

ZöldÁram cikksorozat: 10 rész
Kaderják Péter – Szolnoki Pálma*:

Rugalmassági piacépítés_zéró karbon rugalmassági lehetőségek

A megújuló erőmű kapacitások növelésének elengedhetetlen feltétele a villamosenergia-rendszer rugalmasságának növelése. Ezért most amellett érvelünk, hogy a jelentős nemzetgazdasági hasznot ígérő gyorsított megújuló áramtermelési program megvalósítása ki kell egészüljön egy átgondolt és következetes rugalmassági piacépítési programmal. Erre nyújt karbonsemleges megoldást a nemzetközi piacösszekapcsolás, az elosztóhálózati rugalmassági piacok kiépítése, a MAVIR rugalmassági piac fejlesztése, a fogyasztó oldali rugalmasságképesítések létrehozása és a meglévők piacra lépését segítő feltételek megteremtése, valamint az aggregátorok és energiaközösségek terjedése.

Az időjárásfüggő áramtermelő kapacitások térnyerése a villamosenergia ellátásbiztonság szempontjából két kritikus kérdést vet fel.

Az első, hogy az időjárásfüggő megújuló termelés nélküli időszakokban a villamosenergia-rendszer kínálati oldalán elegendő kapacitás áll-e rendelkezésre ahhoz, hogy a kereslet ezekben az időszakokban is maradéktalanul kielégíthető legyen hazai termelői kapacitások aktiválása és határkeresztező kereskedelem révén (rendszermegfelelőség). Magyarország a határkeresztező hálózati összeköttetésekkel európai szinten az egyik legerősebben összekötött villamosenergia rendszerrel rendelkezik, ez a kérdés ezért csak összeurópai elemzések révén válaszolható meg.

Az átviteli társaságok európai szervezete (ENTSO-E) rendszeresen végez ilyen jellegű elemzéseket a szervezethez tartozó rendszerek, köztük Magyarország vonatkozásában is. Ezek arra utalnak, hogy az összeurópai dekarbonizációs törekvések, ennek részeként az időjárásfüggő megújulók gyors térnyerése és a fosszilis kapacitások fokozódó kivonása miatt a 2030-ig terjedő időszakban a [kapacitáshiányos időszakok kockázata jelentőssé válik a kontinensen és Magyarországon](#) is. Ezen európai szintű kapacitásprobléma hazai következményeinek és az azok kezelésére vonatkozó lehetőségek elemzése túlmutat ezen írás keretein.

E cikk a megújuló áramtermelés térnyerésével kapcsolatos másik ellátásbiztonsági kérdésre koncentrálna, azaz, hogy az időjárásfüggő termelés gyors penetrációja által okozott, vagy felerősített hálózati és villamosenergia-rendszer problémák kezeléséhez elegendő rugalmas reagálási képességű kapacitás áll-e rendelkezésre Magyarországon. A villamos hálózatokra csatlakoztatott időjárásfüggő termelői kapacitások terjedése ugyanis egyre nagyobb üzembiztonsági kihívás elé állítja az átviteli (TSO) és az elosztó (DSO) hálózatok üzemeltetőit. A jövőben ezeket a nehézségeket várhatóan tovább fogja növelni a fűtési rendszerek és a közlekedés egyre nagyobb mértékű villamosítása, valamint az energiaigényes iparágak térnyerése.

A felmerülő nehézségeket az alábbi három fő csoportba oszthatjuk:

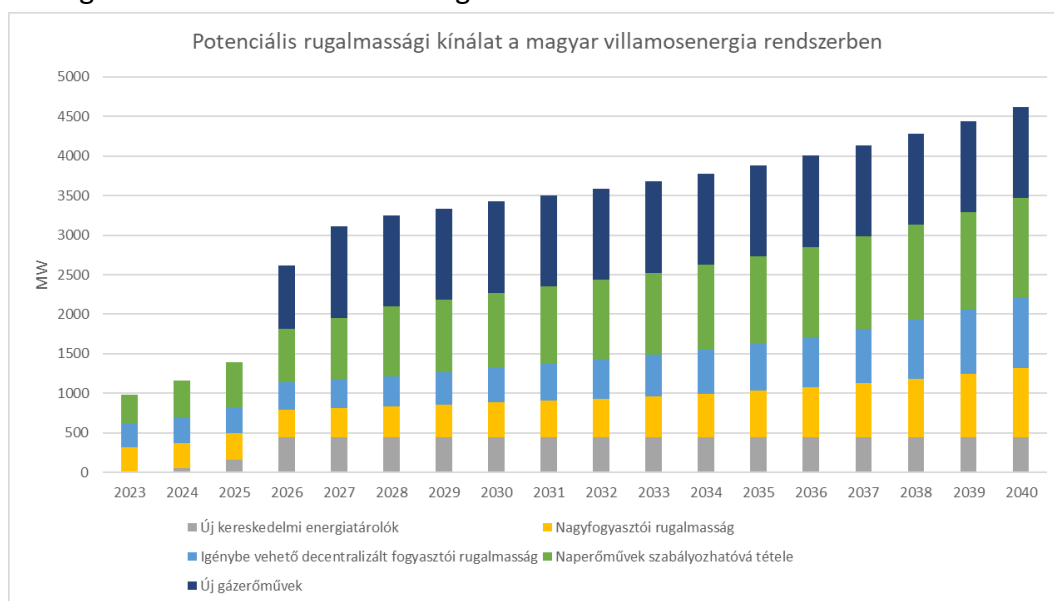
- **Frekvenciaringadozás**, mely a termelés és a felhasználási igények pillanatnyi kiegyenlítetlenségéből fakad. A probléma rendszerszintű, ezért kezelése a TSO feladata, mely erre a célra jól bejáratott szabályozási kapacitás- és energiapiacokat üzemeltet.
- **Hálózati szűkületek**: a termelés és fogyasztás földrajzi elhelyezkedésének, valamint a villamos energiát szállító hálózati eszközök fizikai korlátainak következményei. Szűkületek az átviteli és az elosztó hálózatokon egyaránt előfordulhatnak. Kezelésük az adott hálózatot üzemeltető engedélyes feladata.
- **Feszültségingadozás**: szintén a termelés és fogyasztás fizikai távolságából, valamint a hálózati és az arra csatlakoztatott termelő- és fogyasztó eszközök induktív és kapacitív jellemzőiből fakad. Feszültségproblémák elsősorban az elosztóhálózatokon jelentkeznek, így kezelésük főleg a DSO-k számára jelent kihívást.

A MAVIR a fenti problémák kezelésére jól fejlett, jelentős működési tapasztalattal rendelkező rendszerszintű szabályozási piacot működtet.

Elosztói szinten a hálózati szűkületek és a feszültségingadozás okozta kihívásokra alapvetően háromféle válasz adható: (1) a hálózathasználat szelektív korlátozása; (2) a hálózati szűkületi pontok megerősítése új beruházásokon keresztül; illetve (3) megfelelő piaci árjelzések nyújtása a termelők és fogyasztók felé, akik reagálásukkal csökkentik a problémák mértékét (rugalmassági piac kialakítása).

Mind a MAVIR, mind az elosztóhálózati üzemeltetők problémakezelési lehetőségeit javítja, ha új rugalmassági képességek kiépítésére vagy meglévők piacra léptetésére kerül sor. Ezért megvizsgáltuk, hogy a megújulóknak térnyerése által várhatóan megnövekvő rugalmassági kereslet kielégítésére milyen főbb technológiai megoldások alkalmasak, és ezek milyen nagyságrendben és milyen költségen építhetők ki vagy vonhatók be a hazai rugalmassági piac kínálati oldalára.

Az alábbi ábra mutatja be a jelenleg rendelkezésre álló és a 2030-ig potenciálisan piacra vihető rugalmassági kínálat alakulását technológiák szerint.



Potenciális rugalmassági kínálat a magyar villamosenergia rendszerben, 2023 – 2030

Forrás: Zéró Karbon Központ becslés

A rugalmassági kínálat potenciális bővülésének becslése során a következő technológiai alternatívákat vettük figyelembe.

- **Új kereskedelmi energiatárolók.** A MEKH adatközlése szerint 2023 februárban hét engedélyes 28MW/37MWh villamosenergia-tároló berendezést üzemeltetett a magyar villamosenergia rendszerben. A kiépített hazai tárolói kapacitások a következő években várhatóan jelentősen bővülnek a már meghirdetett és jövőbeli kormányzati tároló támogatási pályázatok révén. Ez érinti mind az ún. hálózati integrált, mind a kereskedelmi célú energiatároló kapacitásokat. Előbbi esetében a 2022 júliusában az NFFKÜ által meghirdetett, 2022/MA/ETÁROLÁS/01 kódszámú pályázati felhívásán nyertes MAVIR és elosztó társaságok 32,7 milliárd forint támogatás segítségével 38 MW /100 MWh tároló kiépítését vállalták 2025-re. Továbbá hálózati integrált energiatárolók átviteli- és elosztói engedélyeseknél történő telepítésének támogatására 2023 áprilisában jelent meg [az RRF-6.4.1-23 pályázat](#) 58 milliárd forint támogatási kerettel. A pályázat eredményeként a kiíró 2025 május végéig 146 MWh hálózatilag integrált tároló kapacitás kiépítésére számít.

A kiépülő hálózatilag integrált tárolói képesség tehát 2025 végére elérheti a 110MW/246MWh mennyiséget. Mivel a hálózati integrált tárolók nem használhatók kiegyenlítő szabályozásra és szűk keresztmetszet kezelésre, ezektől eltekintünk a rugalmassági kínálat becslése során – noha ezen berendezések nyilvánvalóan javítják a hálózati társaságok rugalmas reagálási képességeit. Figyelembe vettük viszont a piaci szereplők által megvalósítandó tároló berendezések támogatására 2023 májusában társadalmi konzultációra bocsátott pályázat tervezetét, amely 2026 május végéig mindösszesen 885 MWh új kereskedelmi tároló kapacitás megvalósítását ösztönzi 62 milliárd forint támogatás felhasználásával. A magyar villamosenergia-rendszerbe épített hálózati tároló berendezések tehát 2026 közepére-végére elérhetik az 581MW/1168MWh nagyságrendet.

- **Igénybe vehető decentralizált fogyasztói rugalmasság.** Az igénybe vehető decentralizált fogyasztói rugalmassági képességek felmérése céljából a Zéró Karbon Központ (ZKK) – az MVM-mel együttműködve – 2023 elején vizsgálta a kisfogyasztók által üzemeltetett fontosabb elektromos berendezések jelenlegi mennyiségét és villamos kapacitását, valamint ezek várható jövőbeni trendjeit. A vizsgálat a következő elektromos berendezésekre terjedt ki: elektromos gépjárművek, villamos vízmelegítők és hőszivattyúk. A potenciális rugalmassági kínálat részeként a kisfogyasztóknál rendelkezésre álló becsült villamos kapacitás 10%-át vettük figyelembe.
- **Nagyfogyasztói rugalmasság.** Publikus felmérés híján itt azon egyszerű és konzervatív feltételezésre támaszkodtunk, hogy a piacra bevonható nagyfogyasztói rugalmassági potenciál a vizsgálat időtávján mindenképpen eléri az igénybe vehető decentralizált, kisfogyasztói képességek mennyiségét. Valójában a nagyfogyasztói rugalmassági potenciál az így feltételezettnél feltehetően jóval magasabb.

- **Időjárásfüggő megújuló erőművek szabályozási lehetősége.** Az időjárásfüggő megújuló erőművek termelése a kapcsolódó inverterek távvezérlése révén önmagában is gyorsan és rugalmasan változtatható, többnyire persze elsősorban leszabályozási irányban. Ezen szegmens rugalmassági kínálatának becslése során azt feltételeztük, hogy 2030-ig a minden évben az újonnan létesülő kereskedelmi méretű naperőművi kapacitás 10 százaléka lesz képes rugalmassági képesség felajánlására. Ez 2023-ra például 357 MW naperőművi rugalmassági képesség feltételezését jelenti. A MAVIR adatközlése alapján 2023 júniusában már 954 MW időjárásfüggő megújuló erőművi kapacitás - Ebből 321 MW aFRR, 454 MW mFRR 12,5, és 179 MW mFRR akkreditációval rendelkezik - akkreditációjára került sor, azaz a 10 százalékos feltételezésünk meglehetősen konzervatív. Az időjárásfüggő megújuló erőművek rugalmassági képességének kérdésével ezen sorozat külön cikkében is foglalkozunk.
- **Új gázerőművek.** A kormány 2027 végéig három kombinált ciklusú, nagy kapacitású gázerőmű (CCGT) megvalósítását [tervezi](#), melyek együttes kapacitása eléri az 1.648 MW-ot. Az ilyen erőművek rugalmassági szolgáltatások nyújtására kiválóan alkalmasak. Ezért a rugalmassági kínálat becslésénél ezen lehetőséggel is számoltunk, a tervezett kapacitások 70 százalékát véve figyelembe rugalmassági potenciálként. A gázerőművek természetesen nem tekinthetők zéró karbon rugalmassági lehetőségnek, hiszen igénybevételük üvegházgáz kibocsátással jár.

Arra vonatkozó becsléssel is rendelkezünk, hogy a fenti rugalmassági képességek kiépítése új berendezések esetén (energiatárolók, CCGT erőművek), illetve meglévő termelői vagy fogyasztói berendezések rugalmassági képességének piacra léptetése esetén milyen beruházási költségekkel jár.

Rugalmassági alternatíva	millió HUF/MW
Naperőművek szabályozhatóvá tétele	0,5*
Nagyfogyasztói rugalmasság	40
Igénybe vehető decentralizált fogyasztói rugalmasság (hőszivattyú, bojler, elektromos jármű)	120
Új gázerőművek	330
Új kereskedelmi energiatárolók	405

A rugalmassági kínálati alternatívák piacra léptetésével kapcsolatos, egy MW-ra jutó becsült CAPEX igény

Forrás: RRF-6.5.1-23 pályázat anyaga; <https://www.statista.com/statistics/243707/capital-costs-of-a-typical-us-combined-cycle-power-plant/>; ZKK becslés iparági konzultációk alapján

** Itt jelentős a volumenhozadék; nagyobb, 20 MW-os napelem parkoknál sem haladja meg a 12 millió forintot*

A jelentős nemzetgazdasági hasznot ígérő gyorsított megújuló áramtermelési program megvalósítása tehát ki kell egészüljön egy átgondolt és következetes rugalmassági piacépítési programmal. Ez garantálhatja, hogy a megújulók hálózati és piacintegrációja az energia ellátásbiztonság magas szintjének fenntartása mellett valósuljon meg.

A rugalmassági piacépítés során a következő szempontok érvényesítése kiemelten fontos.

Költséghatékonyság. Mint láthattuk, az időjárásfüggő megújulók terjedése által becsült többlet rugalmassági kereslet kielégítésére több, jelentősen eltérő költségű technológiai alternatíva is rendelkezésre áll. Éppen ezért fontos, hogy a piacépítés egyes technológiák célzott támogatása helyett lehetőleg a különféle rugalmassági képességek piacra léptetését ösztönözze költséghatékony és technológia semleges módon. A piaci megoldások, mint a rendszerszintű szabályozási piac fejlesztése vagy az elosztói rugalmassági piaci beszerzések elindítása, valamint különféle versenyztetési eljárások megfelelő intézményként szolgálhatnak a költséghatékony alternatívák piacra lépésének támogatásában.

Régiós piacintegráció. A hazai rugalmassági piacépítést célszerű az uniós, illetve a régiós piacintegráció kereteibe helyezve, annak előnyeit kihasználva végrehajtani. Az önellátásra törekvés ezen a területen is feleslegesen költséges megoldás lehet a fogyasztók számára, amely káros a nemzetgazdasági versenyképesség szempontjából.

Zéró megújuló energiavesztésre törekvés. A rugalmassági lehetőségek eltérő sajátosságokkal bírnak klímavédelmi és energiaszuverenitási szempontból. A megújuló áramtermelés gyorsított fejlesztése mellett elsősorban energiaszuverenitási és klímavédelmi előnyök szólnak, de ezen előnyöket csökkenti, ha az időjárásfüggő megújulók kiszabályozását gázos erőművekkel végezzük, hiszen ez üvegházgáz kibocsátáshoz és gázimport növekedéshez vezet. A megújuló erőművek (le)szabályozása pedig lényegében már megtermelt megújuló energia „kidobását” jelenti.

A fogyasztói rugalmassági képességek szabályozási célú alkalmazásának hatása az energiaszuverenitásra és klímavédelemre igen eltérő lehet: például a villanybojlerok a megújuló villamosenergia hőtárolási megoldásának tekinthetőek, azaz igénybevételük klímavédelmi és energiaszuverenitási szempontból kedvező lehet, miközben előfordulhat, hogy nagyfogyasztók fosszilis tüzelőanyag bázison ajánlanak fel szabályozási kapacitást. Ugyanakkor a villamosenergia tároló berendezések egyértelműen azt a célt szolgálják, hogy a megtermelt megújuló energiát eltároljuk és alkalmas időben felhasználhassuk. A rugalmassági képességek piacra segítése, igénybevétele és kompenzálása kapcsán tehát indokoltabb a klíma- és energiaszuverenitási szempontból kedvezőbb alternatívák preferálása.

Háztartási méretű kiserőmű (HMKE) integráció. Miközben a kereskedelmi méretű megújulók piaci integrációja jól halad, a háztartási méretű kiserőművek termelési jellemzőinek gyűjtése,

elemzése, az ezen eszközök piaci integrációját segítő ösztönzők kialakítása és alkalmazása idehaza gyerekcipőben jár. Ezért a HMKE integráció elősegítésére külön piacépítési alprogramot érdemes kidolgozni és megvalósítani. Ez többek között méréssel, közcélú adatbázis létrehozásával, ösztönző elszámolási szabályok megalkotásával, aggregációs és energiaközösségi megoldások kialakításával kapcsolatos feladatokat foglalhat magában.

Ösztönző hálózati tarifaszabályozás. Annak érdekében, hogy a rugalmassági piac keresleti oldalát reprezentáló hálózati társaságok érdekelték legyenek a rugalmassági piacépítésben, meg kell szüntetni a rugalmassági képességek beszerzésével kapcsolatos költségeik megtérülésével, illetve az ezáltal elvesztett tőkemegtérülésükkel kapcsolatos bizonytalanságokat. A mai hálózati tarifaszabályozási környezetben a hálózati problémák fizikai eszközökbe történő beruházások révén történő kezelése jellemzően jövedelmezőbb a társaságok számára annál, mintha a probléma kezelésére rugalmassági szolgáltatást vennének igénybe piaci alapon. Az elosztói rugalmassági piacok nem életképesek, ha az elosztók nem érdekelték a rugalmassági szolgáltatások piaci alapú beszerzésében.

Végül az alábbi táblázat összefoglalja a fenti rugalmassági képességekkel rendelkező piaci szereplők piacra jutását jelenleg akadályozó szabályok eltávolítása, illetve a számukra hiányzó ösztönzők kialakítása mely esetekben lenne szükséges.

Szabályozási terület	Javasolt szabályozási intézkedés	A javasolt intézkedés néhány jellemzője			
		Költséghatékonyság	Zéró megújuló veszteség	Földgáz kiváltás	Tarifális ösztönzés szintje
Nemzetközi piacintegráció a szabályozási kapacitás piacon	·MAVIR kötelező részvételére vonatkozó döntés és határidő megállapítása				
Elosztóhálózati rugalmassági piacok létrehozása	·Állami pénzből fejlesztett platformok know how kötelező átadása				
	·DSO smart-grid infrastruktúra és adatmenedzsment fejlesztésének támogatása				
	·Tarifaszabályozáson keresztüli ösztönzés				
MAVIR piacfejlesztés	·Termékstruktúra felülvizsgálata az új típusú rugalmassági szolgáltatók bevonásával				
Aggregátorok, energiaközösségek	·A független aggregátorok szempontjából támogató(bb) szabályozás kialakítása (kereskedő-aggregátor elszámolás)				
	·Az adatokhoz való hozzáférés szabályozása (szerződéses partnerek fogyasztási adataihoz való hozzáférés, fogyasztói adatbázisokhoz való hozzáférés)				
	·Akkreditációs követelmények egyszerűsítése, mérés, elszámolási szabályok, behind-the-meter mérés				
	·Fogyasztói képességek agregálása				
	·Több piacon egyidőben történő ajánlatadás szabályainak kidolgozása				
HMKE program	·Közcélú adatbázis építés				
	·Mentrendtervezés és -tartás javítását ösztönző rendszer kialakítása				
	·Aggregáció és energiaközösségek lehetőségének megteremtése				

A rugalmassági kínálati potenciállal rendelkező piaci szereplő piacra juttatását segítő szabályozási javaslatok és az intézkedések néhány jellemzője. A színek jelentése: zöld: jó; sárga: semleges; piros; gyenge

Forrás: Zéró Karbon Központ szerkesztés

A megújuló áramtermelés gyorsított térnyerése Magyarországon nemzetgazdasági szinten megtérülő, energiaszuverenitásunkat fókuszáltan erősítő program lehet. Annak végrehajtása

ugyanakkor azt igényli még, hogy az új és meglévő rugalmassági képességek piacra lépését segítő kiépüljön egy szisztematikus rugalmassági piac. Ennek a szabályozási és intézményi építkezésnek a kulcsfontosságú elemei hazánk régiós szabályozási kapacitáspiaci integrációja, az elosztói rugalmassági piacok tényleges működésének megteremtése, az új rugalmassági piaci szereplők piacra lépését segítő MAVIR termékfejlesztés, a működőképessé független aggregátori és energiaközösségi modellek véglegesítése és egy, a HMKE-k rendszerintegrációját ösztönző komplex intézkedéscsomag megvalósítása.

**A szerzők a Zéró Karbon Központ munkatársai*

„Szerkesztett formában megjelent 2023. szeptember 8-án a VG.hu oldalon.”