

## ZöldÁram cikksorozat 4.

Dr. Kaderják Péter és Dr. Szolnoki Pálma\*:

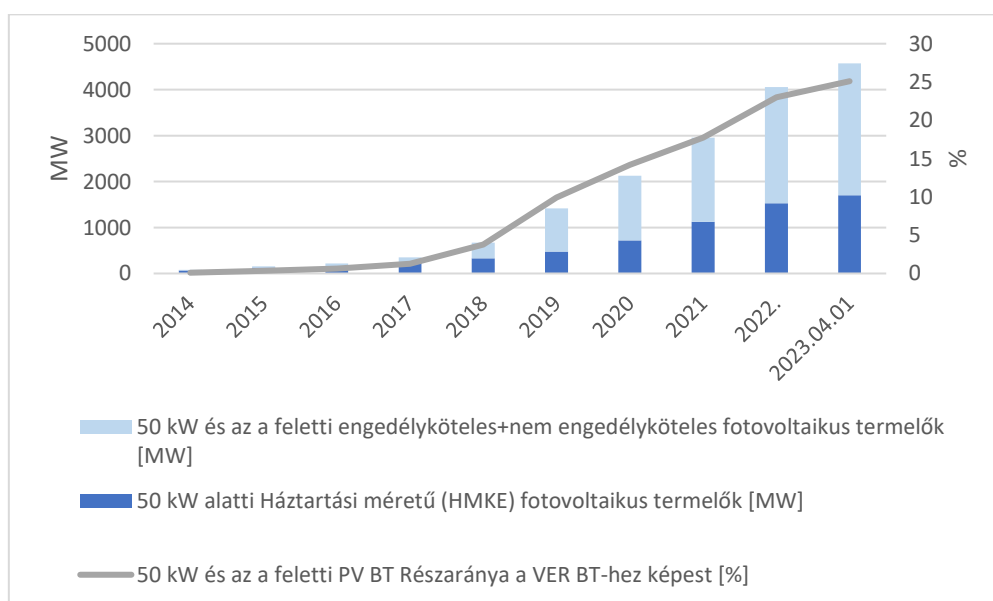
### Az időjárásfüggő megújuló villamosenergia-termelés térnyerése és a kiegyenlítő tartalékok: mennyi az annyi?

*A Zöldáram cikksorozat előző részeiben az időjárásfüggő megújuló áramtermelés gyors térnyerését mutattuk be. Ezzel párhuzamosan egyre több a kétely azzal kapcsolatban, meddig folytatható ez a dinamikus növekedés. A leggyakoribb kritika szerint az időjárásfüggők termelésének előrejelzési és menetrendtartási képessége gyenge, ezért térnyerésük egyre jelentősebb napon belüli menetrendi eltérést okoz. Ezek kiegyenlítéséhez, s ezáltal a magyar villamosenergia-rendszer frekvenciaszabályozási stabilitásának fenntartásához (lásd a keretes írást) számottevő többlet szabályozási kapacitás kiépítésére és lekötésére van szükség. Jelen írásunkban a fenti kritikára válaszul a naperőművi bővülés miatt fellépő többlet frekvenciaszabályozási kapacitásigény kérdését járjuk körül.*

Az időjárásfüggő megújuló villamosenergia-termelő, ezen belül kiemelten a naperőművi kapacitások - örvendetes módon - egyre nagyobb részarányt képviselnek a hazai erőművi portfólióban (lásd 1. ábra). A beruházói kedv a háztartások és a nagyobb naperőművi beruházók oldalán sem lanyhul.

Az a kedvező helyzet állt elő, hogy a jelenleg ismert, hiteles finanszírozási potenciállal bíró beruházási tervek alapján Magyarország már 2028-2030-ra elérheti a hatályos energiastratégiában 2040-re kitűzött megújuló villamosenergia-termelési céljait. Ez 12 GW körüli beépített időjárásfüggő megújuló áramtermelői kapacitást és évi 17 TWh termelést meghaladó hazai nap- és szélenergia termelést jelent. A korai teljesítés összhangban lenne az EU megemelt szintű klímaambícióival és az ebből hazánkra háruló kötelezettségekkel (FitFor 55, RePower EU), egyben nagy lépést jelentene Magyarország energiafüggetlensége felé.

1. ábra: Naperőművi kapacitások fejlődése Magyarországon



Forrás: MAVIR publikáció

A villamosenergia-hálózat felépítésének, illetve a rendszer üzemeltetésének és irányításának szigorú műszaki kritériumoknak kell megfelelnie. Az egyik legfontosabb alapvető minőségi paraméter a villamosenergia rendszerben a frekvenciaszintje.

A frekvenciaszint a magyar (és az európai) villamosenergia rendszerben 50 Hz, ennek az értéknek minden pillanatban egy bizonyos határon belül kell maradnia a hálózat és így a villamosenergia-szolgáltatás biztonságos működése érdekében. Ahhoz, hogy a frekvenciaszint a megfelelő értéken belül maradjon, a hálózatra történő betáplálásnak és vételezésnek mindig közel egyenlő mértékűnek kell lennie, vagyis a termelői oldal teljesítményének (erőművek termelése, import) mindig meg kell egyeznie a fogyasztók terhelésével (fogyasztók, erőművek önfogyasztása, hálózati veszteségek és export).

A termelés és a fogyasztás egyensúlyának fenntartásához központi irányításra van szükség. Ezt a tevékenységet rendszerirányításnak nevezzük, amelyet itthon (az átviteli hálózat üzemeltetése mellett) a MAVIR lát el. Ahhoz, hogy a MAVIR folyamatosan fent tudja tartani a betáplálás és vételezés közötti egyensúlyt, minden napra, és azon belül minden negyedóra menetrendet készít elő, és kér be az összes rendszerhasználótól, amely tartalmazza a terv betáplálási és vételezési villamosenergia-mennyiségeket. A menetrendtartás felelőssége a rendszerhasználóké, amennyiben eltérnek menetrendjüktől, kiegyenlítő energiadíjat kell fizetniük az adott negyedórában. A menetrendek és kiegyenlítési feladat kezelésére a rendszerhasználók ún. mérlegkörökbe állnak össze, a mérlegkörfelelősök begyűjtik tagjaik menetrendjeit, összevonják, és leadják a MAVIR felé, utána a mérlegkört érő büntetést visszaosztják.

A menetrendek és büntetés a minél pontosabb tervezéshez szükséges, ugyanakkor még nagyon pontos tervezés mellett is folyamatosan történnek előre nem látott események. Így a MAVIR-nak ahhoz, hogy frekvenciaszintet 50 Hz körül tartsa, a valós időben frekvenciaszabályozást kell végeznie. Ennek érdekében fenntartja a villamosenergia-szektor legrégebb óta működő rugalmassági piacát, a kiegyenlítő-szabályozási piacot. Ezen a piacon hagyományosan a teljesítményüket rugalmasan változtatni tudó erőműveket köt le a MAVIR rendelkezésre állásra (ez a piac rendelkezésre állási része, azaz a tartalékpia, vagy más néven kiegyenlítő-szabályozási kapacitás piac). Ezután a valós időben lehívja a tartalékokat egy másik kiegyenlítő-szabályozási energia piac keretében, ahol a konkrét aktiválásért versenyeznek már a szereplők. A kiegyenlítő-szabályozási tartalék és energia piacok az évek során sokat fejlődtek, és az időjárásfüggő megújuló megjelenésével jelenleg is nagy fejlődés alatt állnak.

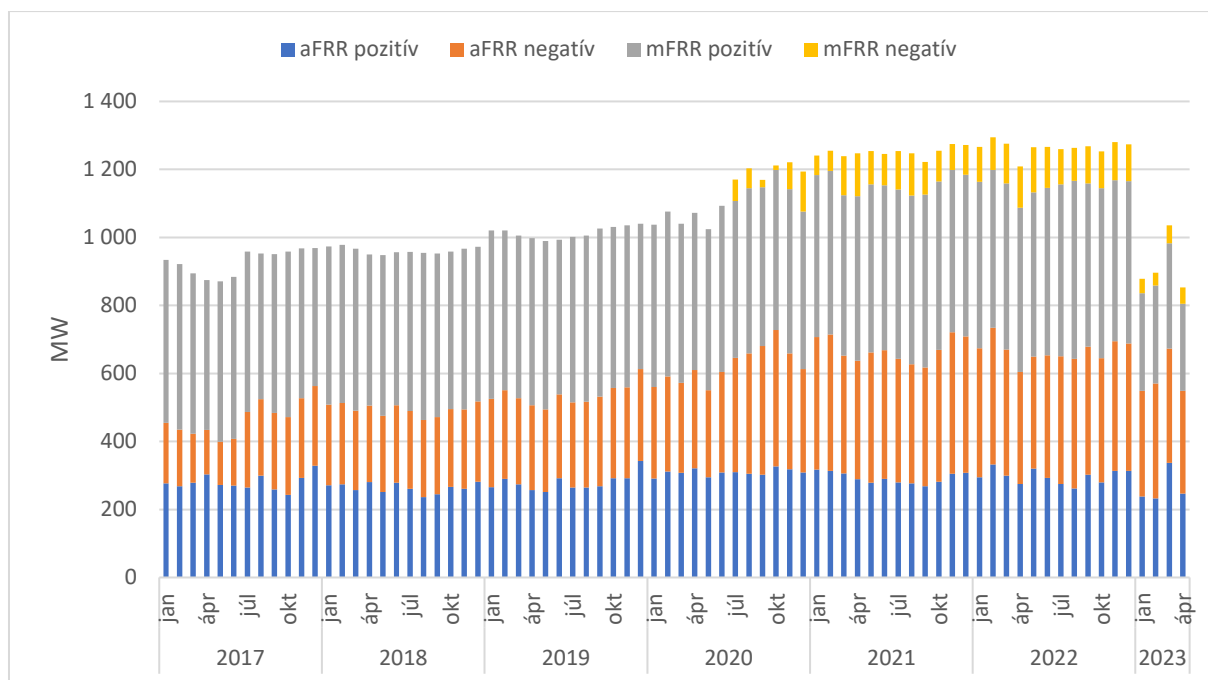
A villamosenergia-rendszerben a szabályozási kihívást tradicionálisan ugyanis a fogyasztói igények bizonytalansága okozta. A rendszerirányítók kiegyenlítő-szabályozási tartalékok fenntartásával és valós időben való aktiválásával a termelést a fogyasztás váratlan ingadozásaihoz igazították, így korrigálva a frekvenciaeltérést. Az időjárásfüggő termelés megjelenésével ehhez képest egy újabb bizonytalansági elem került a villamosenergia-rendszerbe, méghozzá a termelési oldalon. A nap és szél erőművi kapacitások bővülése időjárásfüggő, nem determinisztikusan kiszámítható termelésük miatt rendszerszintű szabályozási feladatot von maga után.

Felmerül azonban a kérdés, hogy a kapcsolódó rendszerszintű szabályozási kapacitásfejlesztési igények nem teszik-e fenntarthatatlanná a közelmúltat jellemző megújuló fejlesztési dinamika fenntartását?

A beépített időjárásfüggő villamosenergia-termelő kapacitás növekedése és a szükséges szabályozási kapacitás növekedés közötti kapcsolat feltárására céljából először megnéztük, hogyan változott a MAVIR kiegyenlítő szabályozási kapacitás lekötése az elmúlt hét év exponenciális naperőmű-bővüléssel jellemzett időszaka alatt (2. ábra).

Azt látjuk, hogy miközben 2017 és 2022 között a beépített naperőművi kapacitás mintegy tizenkétszeresére bővült Magyarországon, a lekötött tartalékkapacitás mértéke ugyanezen időszak alatt mindössze 36 százalékkal nőtt. Ráadásul 2023 elején a MAVIR új, immár EU szabály szerinti módszertant vezetett be a tartalék kapacitás-igény meghatározására, melynek hatására a lekötés mennyisége jelentősen visszaesett. Így 2023-ban néhány százalékkal kevesebb a lekötött tartalék mennyisége, mint 2017-ben volt. Az új szabály szerint 2023. januártól az új tartalékkapacitás meghatározási módszertan a múltbéli kiegyenlítetlenségek valószínűségére, illetve az időjárási körülményekre vonatkozó adatokon alapszik. A lekötés meghatározásában figyelembevételre kerül a nemzetközi nettósítás is.

2. ábra: A MAVIR által lekötött kiegyenlítő- szabályozási kapacitások mennyisége és szerkezete, 2017 január – 2023 január (MW)

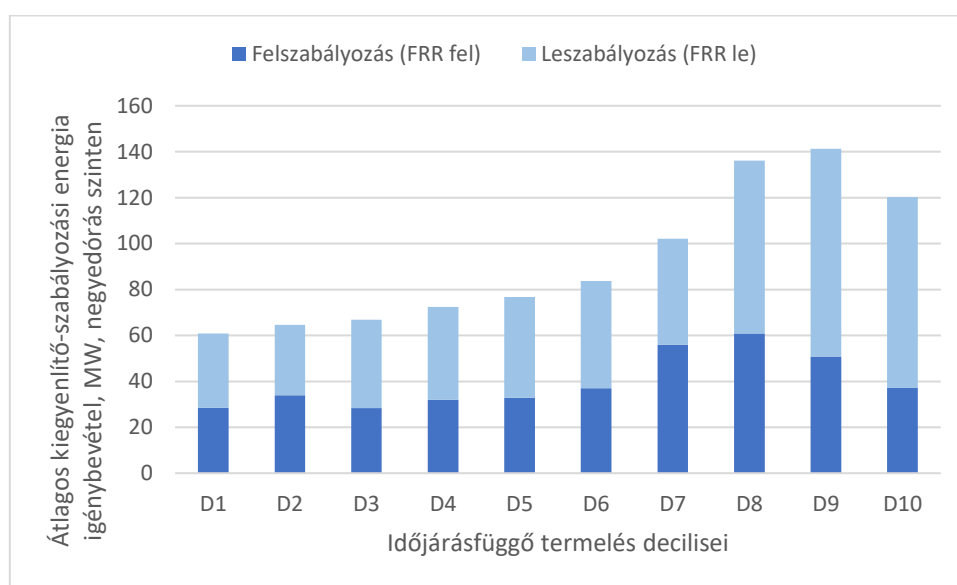


Forrás: MEKH Havi piaci jelentések

Ezután a 2022. év negyedórás adatait részletesebben elemezve azt a kérdést tettük fel, hogy vajon a magasabb időjárásfüggő megújuló termeléssel jellemzett időszakokban jelentősen magasabb tartalékkapacitás igénybevételre van-e szükség, mint az időjárásfüggő termeléssel kevésbé jellemzett (éjszakai) időszakokban. Az eredményeket a 3. ábra mutatja.

Mint látható, a legmagasabb megújuló termelési decilist leszámítva egyértelműen pozitív a kapcsolat az időjárásfüggő termelési szint és a kiegyenlítő-szabályozási energia igénybevétele között: a legkisebb (feltehetően döntően éjszakai) termelési szinthez kapcsolódó átlagos kiegyenlítő-szabályozási energia igénybevételhez képest 2,3-szor nagyobb a 9. decilishez tartozó igénybevétel. Ugyanakkor az időjárásfüggők a naperőművi kapacitások túlsúlya miatt akkor termelnek többet, amikor a fogyasztási szint is magasabb, a nagyobb fogyasztástömeghez pedig nagyobb kiegyenlítő-szabályozási igény is társul. Így a magasabb megújuló termeléssel jellemzett időszakok magasabb kiegyenlítő-szabályozási energia igénybevételét a magasabb fogyasztási szint inkább magyarázza, mint a magas megújuló termelési szint.

3 ábra: Az időjárásfüggő áramtermelők 2022-es negyedórás termelési szintjeinek decilisei és a vonatkozó átlagos kiegyenlítő-szabályozási energia igénybevétel



Forrás: Saját számítás MAVIR adatpublikáció alapján

A magyar múltbeli fejlemények tehát nem támasztják alá azt a hipotézist, hogy az időjárásfüggő áramtermelő-kapacitások penetrációja feltétlenül nagyon jelentős hazai rendszerszintű szabályozási tartaléknövekedéssel kell együtt járjon.

Ennek több magyarázata lehet.

Egyrészt az elmúlt időszakban folyamatosan fejlődött az időjárásfüggő termelés előrejelzése, egyre jobb előrejelzéseket készítenek a meteorológiai szolgálatok, és erre egyre jobb előrejelző modelleket építenek a piaci szereplők.

Egy további magyarázó tényező, hogy a harmonizált európai belső villamosenergia-piaci szabályok fokozatosan abba az irányba fejlődnek, hogy a piaci szereplők a valós időhöz minél közelebb tudjanak még korrigálni menetrendjükön, és az egyre jobban összekapcsolt és ezáltal egyre likvidebbé váló másnapi és napon belüli nagykereskedelmi piacokon még lekereskedhessék a frissített előrejelzések alapján adódó kiegyenlítetlenségüket. Így a valós időben a rendszerirányító által működtetett kiegyenlítő-szabályozási piacra egyre kevesebb kiegyenlítetlenség kezelése marad.

A menetrend pontos betartására ráadásul a szabályozás is egyre jobban ösztönzi az időjárásfüggő megújulókat. A kereskedelmi méretű időjárásfüggő megújuló termelők pontatlan menetrendtartásához kapcsolódó kiegyenlítő energiaköltségeket a szabályozás 2026-ig fokozatosan és teljesen a megújuló termelőkre terheli. Ez nagyon erősen ösztönzi a megújuló energiatermelési engedélyezési kört a menetrendtartási képessége javítására – azaz a kiegyenlítő energiaköltség minimalizálására, azonban az ilyen jellegű ösztönzés a háztartási méretű kiserőművi szegmensben ma teljesen hiányzik.

A fenti folyamatok abba az irányba hatnak, hogy egy-egy újabb MW naperőművi kapacitás fajlagosan egyre kisebb kiegyenlítő-szabályozási tartalékigényt generáljon.

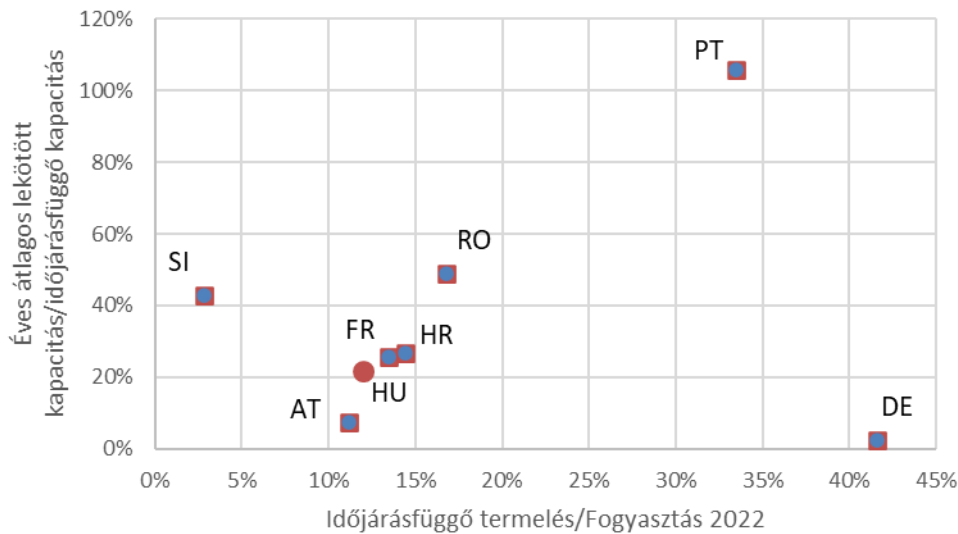
A hazai tartalékkapacitások iránti igényre pedig közvetlenül csökkentően hat, hogy egy nemzetközileg olyan erősen összekötött villamosenergia rendszer esetén, amilyen a magyar, a kiegyenlítéshez szükséges kapacitás- és energiaigény egy része nemzetközi kooperáció révén is igénybe vehető. A kiegyenlítő-szabályozási energia esetén ez ma már létező gyakorlat. 2022-ben például a fel irányú kiegyenlítő-szabályozási energia aktiválások 41 százalékát, a le irányú aktiválásoknak pedig 36 százalékát nemzetközi (IGCC) kooperáció keretein belül hajtotta végre Magyarország, azaz ezekben az esetekben hazai kapacitások aktiválására nem volt szükség.

A 2023. január 1-től bevezetett kiegyenlítő-szabályozási tartalékigény számítási módszertan már az IGCC hatást is figyelembe veszi, a csökkenés így részben ennek is köszönhető. 2024. júliusától pedig továbblépünk majd a kiegyenlítő-szabályozási energiapiacok európai szintű integrációjában, így tovább erősödhet ez a hatás. További lehetőség lehet, hogy régiós kiegyenlítő-szabályozási kapacitás piacokhoz csatlakozzunk, ezzel a hazai szabályozói kapacitás lekötési igény tovább mérsékelhető lenne. A csatlakozásunkra vonatkozó döntés ugyanakkor még várat magára.

A beépített időjárásfüggő villamosenergia-termelő kapacitás és a kapcsolódó szabályozási kapacitás igény közötti kapcsolatot nemzetközi adatok keresztmetszeti elemzése révén is vizsgáltuk. Az ENTSO-E Transparency platformon elérhető adatok alapján megnéztük, milyen kapcsolat áll fenn az éves átlagos lekötött szabályozási tartalék kapacitásnak az időjárásfüggő megújuló beépített kapacitáshoz viszonyított aránya, valamint az időjárásfüggő energiaforráson alapuló áramtermelésnek a fogyasztáshoz viszonyított aránya között. (lásd 4. ábra - az összehasonlításhoz szükség volt relatív mutatók képzésére, mivel nagyon különböző méretű piacokról van szó.)

Ez az elemzés azonban nem vezetett statisztikailag értelmezhető eredményre, mivel ezek az adatok nem érhetőek el minden tagország esetén, így a kicsi elemszámú minta alapján nem tudunk egyértelmű kapcsolatot megállapítani.

1. ábra: Egyes tagállamok időjárásfüggő termelésének és lekötött kiegyenlítő-kapacitásának kapcsolata



Forrás: ENTSO-E adatok alapján saját számítás

Összefoglalva, az biztosan állítható, hogy az időjárásfüggő megújulók többlet-kiegyenlítési feladattal járnak. A múltbeli hazai adatokból viszont az is látható, hogy a menetrendtartást ösztönző és támogató keretek fejlődésével ez a kiegyenlítési szabályozási igény fajlagosan csökken. Ennek köszönhetően az elmúlt időszak jelentős PV kapacitásbővülése nem eredményezett jelentős kiegyenlítő-szabályozási kapacitásigény-növekedést.

Ahhoz, hogy a jövőben továbbra is hasonló dinamikával bővíthessenek az időjárásfüggő megújulók, fontos, hogy a menetrendtartás tovább javuljon, a nemzetközi kooperáció tovább bővüljön, így nem feltétlen lesz szükség jelentős hazai kiegyenlítő-szabályozási kapacitás bővítésre. Sőt, tovább javulhat a menetrendtartás az ún. hibrid erőművek megjelenésével, ahol naperőművi vagy szeles kapacitások mellé energiatároló kapacitásokat is kiépítenek. Nemzetközi szinten egyre inkább ez a tendencia a jellemző.

Ha – jobb fogódzó híján – azt feltételezzük, hogy egységnyi beépített időjárásfüggő megújuló termelő kapacitás növekedés 10% többletszabályozási tartalékigény kiépítését vagy meglévő szabályozási képesség mobilizálását teszi szükségessé, a 2040-es időjárásfüggő megújuló energia célok korábbi teljesítéséhez szükséges többlettartalék- vagy rugalmassági igény nem haladja meg a 800 MW-ot. Arra, hogy ezt a szabályozási tartalékigény-növekményt milyen forrásból lehet és érdemes fedezni, a cikksorozat későbbi részében térünk vissza.

\* A szerzők a Zéró Karbon Központ munkatársai

Szerkesztett formában megjelent 2023. augusztus 14-én a VG.hu oldalon.