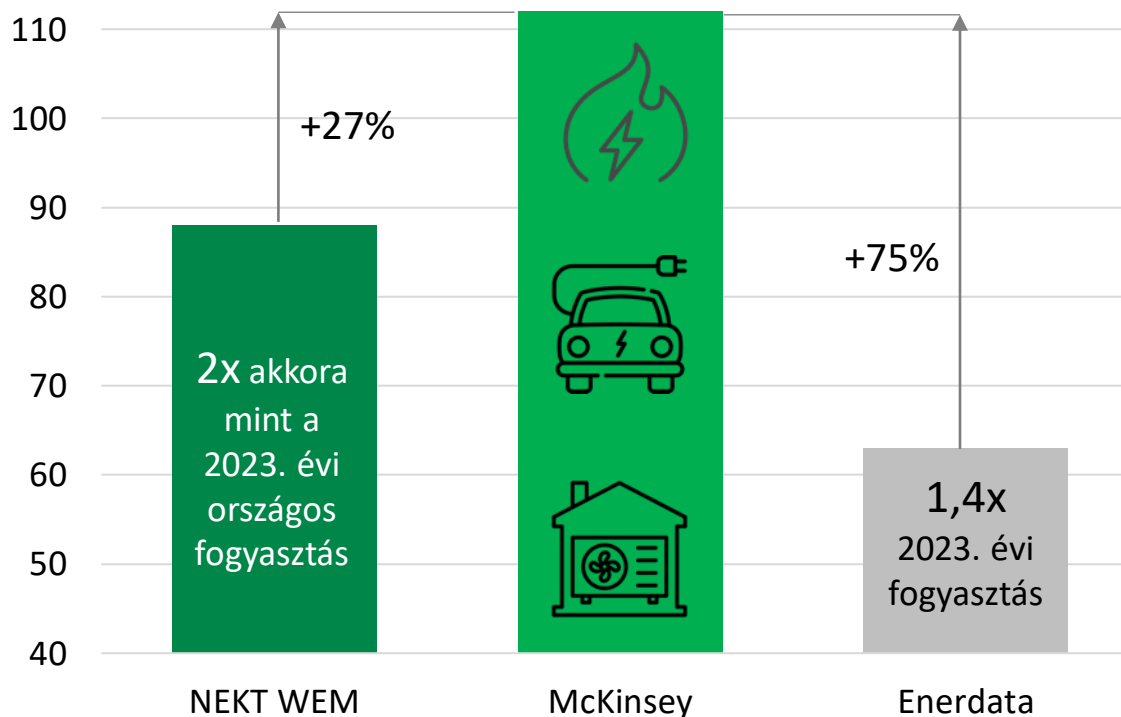
A hazai villamosenergia ellátás kulcskérdései a 2050. évi zöld jövőkép tekintetében

1. Képes fedezni Magyarország 2050. évi villamosenergia igényét egy 100%-ban megújuló energia alapú termelő portfólió?
2. Szükség van még nukleáris és fosszilis erőművekre 2050.-ben?
3. Milyen feltételekkel teremthető meg egy teljes zöld átállás a villamosenergia ellátásban, hogy ne legyen orosz nukleáris hasadóanyag függősége sem Magyarországnak?

Hazánk teljes villamosenergia igénye 2050.-ben 64 TWh – 112 TWh között lehet különböző elemző csoportok szerint. A 2023.-ban aktualizált NEKT WEM 89 TWh-val számol, ami a 2023. évi teljes hazai villamosenergia igény csaknem duplája, és közel van a saját becsléssel előállított 83 TWh-hoz.

Magyarország teljes villamosenergia fogyasztásának előrejelzése 2050. évben, TWh

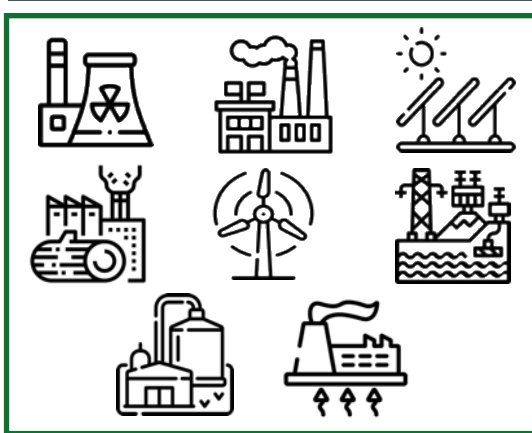
A jelentős eltérések lehetséges magyarázata



- McKinsey: masszív elektrifikáció az ipari hőelőállításban, a közlekedésben, háztartásoknál.
- Enerdata: szerényebb elektrifikáció, kisebb hazai ipari növekedés, és jelentős energiahatékonysági eredmények minden szektorban
- NEKT WEM¹: valahol a kettő között

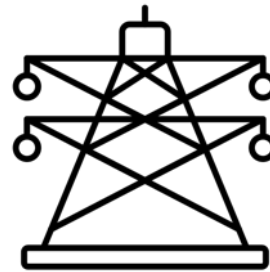
Milyen összetételű erőműi portfólió képes megtermelni 83 TWh energiát 2050.-ben, és milyen villamosenergia rendszer szükséges ekkora energia hatékony elosztásához és a rendszeregyensúly folyamatos fenntartásához?

Termelők



- Lesznek még üzemben mai termelők 2050.-ben?
- Mekkora fajlagos termelési költségei lesznek akkor a technológiáknak?

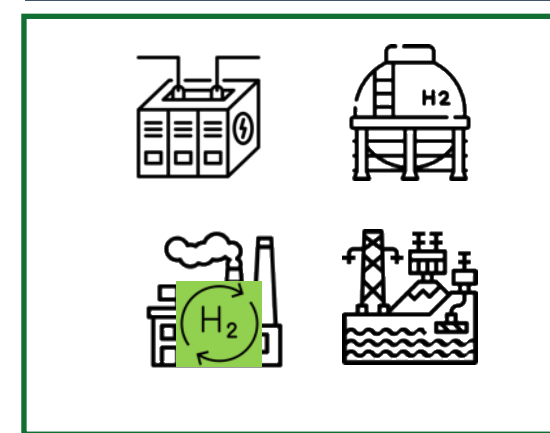
Villamosenergia hálózat



Átvitel és elosztó hálózatok

- Milyen hálózatfejlesztések szükségesek?
- Mekkora költségekre lehet számítani?
- Van a hálózatfejlesztésnek alternatívája?

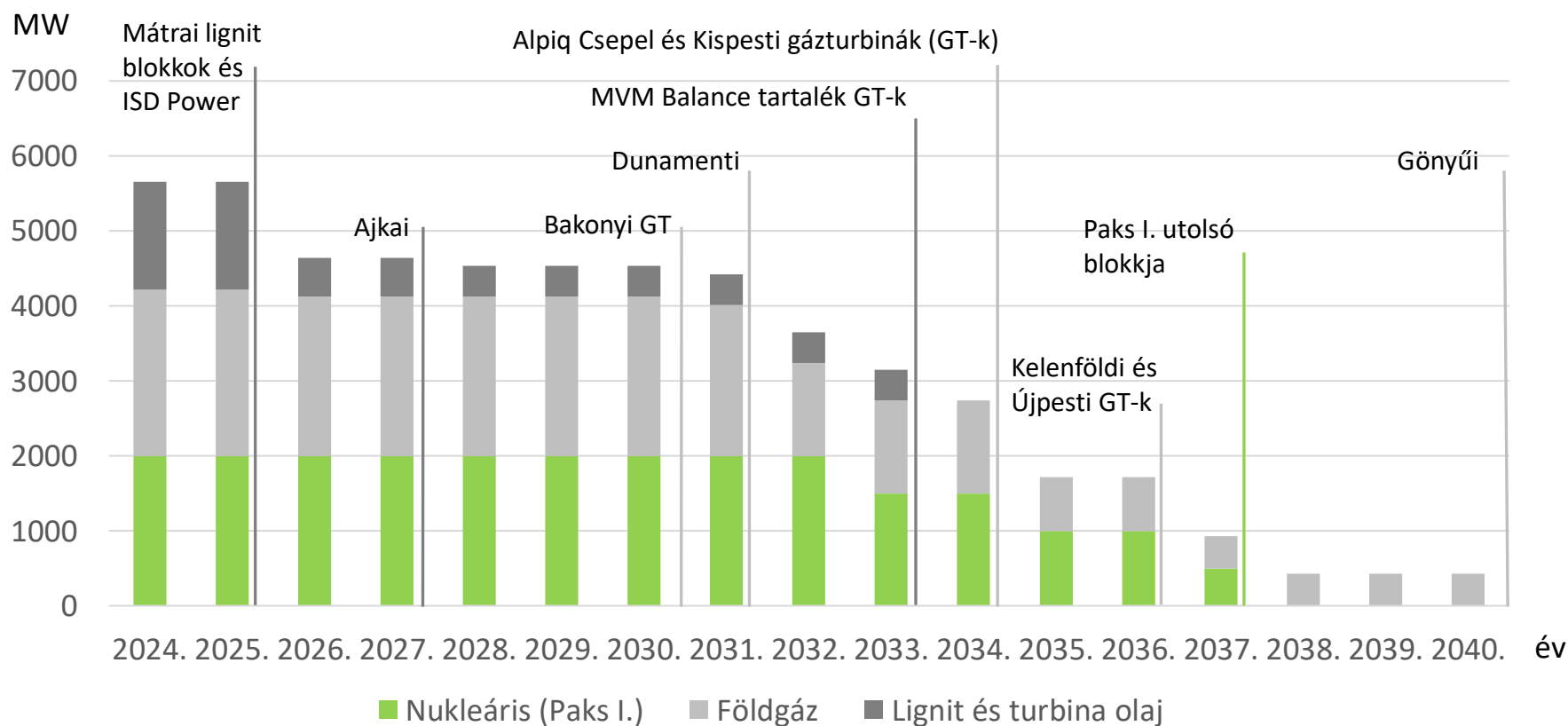
Kiegészítés



- Melyek a jövőbemutató rendszerszintű kiegészítési / rugalmassági megoldások?
- Mekkora rugalmassági igények várhatók az egyes erőműi forgatókönyvek mentén?
- Milyen költségekkel lehet ezt az igényt kielégíteni?

A mai 5600 MW hazai nagyerőmű portfólió nagyfelújítás és élettartam hosszabbítás nélkül 2041. év végére teljesen eltűnik, kiöregedik. A kieső kapacitások pótlása a dekarbonizációs célok mentén azonban nem egyértelmű.

Magyarország nagyerőmű (>50 MW) kapacitásainak jövőbeni csökkenése a működési engedélyek lejáratára alapján, tüzelőanyag szerint



2050. évben a hagyományos technológiájú nagyerőművek közül már csak az üzemidő hosszabbított Gönyúi erőmű, a terv szerint elkészülő Paks II., valamint a jelenleg MVM tender folyamatban lévő új Mátra és Tisza erőműi földgáztüzelésű blokkok működhetnek.

Potenciálisan működő hagyományos nagyerőművek 2050. évben

Kapacitás



Paks II.

- Reálisan még 10 év amire elindulhat
- Alaperőműként segíthet a hazai VER időjárásfüggő termelők okozta hálózatfejlesztési és rugalmassági költségeinek csökkentésében
- >13 Mrd EUR beruházási költség, LCOE várható értéke >100 EUR/MWh
- A fűtőelem-gyártó kötődés (orosz) az energiaszuverenitást nem támogatja

2400 MW

Gönyúi földgáz erőmű

- Üzemidő hosszabbítással működhet még 2050.-ben
- A rendszerszintű kiegyensúlyozásban hasznos szerepe lehetne
- Képesse kellene tenni hidrogén tüzelésre és működését ki kell egészíteni karbonleválasztó-felhasználó-tároló technológiával, „CCUS”-el
- Az import gázfüggés nem kívánatos az EU-ban már most sem

433 MW





MVM Tisza (2 blokk) és Mátra, összesen 3 új földgáz erőmű



- Hasonlóan a Gönyúi erőműhöz, fontos szerepük lehet a rugalmassági szolgáltatásokban, de zéró kibocsátásukat meg kell oldani
- Új földgáz erőművek LCOE értéke jelenleg 100-110 EUR/MWh körüli, földgáz és CO2 kvóta ár mentén változhat. Karbonsemlegesítéssel ugyanez >130 EUR/MWh
- Import gázigénye miatt az energiaszuverenitást nem támogatja

1600 MW

2050.-ben a nap és szélenergia fogják dominálni a hazai villamosenergia termelést az alternatív villamosenergia ellátási tervben. Együttes beépített kapacitásuk 38 GW.

	Nap- és szélenergia 2050. évben	Becsült kapacitás
 <p>Naperőművek</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2023.-ban 1,6 GW új naperőmű létesült az országban. Élettartamuk 25 év. 1,6 GW/év létesítési potenciállal számolva 40 GW kapacitás tartható fent • Magyarország adottságai alapján a technikai potenciál ennél magasabb • Legalacsonyabb LCOE az erőművi technológiák között, 2050-ben már csak 25-30 EUR/MWh, energiatárolóval kiegészítve 50 EUR/MWh • Jelentős hálózatfejlesztési és kiegyensúlyozási igény rendszerszinten 		28 GW
 <p>Szélenergia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lakott terület 4km-es körzetén kívül 10 GW létesítési potenciál • Az új szabályozás szerint a védőtávolság lakott területről már csupán 700 m • Hasonlóan alacsony LCOE mint a naperőműnél • Nincs szezonális a termelésében, tapasztalatok szerint jól kiegészíti a naperőmű napi termelési profilját • Menetrendi eltérése a naperőműnél is nagyobb lehet • Jelentős hálózatfejlesztési és kiegyensúlyozási igény rendszerszinten 		10 GW

A jelentős mennyiségű erdő és az intenzív mezőgazdaság miatt hazánk fenntartható bioenergia kapacitása 270 PJ/év. A közepes méretű biomassza és kisméretű biogáz erőművek ezt a potenciált csak mintegy 700 darab erőművel tudnák villamosenergiává alakítani, ráadásul drágán.

	Bioenergia alapú erőművek 2050. évben	Becsült kapacitás
	<p>Biomassza erőművek</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hazai fenntartható potenciál, mintegy 190 PJ/év • EU direktíva szerint a fa jellegű biomassza energetikai típusú felhasználását az erdők védelmében korlátozni kell • Jellemző erőmű méret maximuma 50 MW körülire becsült hazánkban • 15 MW átlagos mérettel számolva megyénként 5 darabnál több erőmű létesítése és üzemeltetése nem tűnik megvalósíthatónak Magyarországon • Hatásfoka csak villamosenergia előállításra 30%, hőhasznosítása javasolt • LCOE ~120 EUR/MWh, hőhasznosítással teljes energiára vetítve alacsonyabb 	<p>1,5 GW</p>
	<p>Biogáz erőművek</p> <ul style="list-style-type: none"> • 76 PJ/év hazai fenntartható potenciál • A biometán gázturbinákban égethető, az erőművek jól szabályozhatók • Átlagos erőmű méret alacsony, 1 MW • Megyénként átlagosan 30 darabnál több fenntartása kérdéses • Villamosenergia előállítási hatásfoka max. 50%, hőhasznosítása javasolt • LCOE ~130 EUR/MWh, hőhasznosítással teljes energiára vetítve alacsonyabb 	<p>0,5 GW</p>

A víz és geotermikus potenciálunkat vélhetően nem fogjuk tudni kihasználni 2050.-ben sem. A nagy méretű vízerőmű beruházásoknak szinte megjósolhatatlan környezeti ártalmi vannak, a direkt geotermikus hőhasznosítás sokkal egyszerűbb mint a geotermikus alapú áram termelés, és nem várható e technológiák fajlagos villamosenergia termelő költségének csökkenése sem.

Víz- és geotermikus erőművek 2050. évben

Becsült kapacitás



Vízerőművek

- A hazai fenntartható potenciál 4 TWh/év, mintegy 1GW kapacitás
- Körülményes engedélyezés, működése közben nem várt, akár súlyos környezeti hatások léphetnek fel
- Nagyerőművek (>50 MW) létesítése hosszú
- Európában stagnál a vízenergia felhasználása, nem kiemelt téma
- LCOE átlag EU adatok alapján 85 EUR/MWh, tendenciája növekvő, jóval magasabb mint nap- és szélenergia. Magyarországon egy barnamezős vízerőmű felújítás 100 EUR/MWh-ig kapott METÁR támogatást

0,5 GW

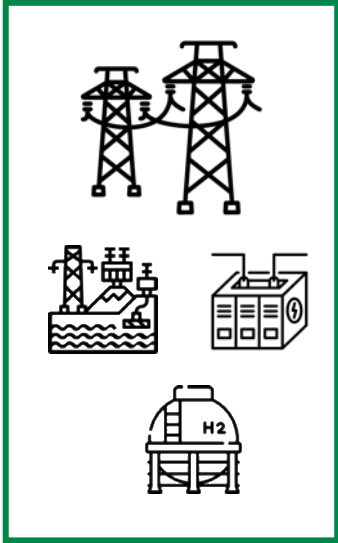


Geotermikus erőművek

- A 2 TWh/év fenntartható energia potenciál 1%-ának megfelelő érték a jelenlegi villamosenergia termelés az egyetlen hazai geotermikus erőműben Turán
- Direkt hőhasznosítása egyszerűbb
- A kútfúrások magas kockázatú, valószínűség alapú beruházások, piaci finanszírozást nehéz hozzájuk szerezni
- Magas villamosenergia LCOE, ~130 EUR/MWh

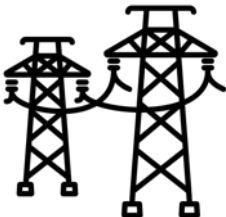
0,1 GW

Az időjárásfüggő megújulók miatt a 2050. évi villamosenergia-rendszernek negyedórás, napi, és szezonális szinten is rugalmasnak kell lennie, amit kereskedelmi, energiatárolási és hálózatfejlesztési módszerekkel együttesen lehet megoldani és költség-optimalizálni.


	Negyedórás és napi ingadozások	Több napos és szezonális (téli-nyári) ingadozások	
Kezelési lehetőségek 2050.	<ul style="list-style-type: none"> • Export - import • Szabályozható termelők (nem időjárásfüggő megújulók) és fogyasztók (fogyasztó oldali beavatkozás) szabályozása • Energiatároló rendszerek 	<ul style="list-style-type: none"> • Export - import • H₂ alapú villamosenergia termelés 	
Szükséges eszközök, megoldások 2050.	<ul style="list-style-type: none"> • Határkeresztező hálózati kapacitások • Szabályozható fogyasztók és termelők • Legalább 4 órás áthidalási idejű energiatárolók termelők mellett vagy rendszerszinten 	<ul style="list-style-type: none"> • Határkeresztező kapacitások • Nemzetközi együttműködés a kiegyensúlyozó, rugalmassági szolgáltatásokban • Nagy mennyiségű energiát tároló rendszerek, mint H₂ • Hidrogén infrastruktúra: páneurópai ellátási lánc, hidrogén égető gázturbinák 	

Az időjárásfüggő megújuló termelés jelentős növekedése miatt szükséges hálózatfejlesztési költségek 3 szinten jelentkeznek: nemzetközi határkeresztező fejlesztések, országon belüli átviteli- és elosztó hálózatok fejlesztései. Az együttes átlagos fajlagos költség mintegy 700 millió EUR / GW az új időjárásfüggő termelők rendszerbe integrálásához.


Várható hálózatfejlesztési költségek 1 GW új időjárásfüggő termelés integrálásához




- Nemzetközi határkeresztező kapacitások tároló kapacitásokkal: 550 mEUR/GW
- Átviteli hálózat: 165 mEUR/GW
- Elosztó hálózat: 116 – 156 mEUR/GW
- Átviteli + elosztó együtt: 300 mEUR/GW
- Hálózat összesen: 680 mEUR/GW



„Alternatívák” időjárásfüggő termelő hálózatfejlesztésének kiváltására



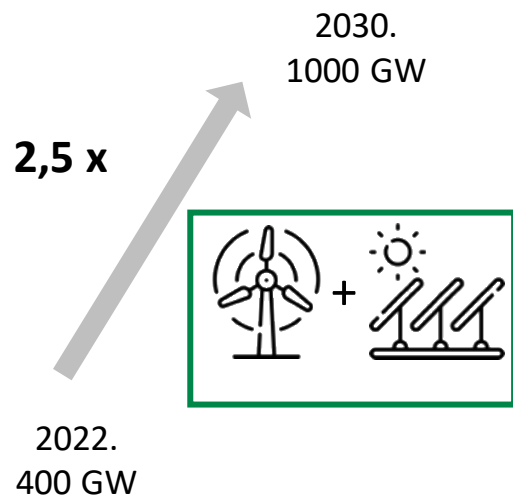
+



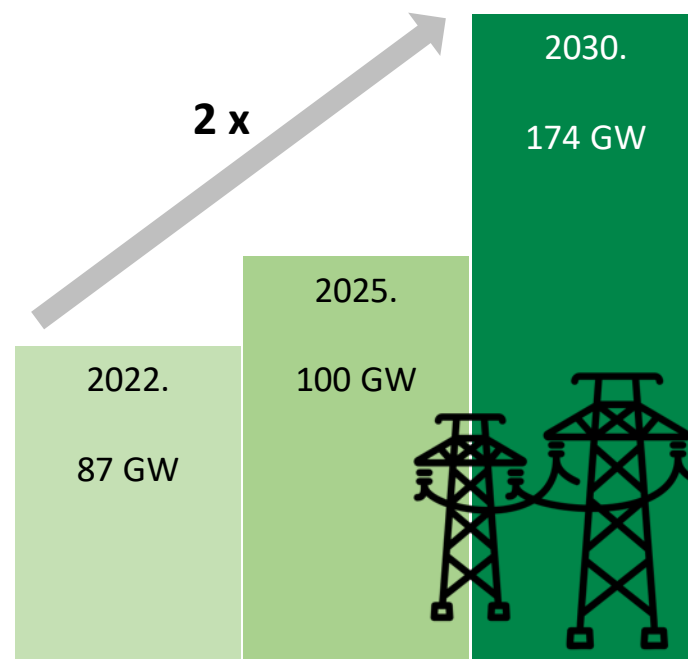
1. Termelő mellé telepített energiatároló: órás / napi szintű eltérések áthidalására alkalmas csak
2. Önellátás: csak a szigetüzemnek nincs közcélú hálózati kapcsolata. A fogyasztói helyi termelés és tárolás jelentős RHD¹ megtakarítás eredményezhet, de hálózati kapcsolatra így is szükség van. Várhatóan csaknem a maximális fogyasztás mértékéig, arra az esetre, ha kiesne az időjárásfüggő termelés

A hálózati határkeresztező kapacitások fejlesztése, ezzel a termelő-fogyasztó-tároló kapacitások összekötése és EU szintű optimalizálása prioritás az időjárásfüggő termelés költségeinek csökkentésére. Az EU 2030. évig megkészszerzi ezeket a kapacitásokat a 2,5-szeresére növekvő időjárásfüggő termelés miatt.

EU időjárásfüggő villamosenergia kapacitás növekedési terve 2030.-ig



Az ENTSO-E TYNDP (tíz éves hálózatfejlesztési terv) határkeresztező kapacitás növelési terve 2030.-ig



A tervezett bővítések évi 9 Mrd. EUR-val csökkenthetik az EU teljes villamosenergia költségét 2040.-ig, miközben a beruházási igény tároló kapacitással együtt 6 Mrd. EUR évente.

Az ENTSO-E a tagországok egymás közti villamosenergia kereskedelmének és a rendszerszintű szolgáltatási együttműködésének piacát és folyamatait is fejleszti a határkeresztező hálózati kapacitások növelése mellett, amely olcsóbbá teszi hazánk kiegyenlítő villamosenergia ellátását is.

ENTSO-E fejlesztések a rendszerszintű kiegyenlítés nemzetközi együttműködésének erősítésére

IGCC - országokon belüli, ellentétes előjelű rendszerterhelési egyensúlytalanságok összevezetése országok között (imbalance netting), MAVIR csatlakozott



MARI - manuális típusú (mFRR) tartalékok együttműködése frekvencia helyreállításhoz. MAVIR 2024. során csatlakozik



PICASSO – automatikus típusú (aFRR) tartalékok együttműködése, MAVIR 2024. során csatlakozik



TERRE – erőműi kiesések esetén használható helyettesítő kapacitások együttműködése. MAVIR megfigyelő státuszban van



2023. júliusig mintegy 600 millió EUR hasznot termelt a nemzetközi kiegészítés a részvevő országoknak.

A kiegyenlítésben egyre nagyobb szerepet kapó nemzetközi együttműködés mellett az energiatárolás a jövő egyik kulcs technológiája. Jelentős része Európában ma még szivattyús-tározós vízerőművekkel történik, a jövő azonban a Li-ionos és a H₂ tárolási technológiáké. Az időjárásfüggő termelők mellé telepített Li-ionos energiatárolókkal a negyedórás és napi rugalmassági igények döntő többsége kezelhető.



SZET¹



Li-ion



P2G2P² H₂

	SZET ¹	Li-ion	P2G2P ² H ₂
Előnyök	<ul style="list-style-type: none"> • Extra hosszú élettartam, 100 év • Akár 1 nap áthidalási idő • Változó költsége minimális, ha már megépült, olcsó tárolási mód 	<ul style="list-style-type: none"> • Kiválóan skálázható kWh mérettől GWh-ig • Leggyorsabban kivitelezhető, telepíthető 	<ul style="list-style-type: none"> • A jövő legolcsóbb megoldása nagy mennyiségű energia tárolására • Erőmű kiesések, tartós napsütés hiány / szélcsendes időszakok áthidalására
Hátrányok	<ul style="list-style-type: none"> • Nagy berendezések, magas beruházási költségek, hosszú kivitelezési idő • Jelentős környezeti beavatkozás, nehéz és hosszú engedélyeztetés 	<ul style="list-style-type: none"> • Mintegy 10 éves élettartam napi 2 teljes töltés-kisütés ciklussal 	<ul style="list-style-type: none"> • A megbízható H₂ technológia még sok fejlesztést igényel • Gyakori és rövid használatra (napi többszöri ki- és bekapcsolás) nem gazdaságos
Ár, LCOS ³	<ul style="list-style-type: none"> • Jelenleg: 180 USD/MWh • 2050.-ben: változatlan 	<ul style="list-style-type: none"> • Jelenleg hálózati méretben: 200 – 256 USD/MWh • 2050.ben: 130 USD/MWh 	<ul style="list-style-type: none"> • Jelenleg: 235 USD/MWh (25% H₂) • 2050.-ben: 150 USD/MWh

A megújulók mellett szükséges VER szintű rugalmassági kapacitásokat döntően a naperőművek szezonális termelési eltérése határozza meg. A nyári és a téli termelés-fogyasztás helyzetek szélsőértékeinél jelentős rugalmassági kapacitásokra van szükség.

	Fogyasztási szélsőértékek ¹	VER kapacitások, modell 100% RES ¹	Időjárásfüggő termelés szélsőérték	Szélsőértékek kezelése a modellben
Nyár		20 GW határkeresztező	Max. 38 GW	A minimum fogyasztáshoz tartozó, időszakos (nem szezonális) többlettermelés maximum: $38 - 6 = 32$ GW, a 19 GW tároló és a 20 GW export képesség lefedi
	Min. 6 GW	38 GW szél és PV 2,3 GW nem időjárásfüggő	Min. – nem releváns	A nyári maximum fogyasztáshoz tartozó nyári minimum termelés hiány-problémája biztos kisebb mint a jóval kisebb téli termeléshez tartozóé
Tél	Max. 15 GW	3 GW H ₂ CCGT ¹	Max. – nem releváns	A téli min. fogyasztáshoz tartozó téli maximum termelés többlet-problémája biztos kisebb mint a jóval nagyobb nyári termeléshez tartozóé
		5 GW VER tároló 14 GW termelői tároló	Min. 0 GW	A max. fogyasztáshoz tartozó, szezonális hiány 15GW szélsőérték maximumát (szélcsend és este) a 2GW nem időjárásfüggő termelő, a 3 GW H ₂ CCGT és a 20 GW import képesség oldja meg

A rendszeregyensúly tehát kezelhető ha elfogadjuk, a 20 GW határkeresztező kapacitás export-import forgalma képes 13 GW export és 10 GW import rugalmasságot szolgáltatni 2050.-ben.

1) RES – renewable energy source: megújuló forrású energia, CCGT – combined cycle gas-turbine: kombinált ciklusú gázturbina

TARTALOMJEGYZÉK

1. ÖSSZEFOGLALÓ
2. MAGYARORSZÁG JELENLEGI VILLAMOSENERGIA ELLÁTÁSA
3. A HAZAI VILLAMOSENERGIA ELLÁTÁST BEFOLYÁSOLÓ KIEMELT TRENDEK

4. JÖVŐBENI ELLÁTÁSI FORGATÓKÖNYVEK ÉS KIEMELT MEGVALÓSÍTÁSI KÉRDÉSEIK

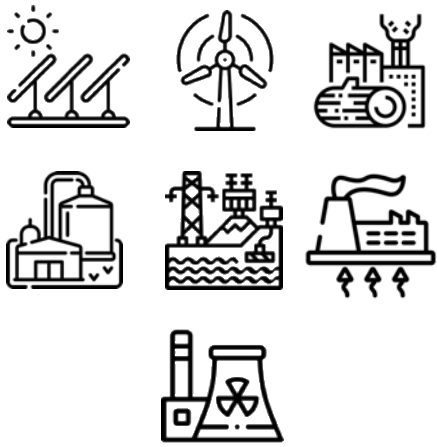
A várható fogyasztás fedezésére, figyelembe véve az EU és a NEKT hosszú távú céljait, többféle villamosenergia termelő portfólió is szóba jöhet: I. tisztán megújuló forrású; II. megújulók + atom; III. megújulók + atom + földgáz-karbonleválasztással.

I. Csak megújulók

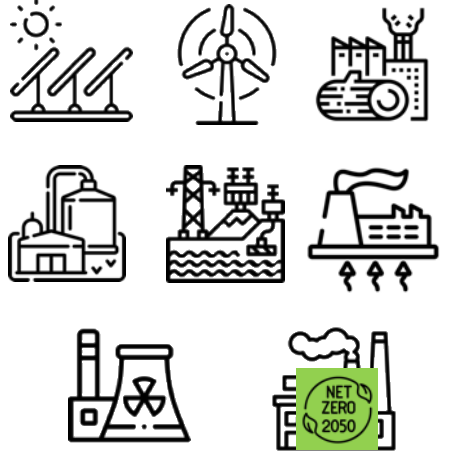


Nap, szél, biomassza, biogáz, víz, földhő és hidrogén tüzelésű erőművek

II. Megújulók + atom



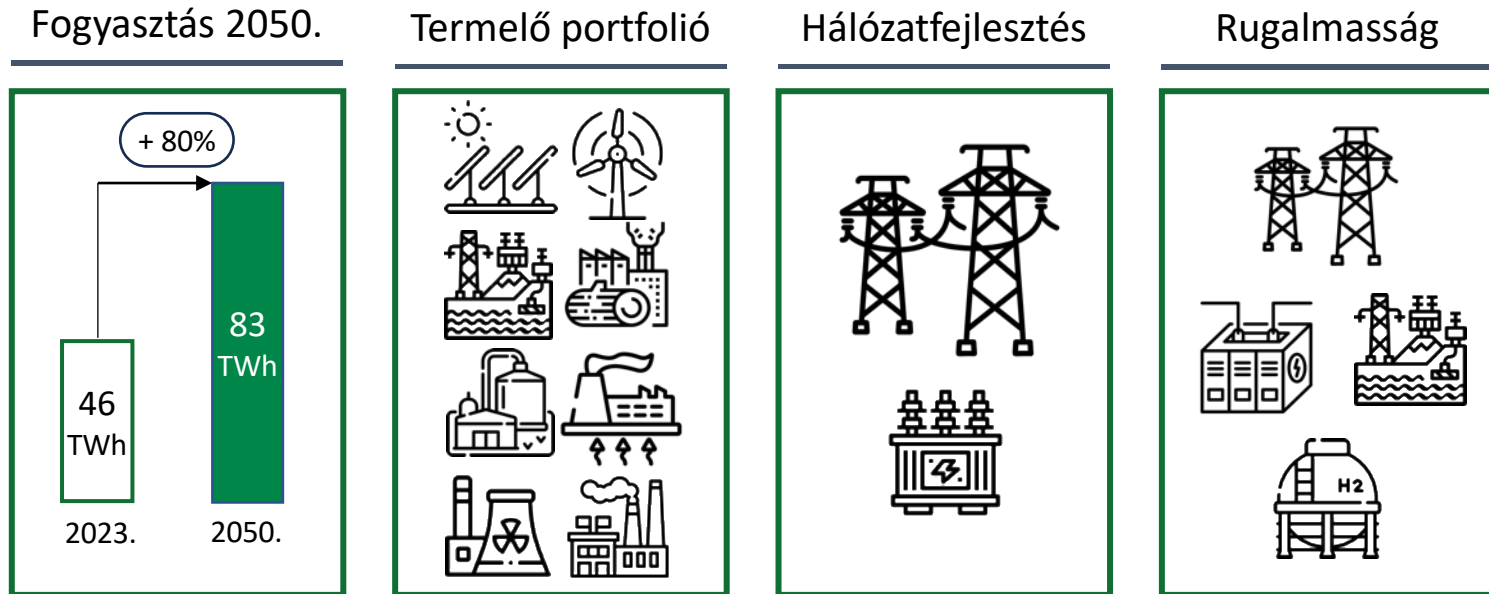
III. Megújulók + atom + földgáz



NET ZERO 2050

A NEKT a megújulók + atom + földgáz forgatókönyv irányába halad. Egy ilyen portfólióval el lehet látni szinte tetszőleges fogyasztói igényt, a kérdés, milyen áron? És itt nem csak a költségekre gondolunk, hanem például a nukleáris hasadóanyag és földgáz miatti orosz import függőségre.

A 2050. évi hazai villamosenergia-ellátó-rendszer fajlagos villamosenergia-költségének modellezésére figyelembe vettük a várható jövőbeni fogyasztást, az ezt kielégítő termelő portfóliót, a szükséges hálózatfejlesztések és rendszer-kiegyensúlyozó, rugalmassági kapacitások mértékét és költségeit.



Felhasznált adatforrás

- Nemzeti Energia- és Klímaterv
- Nemzetközi piacelemző cégek eredményei
- Nemzetközi benchmarkok
- Energiahatékonysági tanulmányok

- Hazai megújuló potenciálok
- NEKT erőmű terv
- Hazai és nemzetközi LCOE¹ előrejelzések

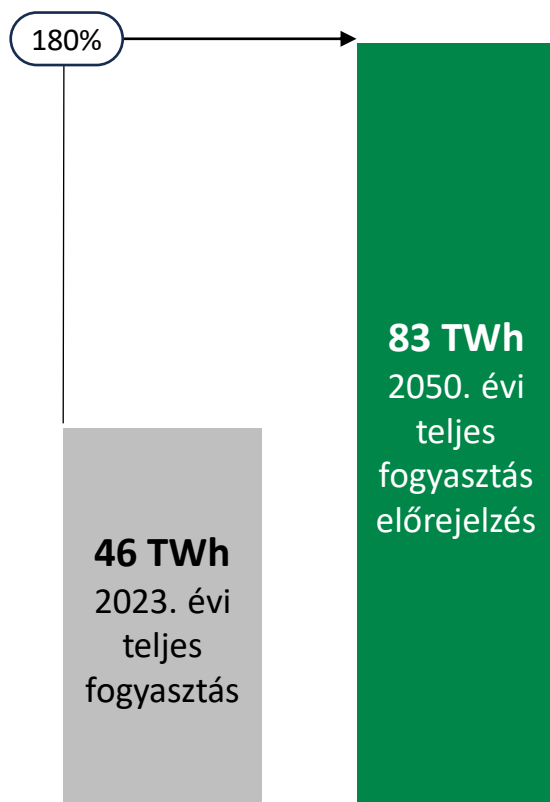
- Nemzetközi költségelemzések
- Hazai költség fajlagosok
- ENTSO-E fejlesztési terv
- MAVIR 10 éves hálózatfejlesztési terv
- NEKT 2023. előrejelzések

- Nemzetközi megoldás példák
- Nemzetközi költség-elemzések, fajlagosok, LCOS² 2050. évre

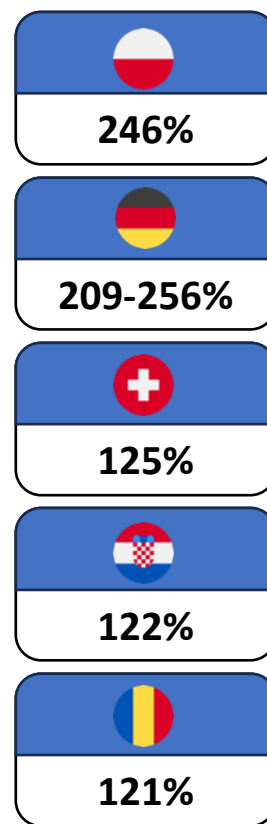
A modellezés kiinduló adata a várható villamosenergia igény becslése, a modellben az elektrifikáció és energiahatékonysági intézkedések hatásai alapján kétszeresére növekedő fogyasztással számoltunk.

Villamosenergia fogyasztás becslése

Bruttó magyar villamosenergia fogyasztások aránya, 2050. év / 2023. év, saját elemzés



Villamosenergia fogyasztás változás 2050. / 2020. arány
Nemzetközi kitekintés

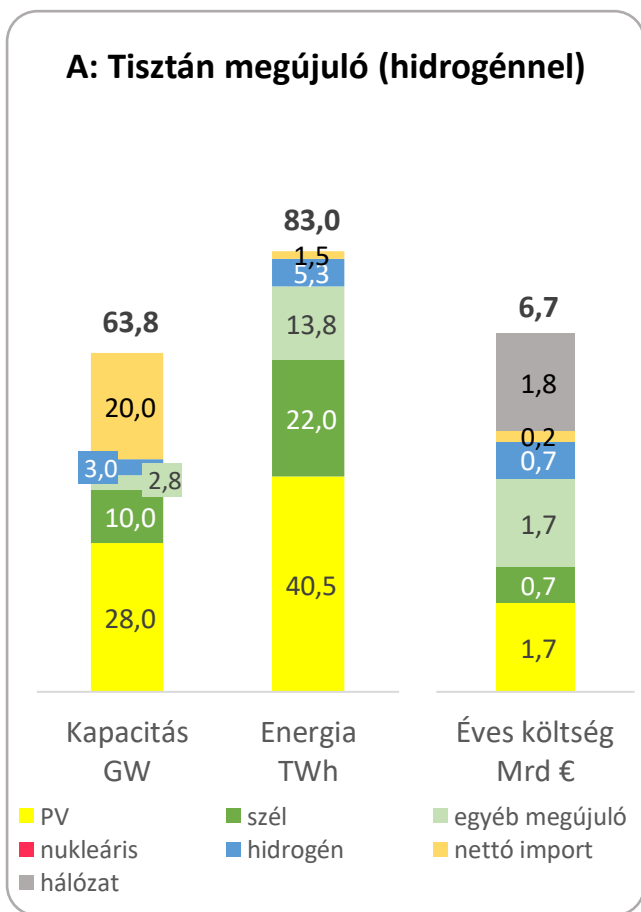


Főbb hajtóerők

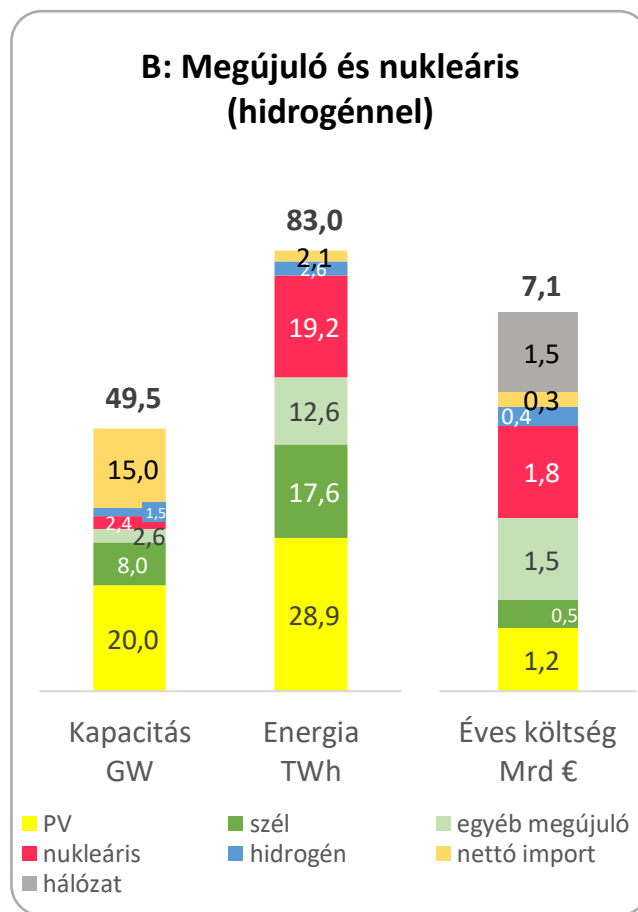
- Országoként nagyon nagy eltérés van a várható villamosenergia fogyasztás dinamikájában
- Németország és Lengyelország kiemelkedik a mezőnyből részben a jelenlegi energiamix, részben iparpolitikai igények miatt
- A villamosenergia fogyasztás növekedésének főbb hajtóerői Magyarországon:
 - Közúti közlekedés elektrifikáció (+11 TWh)
 - Háztartások fűtés elektrifikáció (+10 TWh)
 - Ipar (+21 TWh)
 - Szolgáltatások és kereskedelem (+5 TWh)
- Célzott energiapolitikával a várható igénynövekedés csökkenthető (-10 TWh):
 - Épületek hőszigetelése
 - Közösségi közlekedés, alternatív mobilitás, távmunka
 - Alternatív iparpolitika, kőolajfinomítás csökkenése

Három villamosenergia ellátó-rendszer scenárióát vizsgáltunk, hazai és nemzetközi benchmark adatokat használva a tisztán megújuló scenárió tűnik a leginkább költségvetéskorlatosnak.

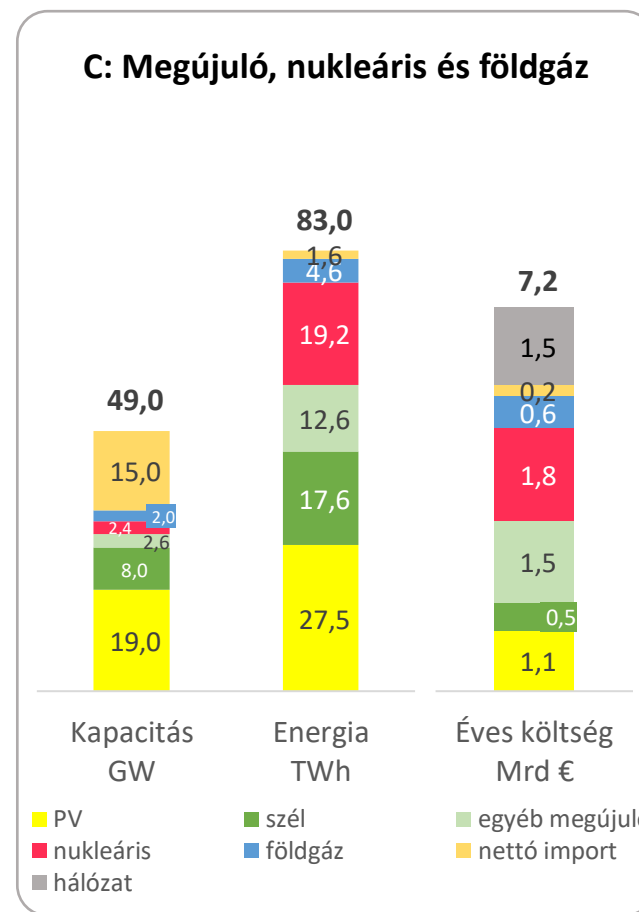
Villamosenergia termelési scenáriók primer energiaforrások alapján



81 €/MWh¹



86 €/MWh¹



87 €/MWh¹

1) Vegyes energia és hálózati díj, ami nem tartalmazza a rendszerirányítás és az elosztói költségek egy részét

A megújulóakra építő scenárió előfeltétele a 2030. után kiépülő páneurópai hidrogén hálózat, valamint a nemzetközi és belföldi villamos hálózat megerősítése.

A scenárió – Megújuló energiaforrásra épülő villamosenergia-rendszer



100% megújuló energia

- Az időjárásfüggő nap és szél adja a termelés 75%-át
- 23% egyéb hazai megújuló termelés (biomassza, víz, geotermikus)
- Nettó import (2%) is megújuló energiát szerez be



19 GW tároló kapacitás

- Jelentős hazai tároló kapacitás: a naperőművek fele 4 órás kapacitással rendelkezik, ezen felül országos tárolóparkok vannak 5 GW értékben
- Csökkenti a hálózat terhelését és biztonsági tartalékként is szolgálhat

H₂

Megújuló hidrogén

- A téli időszakban és üzemzavarok esetén a páneurópai hidrogén hálózatra támaszkodó 3GW-os gázturbinás erőművek termelik az energiát
- Olcsó, dél-európai és észak-afrikai vízbontókból származó, hidrogén használata



20 GW nemzetközi kapcsolat

- Segít a hazai túltermelés európai értékesítésében
- Segít a hazai termelési hiányos állapotok áthidalásában
- Segít az optimális költségszint elérésében



26 Mrd. € beruházás

- Az időjárásfüggő termelés miatt többirányú energiaáramlás az elosztóhálózatban
- Rugalmas átviteli hálózat kezeli a hatalmas, napközbeni energiaáramlási eltéréseket



Magas ellátásbiztonság

- A jelentős túltervezés magas ellátásbiztonságot garantál:
 - Jelentős tárolókapacitás
 - Hidrogén tartalék
 - Nemzetközi kapcsolatok

A nukleáris scenárió egy tervezhető nukleáris alaperőműre épít a megújuló energiaforrások mellett.

B scenárió – Megújuló és nukleáris energiaforrásra épülő villamosenergia-rendszer



74% megújuló energia

- Az időjárásfüggő nap és szél adja a termelés 56%-t
- 18% egyéb hazai megújuló termelés (bioenergia, víz, geotermikus)
- 2% nettó import



2.4 GW nukleáris erőmű

- Alaperőmű, szükség esetén leszabályozási lehetőséggel
- A tervezett Paks II helyszín
- Termelési költségek nemzetközi benchmark adatok alapján

H₂

Megújuló hidrogén

- A téli időszakban és üzemzavarok esetén a páneurópai hidrogén hálózatra támaszkodó 1,5 GW-os gázturbinás erőművek termelik az energiát
- Olcsó, dél-európai és észak-afrikai vízbontókból származó, hidrogén használata



15 GW nemzetközi kapcsolat

- Segít a hazai túltermelés európai értékesítésében
- Segít a hazai termelési hiányos állapotok áthidalásában
- Segít az optimális költségszint elérésében



19 Mrd. € beruházás

- Az időjárásfüggő termelés miatt többirányú energiaáramlás az elosztóhálózatban
- Rugalmas átviteli hálózat kezeli a hatalmas, napközbeni energiaáramlási eltéréseket



Magas ellátásbiztonság

- A jelentős túltervezés magas ellátásbiztonságot garantál:
 - Nukleáris alaperőmű
 - Hidrogén tartalék
 - Nemzetközi kapcsolatok
 - Jelentős tárolókapacitás

A C scenárió a legkonzervatívabb, ez hasonlít leginkább a jelenlegi kormányzati elképzelésekre, és ez tartalmazza a legkevesebb technológiai kockázatot.

C scenárió – Megújuló, nukleáris és földgáz energiaforrásra épülő villamosenergia-rendszer



69% megújuló energia

- Az időjárásfüggő nap és szél adja a termelés 54%-t
- 15% egyéb hazai megújuló termelés (biomassza, víz, geotermikus)
- 2% nettó import



2.4 GW nukleáris erőmű

- Alaperőmű, szükség esetén leszabályozási lehetőséggel
- A tervezett Paks II helyszín
- Termelési költségek nemzetközi benchmark adatok alapján



Földgáz CCUS-szel

- A téli időszakban és üzemzavarok esetén CCUS technológiával felszerelt, 2 GW-os gázturbinás erőművek termelik az energiát
- A jelenlegi földgázforrások használata esetleg hidrogénnel keverve



15 GW nemzetközi kapcsolat

- Segít a hazai túltermelés európai értékesítésében
- Segít a hazai termelési hiányos állapotok áthidalásában
- Segít az optimális költségszint elérésében



18 Mrd. € beruházás

- Az időjárásfüggő termelés miatt többirányú energiaáramlás az elosztóhálózatban
- Rugalmas átviteli hálózat kezeli a hatalmas, napközbeni energiaáramlási eltéréseket



Magas ellátásbiztonság

- A jelentős túltervezés magas ellátásbiztonságot garantál:
 - Nukleáris alaperőmű
 - Földgáz tartalék
 - Nemzetközi kapcsolatok

A modell végeredményére jelentős hatással vannak a naperőművi és tárolási költségek, a hálózatfejlesztés költségei, valamint a földgáz és a nukleáris erőművek termelési költségeinek bizonytalansága.

Érzékenység elemzés – a fő mozgatórugók 30%-os változásának hatása

	Fogyasztás ill. Fajlagos költség	Bemenő változás	Hatás az €/MWh egységárra			Előrejelzés jósága	Főbb kockázatok
			A	B	C		
Fogyasztás	83 TWh	-30%	21%	15%	14%	↓	<ul style="list-style-type: none"> A fogyasztás megbízható becsléséhez részletes elemzés szükséges
PV+ES	41,4 €/MWh	+30%	8%	5%	5%	↑	<ul style="list-style-type: none"> Az eddigi előrejelzéseknél kedvezőbben alakultak a PV és ES árak és vannak ígéretes fejlesztések
H ₂	133,5 €/MWh	+30%	3%	1%	0%	↓	<ul style="list-style-type: none"> A hidrogén technológiák érettsége kezdetleges, de a RePowerEU jelentős szerepet szán neki és vannak ígéretes részeredmények
Földgáz és CCUS ¹	131,3 €/MWh	+30%	1%	1%	3%	↓	<ul style="list-style-type: none"> A CCUS technológiák érettsége kezdetleges, vannak ígéretes részeredmények, de a költségek bizonytalanok
Nukleáris	91,4 €/MWh	+30%	0%	7%	7%	→	<ul style="list-style-type: none"> A nukleáris technológia kiforrott ugyan, de a megvalósítás összetettsége a gyakorlatban jelentős idő és költségtöbbletet jelent Európában
Tároló	107,4 €/kW	+30%	3%	2%	2%	↑	<ul style="list-style-type: none"> Az eddigi előrejelzéseknél kedvezőbben alakultak az ES árak és vannak ígéretes fejlesztések
Hálózat	34,1 M€/GWr	+30%	6%	4%	4%	↓	<ul style="list-style-type: none"> A modellben levő becslés benchmark alapú ami a német hálózatfejlesztés főbb számai alapján vetítettünk a hazai viszonyokra, pontosabb számokat csak részletes elemzés alapján lehet megállapítani

1) A modell az importált energiaköltséget a földgáz/CCUS árhoz köti, ezért hat az A és a B scenárióban

Finanszírozás és javasolt akciók

A jövőbeni finanszírozási lehetőségek a PV és a szélerőművek esetén várhatóan tovább bővülnek a PPA¹ alapú megoldással a csökkenő beruházási költségek mentén. A nem megújuló alapú új erőművek beruházásaihoz továbbra is állami támogatásra és/vagy egyedi nemzetközi megállapodások szükségesek.

Várható jövőbeni finanszírozási lehetőségek az egyes villamosenergia technológiákban

Primer energia	Nagyerőmű	Kiserőmű, 50 MW alatt
Nukleáris	Paks II. terv: 1/5 rész állami finanszírozás, 4/5 orosz hitel SMR ² állami / EU-s támogatással	SMR ² állami / EU-s támogatás
Földgáz	Állami / EU-s támogatás szükséges	Gázmotorok / gázturbinák hőtermeléssel együtt piaci alapon
Biomassza	KÁT, felújításra METÁR, piaci alapon nem versenyképes	METÁR 2021.-től
Nap	PPA, a jövőben energiatárolóval együtt is	Lakossági állami támogatás beruházásra energiatárolóval együtt, szaldó nélkül
Szél	PPA és állami támogatás	Állami támogatás lenne szükséges
Víz	Állami / EU-s támogatás szükséges	METÁR elsősorban üzemidő hosszabbításra
Geotermia	Nem várható ekkora méretben	METÁR
Biogáz	Nem várható ekkora méretben	METÁR
Flexibilitási megoldások	Szivattyús-tározós vízerőmű, elektrokémiai, H ₂ , CAES és egyéb tárolók, DSR megoldások valamint egyéb kapacitás biztosítás / lekötés állami és vagy EU támogatással, 5-10 év múlva PV és szélerőművek mellett piaci alapon is	
Hálózat-fejlesztés	A decentralizált és időjárásfüggő megújuló alapú villamosenergia termelés miatt szükséges mértékű elosztói, átviteli és határkereszteső kapacitás fejlesztés állami és vagy EU támogatással, rezsicsökkentés eltörlésével	

1) PPA -power purchase agreement: hosszútávú áramellátási szerződés; 2) SMR - small modular reactor: „konténeres” atomerőmű

Az Európai Zöld Megállapodás program ebben a finanszírozási időszakban mintegy 34 Mrd. EUR-t allokált Magyarország számára, amiből mintegy 10 milliárd kapcsolódhat közvetlenül a megújuló energetikához. Jelenleg nem ismertek az EU 2030. utáni támogatási forrásai.



- Zéró nettó ÜHG kibocsátás 2050-re
- Gazdasági növekedés és az erőforrásfelhasználás szétválasztása
- Senki és semmilyen régió nem maradhat le → kohézió

Modernizációs alap
Magyarország: 2,5 Mrd EUR keret

2021. – 2030. között

- Megújulók, energiahatékonyság, energiátárolás, energiahálózatok, karbon átmenetben lévő régiók támogatása
- EU ETS értékesítésből származó és a direktíva alapján leosztott összeg 13 „szegényebb” EU-s ország számára

Helyreállítási és ellenállóképességi eszköz
Magyarország: 10,4 Mrd EUR keret

2020. – 2026. között

- COVID kilábalásra – 5,9 Mrd EUR
- REPowerEU keret – 4,6 Mrd EUR
- Magyarország: 6,5 Mrd EUR támogatás és 3,9Mrd hitel; 67%: 7 Mrd. EUR klímacélokra
- Összesen 67 hazai reform és 47 beruházás, villamosenergia hálózatfejlesztés is van itt
- Folyósítás eddig előfinanszírozásként : 920 mEUR (REPowerEU keret 20%-a)

Kohéziós intézkedés
Magyarország: 21,7 Mrd EUR keret

2021. – 2027. között

- Terület- és településfejlesztés, digitális, közlekedés- és gazdaságfejlesztés
- Főleg fejletlen / átmenetben lévő gazdasági régióknak
- 445 mEUR érkezett eddig, 10 Mrd. EUR elérhetővé vált, többi zárolva

A hálózatfejlesztés beruházási igénye 29 Mrd. EUR, a következő 26 évre 1,1 Mrd. EUR / év. Ezt az összeget csak EU támogatással van realitása Magyarországnak hálózatfejlesztésre költeni.

Finanszírozási lehetőségek a villamosenergia hálózatfejlesztésben

RHD

Hazai fogyasztói árak jelenlegi rendszerhasználati díjai	Mintegy 1,5 Mrd EUR /év	Nem ismert az összeg megoszlása karbantartás és fejlesztés között. Tekintve a hazai hálózat jelenlegi állapotát, a csatlakozási problémákat, döntően karbantartásra lehet elegendő
Rezsicsökkentés eltörlésének RHD bevétele	~200 mEUR / év	Segít, de önmagában nem elégséges



Jelenlegi EU támogatás és hitel	MAVIR jelenleg is kap ilyen 50%-os intenzitással	Keretösszege nem ismert
EU jövőbeni támogatások	Részletek nem ismertek (célterületek, keretösszegek, ország allokációk)	

EU-s támogatás nélkül a szükséges hálózatfejlesztés megvalósítása nem tűnik kivitelezhetőnek.

Javasolt akciók 1. - Megújuló forrású villamosenergia termelés további ösztönzése

Tennivaló	Finanszírozás	Magyarázat / megjegyzés
1. Prioritásként a szélerőművek elterjedésének támogatása, engedélyezésük felgyorsítása	Beindítás prémium típusú (METÁR) konstrukcióval és / vagy adókedvezményekkel, később akár PPA alapon is	A hazai potenciál töredéke van kihasználva. Az egyedi szélkerék teljesítmény-átlag jelenleg 2,5 – 3 MW, gyorsan lehet száz MW-os szélparkokat építeni. Rendszerterhelés szempontjából jól kiegészíti a PV termelést és hasonlóan olcsó
2. Legalább 4 óra áthidalási idejű energiatárolóval kombinált naperőmű telepítések ösztönzése	METÁR adókedvezménnyel	A nagyméretű naperőművek piaci alapú megtérüléséhez szükséges a PV termelési csúcs eltolása (átlagár javítás), és a finanszírozáshoz garantált árbevétel kell
3. Harmadsorban a bioenergia (biomassza és biogáz) alapú villamosenergia termelés erősítése	METÁR folytatása adókedvezménnyel	Drágább villamosenergia forrás mint a nap- és szélerőművek, de nem időjárásfüggő, és szabályozható. A hazai bioenergia potenciál jelentős
4. Végül a víz- illetve geotermikus alapú villamosenergia termelés fokozása	METÁR folytatása adókedvezménnyel illetve geotermikus esetben sikertelen fúrás esetére vonatkozó speciális konstrukcióval („fájdalomdíj”)	Új, jelentős méretű vízerőmű építése nem realitás. A geotermikus kutak pedig egyszerűbben használhatóak fűtésre, és a fúrások kockázatos beruházások

Javasolt akciók 2. – Rendszerszintű rugalmassági képességek fejlesztése

	Tennivaló	Finanszírozás	Magyarázat / megjegyzés
5.	Szükséges átviteli- és elosztóhálózatok fejlesztések felgyorsítása	Állami támogatás a rezsicsökkentés megszüntetésével, EU-s források	Alapfeltétel további decentralizált termelő rendszerbe integrálásához. EU-s forrásokat kutatni kell hozzá
6.	MAVIR csatlakozzon az összes EU-s kiegyensúlyozó energia és kapacitás biztosítás együttműködési platformhoz	EU / állami támogatás	MAVIR nem csatlakozott még a PICASSO és TERRE rendszerekhez. Előbbihez tervek szerint idén fog. A csatlakozásoknak feltehetően jelentős IT fejlesztési költsége van, amihez a támogatásra szükség lehet
7.	Határkeresztező hálózati kapacitások növelése	EU-s támogatással	A határkeresztező kapacitások fejlesztése európai érdek. A több országot érintő beruházásokra dedikált pénzek vannak. Az orosz gázfüggőséget is csökkenti, szintén EU szintű cél
8.	Energiatárolási megoldások (hőtárolás is) elterjedésének további ösztönzése	Megkezdett (befejezett) direkt beruházási támogatások folytatása	Elsősorban a nagykapacitású, rendszerszintű energiatárolási technológiák telepítéséhez. Lakossági szintű támogatás nem optimális
9.	Igény oldali beavatkozási képességek fejlesztése	Pilot projektek és kiterjesztésük állami / EU-s támogatással	Sok éve elkezdődött, még mindig gyerekcipőben jár, jelentős potenciál, de soklépcsős folyamat
10.	Dinamikus ártarifa struktúra létrehozása (9. pontból kiemelve)	Pilot projektek és kiterjesztésük állami / EU-s támogatással	A PV termelés hatására jelentkező napközbeni alacsony nagykereskedelmi árakhoz lehetne igazítani a fogyasztást

Függelék – háttér elemzések

Magyarország villamosenergia ellátását jelenleg a nukleáris és a földgáz erőművek határozzák meg. A nukleáris energia karbonsemleges, a földgáz erőművek pedig termelésük mellett kiváló rendszerszintű kiegyensúlyozó eszközök.



Atomerőmű



Földgáz erőmű

Magyarország, 2023.

Beépített kapacitások	~2000 MW	~6000
Felhasználási trend Magyarországon	Stagnáló	Csökkenő
Jellemző erőmű-egység teljesítmény	500 MW	0,5 - 433 MW
Új beruházás LCOE	Paks II: 90-120(?) EUR/MWh	EU-ban: 100-120 ¹ EUR/MWh
Jellemző teljes létesítési idő	min. 10 év	5 év
Előnyök	<ul style="list-style-type: none"> • Karbonsemleges • Folyamatos, zsinór termelés • Extra hosszú, akár 60 év, élettartam • Alacsony üzemeltetési költség 	<ul style="list-style-type: none"> • Folyamatos termelés • Nagyon jól szabályozható • Alacsony beruházási fajlagos (EUR/MW) • Akár 40 évig üzemelhet felújítással
Hátrányok	<ul style="list-style-type: none"> • Legmagasabb beruházási fajlagos • Kis mértékben szabályozható • Elővíz hűtése korlátozott • Import (orosz) fűtőanyag • LCOE magasabb mint PV, szél 	<ul style="list-style-type: none"> • Kibocsátás • Gáz- és CO2 kvóta ár érzékenység • Import (főleg orosz) fűtőanyag • LCOE magasabb mint PV, szél

A beépített naperőműi kapacitások mennyisége Magyarországon a 2017.- évi 349 MW-ról 2023. év végéig 5619 MW-ra változott, ami 16-szoros mennyiségi növekedés. A becsült fenntartható hazai termelési potenciáloknak még így is csak 12%-nál járunk.



Naperőművek

Magyarország, 2023.

Beépített kapacitás	5619 MW
Felhasználási trend	Erősen növekvő
Hazai teljes fenntartható villamosenergia termelő potenciál	50-60 TWh/év
A fenntartható potenciál kihasználtsága	11-13%
Jellemző erőműi villamos teljesítmény (erőmű méret)	Háztartási méretben: kW nagyságrend – Legnagyobb hálózatra termelők: 50 MW
Új beruházás élettartamra vetített villamosenergia termelési költsége (LCOE ¹)	Hazai adatok: háztartási méret: 130 EUR/MWh; hálózati méret: 80 EUR/MWh
Jellemző teljes létesítési idő	Háztartási méret: fél év – Hálózatra termelő: 2 év
Előnyök	<ul style="list-style-type: none"> • Legalacsonyabb fajlagos termelési költség az új beruházású erőművek között • Szinte tetszőleges mérettartomány, skálázhatóság • Gyorsan megépíthető, akár szabad területeken akár tetőn
Hátrányok	<ul style="list-style-type: none"> • Évszak, napszak, és időjárásfüggő, menetrendtől való átlagos eltérése 10-18% • Alacsony éves kapacitás-kihasználtság, 1350 óra/év, 15%

A PV technológiai fejlődés irányai a panelméret növekedése, a fél- és harmadcellás és kétoldalú panelek elterjedése, új típusú cellaanyagok tömegtermelése, amelyek mind a hatásosabb termelést, végső soron a megtérülést, az LCOE csökkenését okozzák.

Fotovoltaikus trendek

Miért jó?



- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Monokristályos PV panelek egyeduralkodása• Egyre nagyobb, +500W panelek• PERC¹ technológia – dielektromos vezetőréteg a hátlapon standarddá válása, TOPCon elterjedése• Heterojunction technology (HJT) – többrétegű cellák, szilícium és vékonyréteg félvezetőkől• Tandem cellák: HJT tetején perovszkit cellák• Kétoldalú (bifacial) panelek, hátoldali fény is hasznosul• Félcélás majd harmad-cellás panelek – belső ellenállás csökkentés• Multi busbar (MBB), több áramösszegyűjtő sín (busbar) – ezek a „csíkok” a paneleken• Vékonyfilm típusú félvezető panelek elterjedése | <p>Magasabb hatékonyság és hosszabb élettartam</p> <p>Fajlagos szerelési igény csökkenés</p> <p>PERC 1% hatásfok növekedés, TOPCon további 0,5-1%</p> <p>További 2-3% hatékonyságnövekedés, alacsony hőmérsékleti állandó – 26% hatékonyság limit</p> <p>35% panel hatékonyság érhető el</p> <p>Leginkább ez fogja rövid távon levinni az LCOE-t. 5-30% fajlagos termelés növekedés</p> <p>5-6W / panel többlet teljesítmény</p> <p>További belső ellenállás csökkentés</p> <p>Alacsonyabb LCOE mint szilícium alapú</p> |
|---|--|

Magyarországon a szélenergiafejlesztések és üzembe helyezések már a 2000. évtől elindultak, azonban a hazai közepes szélsebességi viszonyok, és főleg a 2017. évi lakossági távolsági rendelet miatt, 12 km védőövezet kijelölése, megállt a fejlesztésük. Ennek tavalyi feloldásával a fejlesztések remélhetően újra elindulnak.



Szélenergiafejlesztések

Magyarország, 2023.

Beépített kapacitás	325 MW
Felhasználási trend	Stagnál, bár az utóbbi hónapokban pozitív hírek láttak napvilágot
Hazai teljes fenntartható villamosenergia termelő potenciál	20-22 TWh (Lakott területeken kívül mintegy 4km-el)
A fenntartható potenciál kihasználtsága	~3%
Jellemző erőművi villamos teljesítmény (erőmű méret)	Háztartási méretben (nem jellemző): kW nagyságrend – Legnagyobb hálózatra termelők: 50 MW
Új beruházás élettartamra vetített villamosenergia termelési költsége (LCOE)	Nem áll rendelkezésre friss hazai adat, a nemzetközi adatok a naperőművi adatokkal csaknem megegyeznek: 80 – 130 EUR/MWh (hálózati – lakossági méreteken)
Jellemző teljes létesítési idő	Háztartási méret (nem jellemző): fél-1 év – Hálózatra termelő: 2-3 év
Előnyök	<ul style="list-style-type: none"> • A naperőművekhez hasonló fajlagos termelési költség új beruházás esetén • Jól skálázható, és több mint 7 MW kapacitású egyedi szárazföldi szélturbina is van • 10 MW nagyságrendű szélpark a fosszilis erőműveknél gyorsabban megépíthető
Hátrányok	<ul style="list-style-type: none"> • Időjárásfüggő, magas átlagos menetrendi eltérés • Hazánkban alacsony, 23%, de a naperőműnél magasabb kapacitás-kihasználtság • A MW tartományú, >100m magas szélkerekek lakossági elfogadtatása problémás

A beépített hazai biomassza és biogáz alapú villamosenergia termelő kapacitás 343 MW. Jelentős, 26 TWh/év potenciálú terület, aminek kiaknázásához a biomassza alapú termelés egységesebb európai megítélése, valamint a hazai biogáz kapacitások fokozott kihasználása lenne szükséges, és a bioenergia nem olcsó.



Biomassza erőművek

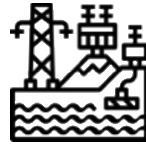


Biogáz erőművek

Magyarország, 2023.

Beépített kapacitások	~313 MW	~30MW
Felhasználási trend Magyarországon	Csökkenő	Növekvő
Hazai teljes fenntartható villamosenergia termelő potenciál	14-16 TWh/év	~10 TWh/év
A fenntartható potenciál kihasználtsága	7-8%	3-4%
Jellemző erőműi villamos teljesítmény	1 – 85 MW	500 kW – 5 MW
Új beruházás LCOE	~120 EUR/MWh	min. 130 EUR/MWh
Jellemző teljes létesítési idő	2-4 év	2 év
Előnyök	<ul style="list-style-type: none"> • 2,5 Mrd m3 földgáz kiváltási potenciál • Fűtőerőműnek is jó 	<ul style="list-style-type: none"> • 1,6 Mrd m3 földgáz kiváltási potenciál • Fűtőerőműnek is jó
Hátrányok	<ul style="list-style-type: none"> • Kibocsátás, alacsony villamos hatásfok • Tüzelőanyag-ellátás fenntarthatósága 	<ul style="list-style-type: none"> • Körülmenyes gázolóállítási technológia • Alacsony villamos hatásfok • Nagy teljesítményhez sok erőmű kell • Tüzelőanyag-ellátás fenntarthatósága

Magyarország „víz és geotermikus nagyhatalom”, ennek ellenére az ebben rejlő évi 6 TWh villamosenergia potenciálnak töredékét használja az ország. Egyetlen földhő alapú villamosenergia termelőnk van Turán, vízerőműben sincs előrelépés az elmúlt évtizedekben.



Vízierőmű



Geotermikus erőmű

Magyarország, 2023.	Vízierőmű	Geotermikus erőmű
Beépített kapacitások	~61 MW	~3MW
Felhasználási trend Magyarországon	Stagnáló	Stagnáló
Hazai teljes fenntartható villamosenergia termelő potenciál	3-4 TWh/év	~2 TWh/év
A fenntartható potenciál kihasználtsága	~6%	~1%
Jellemző erőműi villamos teljesítmény	1 – 28 MW	3 MW
Új beruházás LCOE	EU adat: ~80 EUR/MWh	min. 130 EUR/MWh
Jellemző teljes létesítési idő	3-10 év	2 év
Előnyök	<ul style="list-style-type: none"> Folyamatos, szabályozható termelés Extra hosszú, akár 100 év élettartam Alacsony üzemeltetési költség 	<ul style="list-style-type: none"> Folyamatos termelés
Hátrányok	<ul style="list-style-type: none"> Erős környezeti hatások lehetnek Nap és szélerőműveknél magasabb LCOE új beruházásnál 	<ul style="list-style-type: none"> Kicsi hazai erőmű méret Magas LCOE új beruházásnál hazánkban

Az első ipari léptékű, 0,5 MW / 1,2 MWh méretű Li-ionos technológiájú villamosenergia tárolót 2013.-ban helyezték üzembe hazánkban az MVM Tisza erőműben. Azóta még 7 telephelyen összesen 37 MW / 40 MWh hasonló energiatároló létesült. További 55 MW / 62 MWh engedélyezve van, de nincs még üzemben.



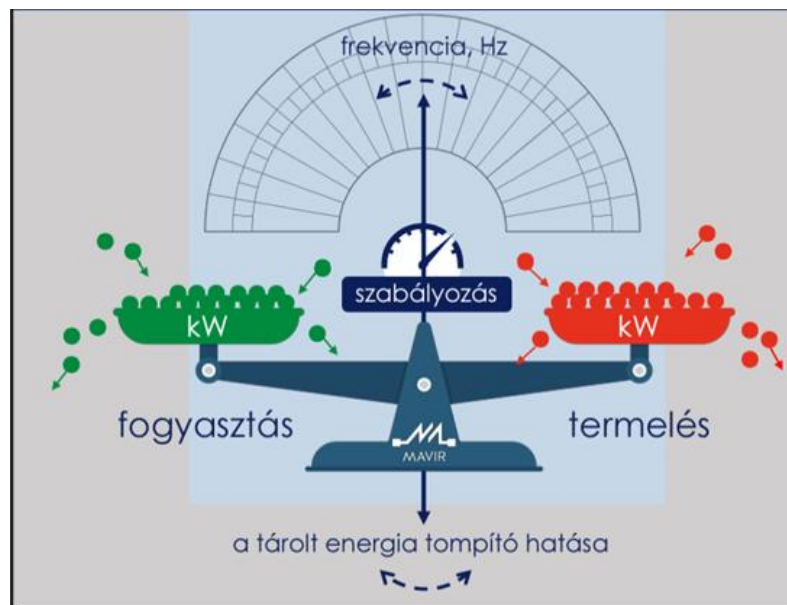
Villamosenergia tároló

Magyarország, 2023.

Beépített kapacitás	MW teljesítmény és 100 MWh energia
Felhasználási trend	Növekvő
Létesített tároló méretek	0,5 - 5,7 MW / 1,2 – 12 MWh
Új beruházás élettartamra vetített villamosenergia termelési költsége (LCOE)	Nincs hazai adat, nemzetközi adatok: 200 EUR/MWh (100 MW / 400 MWh méret) – 400 EUR/MWh (1 MW/ 2 MWh)
Teljes létesítési idő	2-3 év
Várható élettartam	5000-7000 teljes töltés-kisütés ciklus, ami 5-15 év használattól függően
Előnyök	<ul style="list-style-type: none"> • Azonnali reagálásra képes • Jól skálázható, kWh - GWh (legnagyobb jelenleg a világon az Edwards & Sanborn projekt Kaliforniában, 875 MW / 3287 MWh) • Gyorsan megépíthető • Beruházási költségei folyamatosan csökkennek
Hátrányok	<ul style="list-style-type: none"> • Időjárásfüggő termelők mellé építve jellemző áthidalás ideje¹ 4 óra, szezonális rugalmassági eszközként nem használható • Még mindig drága

A fogyasztás-termelés egyensúlyát a VER szintjén minden időpillanatban fent kell tartani. Az egyensúlytalanság mérőszáma a hálózati frekvencia 50Hz-től való eltérése. Az 50Hz fenntartása a rendszerirányító, a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító (MAVIR) feladata.

Az 50Hz hálózati frekvencia mint villamos rendszeregyensúly mutató

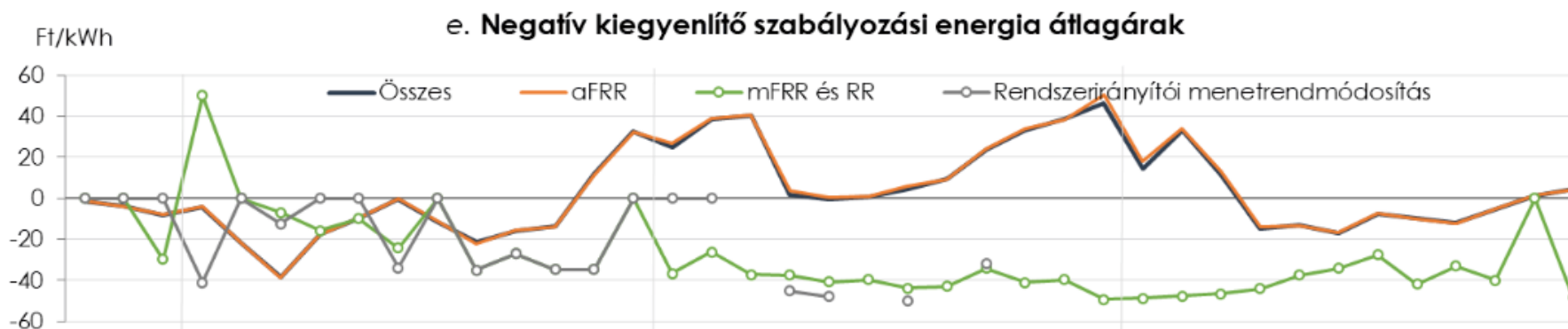
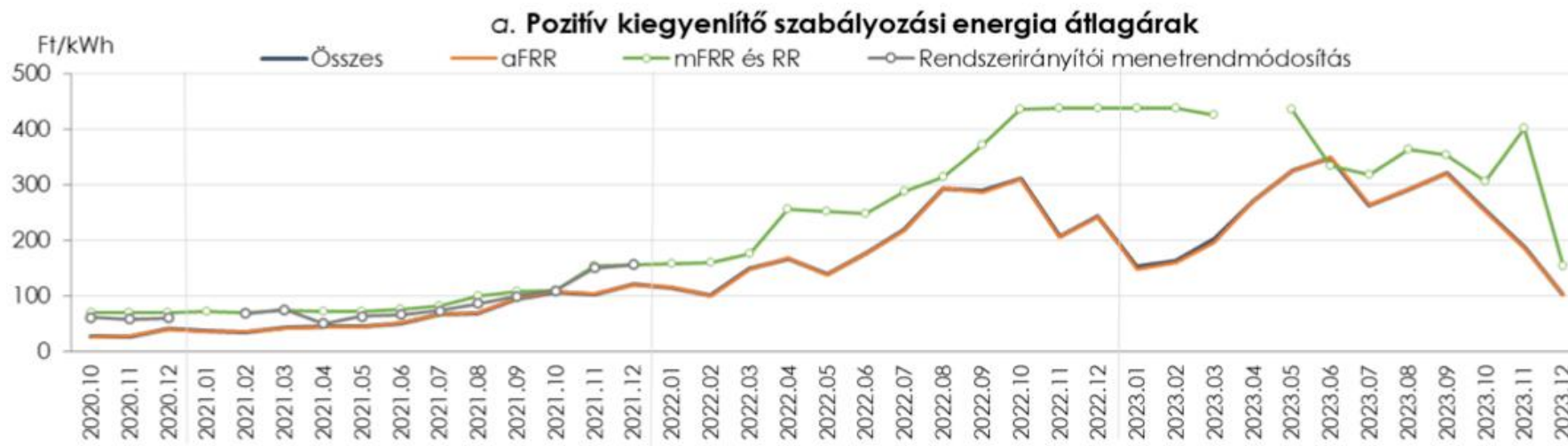


A 50Hz-nél kisebb érték túlfogyasztást, az annál nagyobb túltermelést jelent.

Az egyensúlytalanság szintjei és elhárításuk eszközei

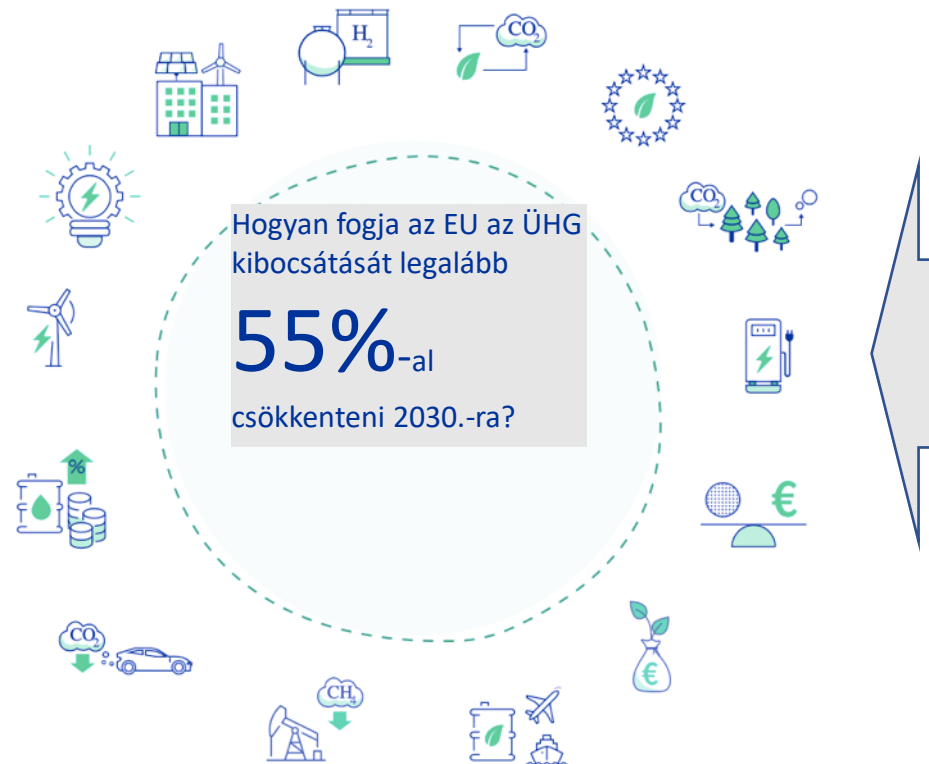
1. A frekvencia kis mértékben elkezd eltérni 50Hz-től	„Azonnali”, automatikus, ún. FCR (Frequency Containment Reserve - frekvencia tartási tartalék) beavatkozás, gyors reagálású forgó gépegységgel vagy Li-ionos villamosenergia-tárolóval
2. A frekvencia nem áll helyre	Automatikus aFRR (automatic Frequency Restoration Reserve) beavatkozás, forgó gépek vagy fogyasztók
3. A frekvencia még mindig nem áll helyre	Kézi irányítású mFRR (manual Frequency Restoration Reserve) beavatkozás, lassan reagáló forgó gépek, akár álló, gyors indítású eszközök, vagy fogyasztók
4. Továbbra sem áll helyre	Vésztartalékok, nemzetközi kisegítés
5. És végső esetben	Termelés/fogyasztás korlátozás

A villamosenergia ellátás járulékos, az ellátási árakba (%-os mértékben) beépülő eleme a kiegyenlítő energia költsége. Ennek mértéke kiemelt fontosságú az időjárásfüggő termelők terjedése során. Közelmúltbeli változását azonban, a nagykereskedelmi árakhoz hasonlóan, leginkább az orosz-ukrán háború befolyásolta.



A felülvizsgált NEKT WAM forgatókönyve (With Additional Measures – kiegészítő intézkedésekkel) teszi lehetővé az EU-s „Fit for 55” célok teljesülését 2030.-ra, amelyek között kiemelt szerepet kap az energiaipar ÜHG kibocsátásának csökkentése.

EU Fit for 55 célrendszer



EU Fit for 55 célok eléréshez szükséges NEKT WAM intézkedések

1. Az energiaipar 72%-os ÜHG kibocsátás csökkentése 2030-ig:
 - Naperőmű kapacitás 12 GW-ra növelése.
 - Villamosenergia tároló kapacitás 1 GW.
 - Biomassza kapacitás csökkentése és az ezzel termelt villamosenergia részarány 3%-ra csökkentése a megújulókon belül.
2. A közlekedés kibocsátásának csökkentése:
 - Bioüzemanyagok felhasználása.
 - A vasúti közlekedés megújuló energia hasznosításának négyszerezése.

A NEKT WAM (kiegészítő intézkedéseket tartalmazó) forgatókönyve számos, a villamosenergia szektorra vonatkozó célt tartalmaz 2050.-ig, például 24 GW beépített naperőmű kapacitás, amelyek teljesülésével a megújuló arány az energiafogyasztásban több mint 40% lesz.

NEKT WAM villamosenergia iparra vonatkozó célok 2050. évre

2050.-ben a megújuló alapú villamosenergia termelés 165 PJ (45,8 TWh) ami a teljes megújuló energia felhasználás több mint fele.

Az összes beépített fotovoltaikus kapacitás 2050-re megközelítheti a 24 GW-ot, termelése mintegy 27 TWh.

A biomassza és biogáz alapú villamosenergia termelés 10 TWh.

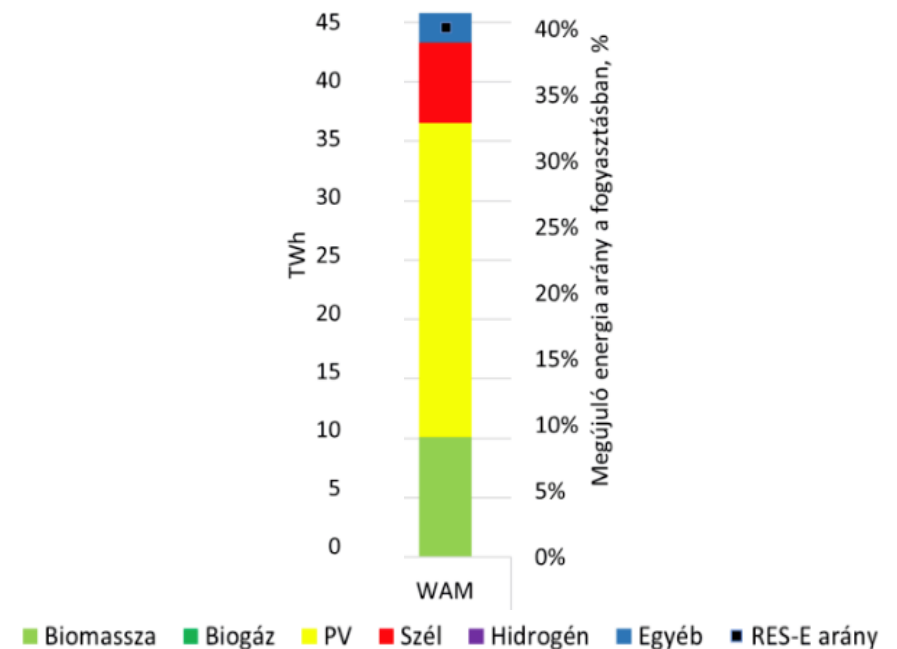
A szélenergia termelés mintegy 7 TWh.

A geotermikus kapacitások szerepe 2050.-ben a villamos energia termelésben marginális marad, 1%-os.

A teljes energia fogyasztásra vetített megújuló részarány meghaladja a 40%-ot.



A NEKT WAM megújuló energia alapú villamosenergia termelés szerkezete 2050.-ben



Köszönetnyilvánítás

A tanulmányban található egyvonalas ikonok a flaticon.com alkotóinak munkái.
Ezúton is szeretnénk megköszönni, hogy lehetővé tették az ábrák ingyenes felhasználását.

[Atomerőmű](#) | [Akkumulátoros energiátároló](#) | [Biomassza erőmű](#) | [Biogáz erőmű](#) | [Családiház](#) | [Elektromos gőzkazán](#) | [Elektromos járművek](#) | [Elektromos vízmelegítő](#) | [Energia takarékos épület](#) | [Fosszilis erőmű](#) | [Geotermikus erőmű](#) | [Gyár](#) | [Határkeresztesző távezeték](#) | [Hidrogén tároló](#) | [Hőszivattyús ház](#) | [Ipar elektrifikáció](#) | [Irodaház](#) | [Kohászat](#) | [Naperőmű](#) | [Szélerőmű](#) | [Távmunka](#) | [Távvezeték tartóoszlop](#) | [Transzformátor](#) | [Víz erőmű](#)

Magyarország 2050-re vonatkozó, alternatív villamosenergia-ellátási terve

2024. június

Kiadó: **Megújuló Magyarorszáért Alapítvány**

Kiadó székhelye: 1074 Budapest, Huszár utca 1.

Kiadásért felelős személy: **Szilágyi László**, a kuratórium elnöke

Projektvezető: **Jávor Benedek**

