

Átalakuló energiapiac - Hálózati szintű kihívások és lehetőségek 2023-2030 között

Fehér könyv

2024. január



Tartalomjegyzék

| | |
|---|-----------|
| 1. Az átviteli és elosztói hálózatra ható fő piaci trendek az EU-ban | 4 |
| 1.1 Dekarbonizációs törekvések | 4 |
| 1.2 Megújuló és decentralizált energia termelés | 4 |
| 1.3 Ellátásbiztonság fenntartása | 5 |
| 2. Magyar villamosenergia-rendszer helyzete és kihívásai | 7 |
| 2.1 Magyar VER jelenlegi helyzete, várható fogyasztási és termelési trendek | 7 |
| 2.2 Magyar VER előtt álló kihívások | 8 |
| 2.2 A kihívásokra adott hazai szakpolitikai válaszok | 10 |
| 3. Potenciális új üzleti lehetőségek | 11 |

Vezetői összefoglaló / Onepager

Gyorsuló ütemben **zajlik az európai energiaátmenet végrehajtása**. A **Tiszta Energia Csomag** komoly piaci és szabályozási változásokat indított, ez a **villamosenergia-hálózat üzemeltetői** számára **komoly kihívást és rengeteg megoldandó feladatot jelent** továbbra is.

Egyértelmű trend a megújuló és decentralizált energiatermelés, az európai ösztönzőrendszerek miatt drasztikus technológiai költségcsökkenés történt, így ebben továbbra is sokan attraktív befektetési lehetőséget látnak. A **hazai villamosenergia-mix forrásoldalán vannak bizonytalanságok**, de a vizsgált időtávon nukleáris + megújuló (elsősorban nap) + földgáz a szakpolitikai irány.

Fogyasztás oldalon jelentős, az EM előrejelzése szerint másfélszeres, **bővülés várható** elsősorban az energiaintenzív **akkumulátorgyártási** ipar kiépülésének, másodsorban a közlekedés és hűtés/fűtés **elektrifikációjának** köszönhetően.

A hazai villamosenergia-rendszerrel szemben 2 meghatározó kihívás azonosítható. Van egy meglévő kb. 30%-os **importarány**, amely a bizonytalan forrásoldal függvényében **kockázatot jelenthet**. Szerencsére az ország robusztus határkeresztesző kapacitásokkal rendelkezik minden irányba, és a MAVIR is aktívan dolgozik a nemzetközi rendszerintegráció műszaki és piaci folyamatain.

A vizsgált időtávon azonosított másik jelentős kihívás a **megújulók rendszerintegrációja és a hálózati rugalmasság megeremtése**. A megoldáshoz itt komoly iparági együttműködésre és szabályozói koordinációra van szükség. A **szakpolitika elkötelezett** a villamosenergia-rendszer fejlesztése iránt, ennek érdekében óriási **pénzügyi forrásokat** igyekszik megmozgatni. Piaci szabályozás tekintetében mind a MAVIR, mind az elosztók dolgoznak **rugalmassági piaci fejlesztéseken**, amelyek az energiaipari befektetők számára potenciális **új üzleti lehetőségeket teremtenek**.

Ebből a szempontból meghatározó lesz a következő időszakban az **akkumulátoros energiátárolás**, illetve a **fogyasztói rugalmasság és megújuló erőművek szabályozási képességeinek piacra vitele** is. Ebben az új piaci működésben központi szerep juthat az **aggregátoroknak**, akik körül egyre tisztább a jogi és üzleti struktúra, de az évtized végig tartó időszakban érdemben megjelenhetnek az **energiaközösségek**, és lehetnek jó példák a **sector coupling** műszaki megoldásaira is.

1

¹ Jelen dokumentumot a Huawei Technologies Hungary megbízásából a PwC Magyarország készítette. A szerkesztés 2023.11.23-án zárult le. A dokumentumban szereplő információkat különféle forrásokból szereztük be, illetve nyertük ki. A PwC nem vizsgálta a szóban forgó források megbízhatóságát, és nem ellenőrizte az azokból származó információkat. A PwC annak cégtársai, vezetői, dolgozói és képviselői nem tartoznak semmilyen kötelezettséggel vagy felelősséggel a dokumentumot elolvasó személy felé, és nem is vállalnak semmilyen kötelezettséget vagy felelősséget vele szemben, legyen szó szerződéses vagy szerződésen kívüli kötelezettségről vagy felelősségről.

1. Az átviteli és elosztói hálózatra ható fő piaci trendek az EU-ban

1.1 Dekarbonizációs törekvések

Az Európai Bizottság 2016-ban mutatta be **Tiszta Energia Csomag** néven ismertté vált intézkedéscsomagját, amelynek célja a tiszta energiákra való átállás következtében megváltozott globális energiapiacra is biztosítani az Európai Unió versenyképességét. Ennek jegyében politikai konszenzus született arról, hogy az EU tagállamok csökkentik a szén-dioxid-kibocsátásukat. Ezt követően a 2019-ben elfogadott európai zöld megállapodás a nettó nulla kibocsátást tűzte ki célul 2050-re, majd a 2021-es európai klímarendelet és a **Fit for 55** csomag közbeiktatott egy fontos célt: az üvegházhatási gázok (ÜHG) kibocsátásának legalább 55%-os csökkentését 2030-ra (1990-hez képest).

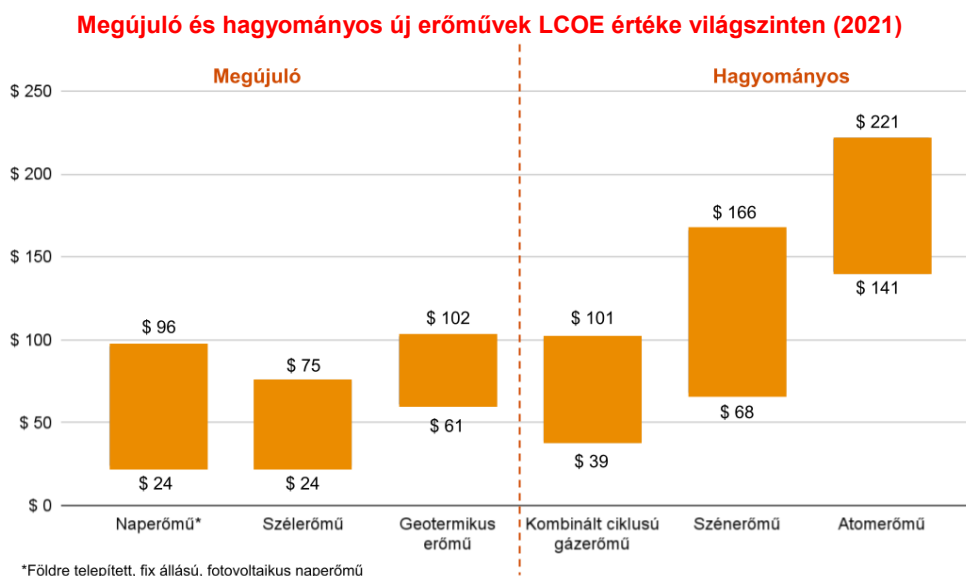
A 2022-ben elfogadott **RePowerEU** terv a legújabb szakpolitikai mérföldkő a Tiszta Energia Csomag által kijelölt úton. Ez 2030-ra 45%-os megújuló energia termelési kapacitás arányt irányoz elő, illetve kiemelt célja az orosz fosszilis tüzelőanyagoktól való uniós függőség sürgős csökkentése. A Terv integráns részét képezi az **energiatakarékosság**, az **energiaellátás diverzifikálása** és az EU tiszta energiára való átállásának gyorsítása. A szakpolitikai célok eléréséhez szükséges további elektrifikációra, a megújuló energiaforrások használatának növelésére és az átviteli infrastruktúra szűk keresztmetszeteinek kezelésére **pénzügyi forrásokat is biztosít**.

A Tiszta Energia Csomag szerint a jövő energiapiacain a **fogyasztók is aktív és központi szerephez jutnak**. Szakpolitika cél nagyobb kínálatot biztosítani számukra, elérhetővé tenni az energiaárak megbízható összehasonlítását nyújtó eszközöket, és lehetővé tenni, hogy **saját használatra és eladásra elektromos áramot állítsanak elő**. A fokozott átláthatóság és a megfelelő szabályozás nagyobb teret enged a fogyasztók számára az energiarendszerekben való részvételre és az árjelzésekre való reagálásra.

A Tiszta Energia Csomag intézkedéseinek **tagállami jogrendbe integrálása 2016 óta folyamatosan zajlik**. Így van ez **Magyarországon is**, ahol a legfontosabb érintettek - villamosenergia-rendszerirányító, hálózati engedélyesek, szabályozó - együttműködésének eredményeként változnak a szabályozási keretek.

1.2 Megújuló és decentralizált energiatermelés

A megújuló erőművek térnyerését a szabályozói szándék mellett a **technológiai költségcsökkenés** is nagyban támogatja. Az elmúlt tíz évben az ipari méretű naperőművek élettartamra vetített fajlagos energiaköltsége² 90%-kal csökkent, míg a szélerőművek esetében 72%-os mérséklődés figyelhető meg.



Forrás: Lazard, PwC szerkesztés

Az EU Tiszta Energia Csomagjának dekarbonizációs törekvései nyomán már a 2030-ig tartó időszakban **jelentősen megváltozik, ahogyan villamos energiát termelünk és fogyasztunk**: az időjárásfüggő termelők, a prosumerek³ és az energiaközösségek elterjedésével átalakul a termelés szerkezete, miközben az elektrifikáció

² LCOE - levelized cost of energy

³ Producer - consumer, a magyar jogrendben aktív felhasználó

hatására jelentős mértékben növekedik a villamosenergia-igény. Az ENTSO-E⁴ 2020-2030 közötti ütemterve szerint⁵ a biztonságos európai energiaátmenet elképzelhetetlen a villamosenergia-hálózat fejlesztése és az átviteli rendszer-üzemeltetők megfelelő koordinációja nélkül.

A hazai villamosenergia-termelés hagyományos centralizált modelljét, melyben néhány, az átviteli hálózatra kapcsolódó nagyméretű (jellemzően fosszilis vagy nukleáris) erőmű látja el energiával a fogyasztókat, felváltja a **decentralizált energiatermelés**, amiben a villamosenergia-termelés egyre meghatározóbb részét nagyszámú, de kisméretű, az elosztóhálózatra kapcsolódó megújuló energiaforrást hasznosító erőmű adja.

A decentralizált energiatermelés komoly kihívások elé állítja a villamosenergia-rendszert. Míg a termelési oldal tekintetében a rendszerirányítónak korábban viszonylag alacsony számú erőművet kellett menedzselnie, addig a decentralizált működési modellben ez a szám mára többszázezerre nőtt - a HMKE-ket is figyelembe véve.⁶ Mindemellett az elektromos hálózatok tervezése a centralizált működési modell jegyében történt, az elosztóhálózaton megjelenő termelőknek köszönhetően ugyanakkor a korábbiakkal ellentétes energiaáramlási irányok jelennek meg.

A hagyományos modellben a fogyasztás oldalon szintetikus profilok segítségével követte a hálózati engedélyes a kis- és középfeszültségű hálózatok aktuális üzemállapotát, a decentralizált termelés előtérbe kerülésével azonban egyre inkább szükséges a **valós idejű monitoring- és beavatkozási képességek** kiépítése a hálózat fejlesztésével, illetve az **aktív felhasználók hatékony kezelésére** képes, szoftveres és hardveres megoldások bevezetésével. Az új modellben megnő a TSO és DSO-k közötti együttműködés jelentősége (pl. közös rendszertervezés, optimális energiaáramlás kialakítása és a rendszerbiztonság kérdéseiben).⁷

További kihívást jelent az **időjárásfüggő villamosenergia-termelés** (nap, szél) időjárási körülmények függvényében történő **ingadozása**, az **elosztott termelés villamosenergia-piacokhoz való hozzáféréseinek biztosítása**, illetve a **mérethatékony működés** szavatolása.

1.3 Ellátásbiztonság fenntartása

Az időjárásfüggő megújulók integrációja a termelés nehezebb kiszámíthatóságából és időszakos jellegéből adódóan kihívásokat jelent a villamosenergia-rendszer számára. Ahogy nő ezen energiaforrások aránya, úgy egyre inkább felértékelődik a rendszerszintű szolgáltatások és a keresletoldali válaszigények szerepe, illetve az adott időpontban fel nem használt, de megtermelt energia tárolásának kérdése. Mindemellett kiemelendő ellátásbiztonsági kérdés az elektrifikáció és nagy energiaigényű, hazánkban dinamikusan épülő akkumulátoripar villamosenergia-igény növekedésének kezelése, illetve az orosz-ukrán háború nyomán az európai energiaimport-függőség csökkentésének szükségessége.

A globális dekarbonizációs célokkal összhangban a **végző energiafogyasztásban nőni fog a villamos energia aránya**. A fejlett gazdaságokban az egy főre jutó éves átlagos villamosenergia-fogyasztás 2010 óta stagnált az energiahatékonyság növekedésének köszönhetően, ugyanakkor iparági előrejelzések szerint ez ismét növekedni fog Európában, 2030-ig évente átlagosan 1,8%-kal. Az Európai Unióban az elektromos áram részaránya a végző energiafogyasztásban a 2021-es 20%-ról 30%-ra emelkedhet az évtized végére. Az igénynövekedés fő forrása a fejlett gazdaságokban a hőszivattyúk és az elektromos autók terjedése.

A háztartások, valamint a kereskedelmi ingatlanok és közintézmények fűtési és hűtési energiafogyasztásának dekarbonizációja elengedhetetlen a klímasemlegesség eléréséhez, emellett hozzájárul az orosz gázfüggőség csökkentéséhez is. A dekarbonizáció egyik eszköze a meglévő (Magyarországon jellemzően földgáz-tűzelésű) kazánok kiváltása hőszivattyúkkal. A REPower EU terv szerint 2030-ig legalább 60 millió hőszivattyú beüzemelése szükséges a megjelölt célok eléréséhez.⁸

⁴ Villamosenergia-piaci Átviteli rendszer-üzemeltetők Európai Hálózata (European Network of Transmission System Operators for Electricity)

⁵ Forrás: ENTSO-E

⁶ Háztartási méretű kiserőmű. A VET (2007. évi LXXXVI. törvény a villamos energiáról) szerint a háztartási méretű kiserőmű olyan, a kisméretű hálózatra csatlakozó kiserőmű, melynek csatlakozási teljesítménye egy csatlakozási ponton nem haladja meg az 50 kVA-t

⁷ Forrás: ENTSO-E

⁸ Forrás: EHPA



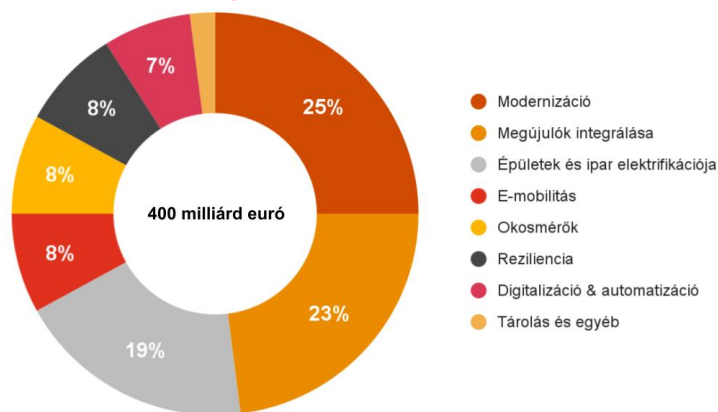
Forrás: IEA, EHPA, Statista, ACEA, PwC szerkesztés

2022 végén az Európai Unióban több mint 5,2 millió elektromos személyautó és kisteherautó volt forgalomban,¹⁰ és 2023 harmadik negyedévében már az újonnan vásárolt személyautók több mint 20%-a ebből a kategóriából került ki. Az Európai Autógyártók Szövetségének (ACEA) előrejelzése szerint 2030-ra már közel 48 millió elektromos jármű lesz forgalomban az EU-ban.¹¹ Az elektromobilitás megfelelő terjedéséhez elengedhetetlen a töltőhálózat kiépítése és folyamatos fejlesztése: az ACEA várakozása alapján 2030-ra közel 7 millió közterületen lévő töltőre lesz szükség - ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy kevesebb mint 10 év alatt huszonnégy-szer annyi töltőnek kellene rendelkezésre állnia, mint jelenleg.¹²

Annak érdekében, hogy a fogyasztásnövekedés ne veszélyeztesse az ellátásbiztonságot és a műszaki-gazdasági károk megelőzhetőek legyenek a hálózaton,¹³ elengedhetetlen a villamosenergia-hálózat rugalmassági képességeinek fejlesztése.

A megújuló energiatermelők hálózatba integrálása, a nagy energiafogyasztók megjelenése, az elektrifikáció, az e-mobilitás terjedése és az ennek nyomán fokozott tempóban bővülő elektromos töltőhálózat magával vonja a **villamosenergia-hálózat fejlesztésének** szükségességét. Egy 2021-es iparági becslés szerint¹⁴ 2030-ig mintegy 400 milliárd euró beruházás szükséges az elosztóhálózat-üzemeltetők részéről, hogy az európai rendszer zavartalanul üzemelhessen a megváltozott fogyasztási és termelési szokások között is. Ez 2023-es árszínvonalon számítva éves szinten 50-70%-kal magasabb beruházási összeget jelent a DSO-k számára.

Az európai DSO-k 2017-2030 között szükséges beruházásainak megoszlása célterület szerint



Forrás: Eurelectric, PwC

⁹ A 2030-as fogyasztás az IEA konzervatív és dinamikus előrejelzéseit tartalmazza.

¹⁰ Elektromos jármű alatt a tölthető hibrideket és a tisztán elektromos (akkumulátoros) járműveket értjük az Eurostat és az ACEA kategorizálásával összhangban

¹¹ ACEA: European EV Charging Infrastructure Masterplan

¹² Forrás: ACEA Progress Report 2022

¹³ Forrás: Energy Procedia

¹⁴ Forrás: Eurelectric

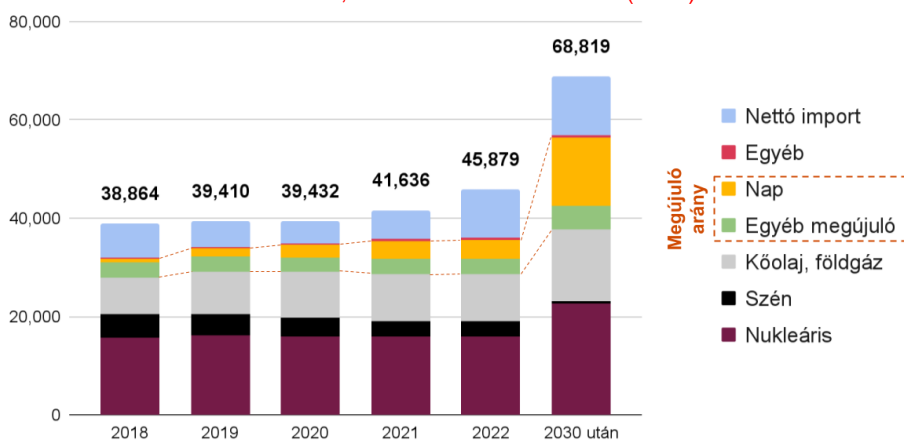
2. Magyar villamosenergia-rendszer helyzete és kihívásai

2.1 Magyar VER jelenlegi helyzete, várható fogyasztási és termelési trendek

Magyarországon az átvitelrendszer-üzemeltető szerepét a Magyar Villamosenergia-ipari Rendszerirányító Zrt. (MAVIR) látja el, emellett hat elosztóhálózat-üzemeltető működik három cégcsoport részeként.¹⁵ 2016 óta a belföldi villamosenergia-felhasználás¹⁶ 15%-kal nőtt, 2022-ben megközelítve a 46 TWh-t, 2030-ra pedig elérheti a 68 TWh-t.¹⁷ A jelentős növekedés legfőbb oka az energiaintenzív akkumulátoripar kiépülése, de az elektromos járművek és hőszivattyúk terjedése is hozzájárul ehhez a vizsgált időtávon.

Noha a magyar bruttó **villamosenergia-termelés** 2016 óta közel 11%-kal nőtt és 2022-ben meghaladta a 35 TWh-t, így is elmarad a fogyasztástól. A növekedés leginkább a földgáz és a napenergia felhasználásában figyelhető meg.¹⁸

Az összes villamosenergia-felhasználás alakulása Magyarországon, 2018-2022, kitekintéssel 2030 utánra (GWh)



Forrás: KSH, NEKT WAM scenárió, PwC

2030-ra az ország villamosenergia-termelésének összetétele várhatóan átalakul: a szén alapú termelés szinte teljesen eltűnik, míg a földgáz használata is valamelyest visszaszorulhat. Az átalakulás kritikus kérdése, hogy a termelés bővülése tudja-e tartani a tempót a fogyasztás növekedésével - a hazai villamosenergia-felhasználásban az import részaránya ma 27% körül alakul.¹⁹

A szükséges import mennyiséget várhatóan csökkenteni fogják a Paks I. üzemidő-hosszabbítására vonatkozó intézkedések,²⁰ illetve Paks II. elindulása, amely kb. 2x1262 MW-tal növelné a termelési kapacitást. Az említettek felül az MVM további 1500 MW gázerőművi projektet készít elő. Ez a mennyiség sem fedezi a megnövekedett szükségleteket, ráadásul a fosszilis megoldások egyre nehezebben feleltethetők meg a szigorodó európai klímacélokhoz. Megoldásként az időjárásfüggő erőművek fokozott ütemű telepítése kínálkozik. A megújuló energiaforrásokból előállított energia részaránya a teljes bruttó villamosenergia-fogyasztáson belül 2010 és 2022 között közel duplájára nőtt, megközelítve a 16%-ot.²¹ A bővüléshez nagyban hozzájárultak a támogatási programok (KÁT, METÁR).²²

¹⁵ Az elosztóhálózat-üzemeltetők az ország egy-egy régiójáért felelősek: E.ON Dél-Dunántúli Áramhálózati Zrt., E.ON Észak-Dunántúli Áramhálózati Zrt., ELMŰ Hálózati Kft. (Pest megye), MVM Démász Áramhálózati Kft., MVM ÉMÁSZ Áramhálózati Kft., OPUS TITÁSZ Áramhálózati Zrt.

¹⁶ Önfogyasztás és hálózati veszteség nélkül.

¹⁷ Forrás: Energiaügyi Minisztérium

¹⁸ Forrás: MEKH

¹⁹ Forrás: MAVIR

²⁰ Forrás: Portfólió. 2022 decemberében fogadtak el az eredeti, 2032-37 közötti lezárás helyett további 10 év üzemeltetésre vonatkozó javaslatot.

²¹ Forrás: NEKT

²² Kötelező Átvételi Tarifa és Megújuló Energia Támogatási Rendszer

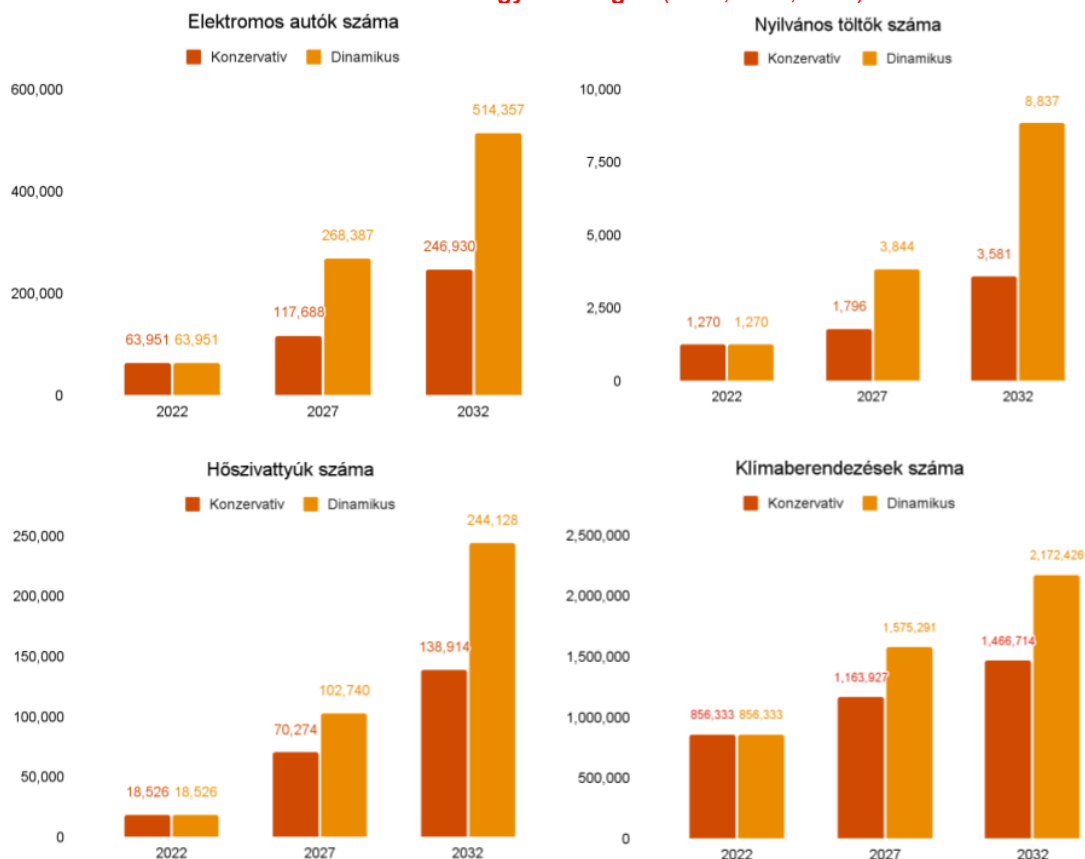
Magyarországon a meghatározó megújuló energiaforrás az áramtermelésben a napenergia - fotovoltaikus erőműveink - összkapacitása 2023 harmadik negyedévében több mint 5500 MW-ot tett ki.²³ Külön érdemes kiemelni a HMKE-eket - a telepítéséhez igényelhető támogatások, és a rendkívül kedvező szaldó elszámolásnak köszönhetően számuk rohamosan növekedett az elmúlt években, és 2023 októberére már több mint 245 ezer, túlnyomó többségében napelemes rendszer üzemelt, mintegy 2200 MW összkapacitással.

Magyarország stratégiai célja, hogy a karbonsemleges villamosenergia-termelés aránya a jelenlegi 60%-ról 2030-ra 90%-ra, míg a bruttó végső villamosenergia-fogyasztásban a megújuló források aránya 2030-ra 30%-ra emelkedjen. A villamosenergia-szektor zöldítésének központi eleme a **napelemes kapacitások** bővítése, amely a NEKT 2023-as frissítése szerint 2030-ra elérheti a **12 GW**-ot. A magyar kormány ugyanezen az időtávon, a szükséges szabályozási módosításokkal, a jelenlegi kb. 300 MW-ról **1 GW**-ra emelné a hazai **szélerenergia** beépített kapacitást.

A megújuló erőművek térnyerésével párhuzamosan a fosszilis tüzelésű erőművek háttérbe szorulása várható: az előregedő nagyerőművek helyébe lépő új kiserőművekkel az összes erőművi kapacitás valamelyest növekedni fog a következő évtizedben, a megújulók térnyerésével a hazai villamosenergia-termelés jelentősen elmozdul a decentralizáció és a dekarbonizáció irányába.

Villamosenergia-felhasználás tekintetében hazánkban is érvényesülnek a nemzetközi trendek: az elektrifikáció előtérbe kerülésével és az e-mobilitás térnyerésével jelentős új terhelés várható a hálózaton - 10 éven belül a MAVIR előrejelzése szerint az elektromos autók és kapcsolódó töltők, a hőszivattyúk és a klímák száma itthon is a többszörösére nő, mindemellett a közelmúltban bejelentett nagy beruházások²⁴ egyre nagyobb energiaigényt jelentenek.

Elektromos autók és nyilvános töltők, valamint hőszivattyúk és klímaberendezések számának alakulása Magyarországon (2022, 2027, 2032)



Forrás: MAVIR, PwC szerkesztés

2.2 Magyar VER előtt álló kihívások

Magyarország egyik meghatározó energetikai kihívása a **nagyrányú importfüggőség primer energiahordozók tekintetében**. A hazai földgáz-fogyasztás több mint 80%-a külföldről (jellemzően Oroszországból) érkezik, aminek a földgáztüzelésű erőműveken keresztül áttételesen hatása van a villamosenergia-rendszerre is.

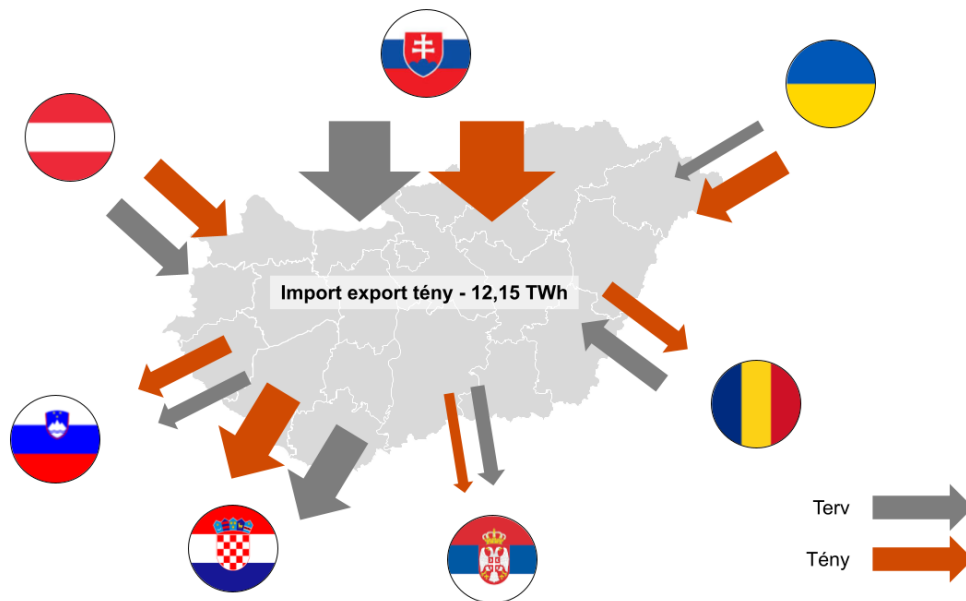
²³ Forrás: MAVIR, háztartási méretű kiserőművekkel (HMKE) együtt

²⁴ pl. a debreceni autó- és akkumulátorgyártók: BMW, CATL, EVE

Villamos energia tekintetében is jellemzően importra szorul az ország, ugyanakkor ennek az aránya eddig lényegesen alacsonyabb volt, 2022-ben például kb. 27%.²⁵ Kockázat, hogy míg ez az arány korábban nagyjából állandó volt, a várhatóan **dinamikusan növekvő kereslet és a bizonytalan forrásoldal** (pl. Paks II projekt helyzete) eredőjeként az importarány akár lényegesen nőhet is, erről több előrejelző modell beszámol.

Fontos azonban megjegyezni, hogy egy időszakosan magasabb importarányra a hazai villamosenergia-rendszer alapvetően jól fel van készülve. Magyarország minden szomszédos ország villamosenergia-hálózata felé **robosztus határkeresztező kapacitásokkal** rendelkezik, a MAVIR pedig aktívan dolgozik mind a fizikai, mind a piaci infrastruktúra fenntartásán és fejlesztésén.

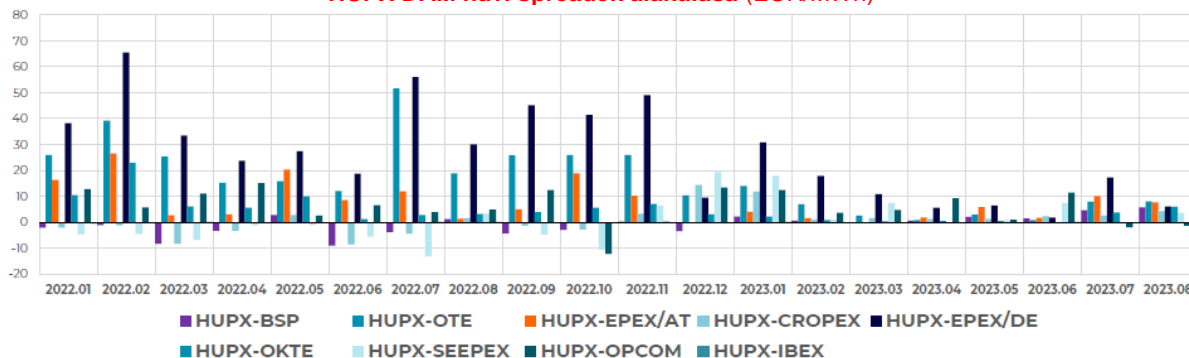
Határkeresztezők villamos energia forgalma (2022)



Forrás: MAVIR, PwC szerkesztés

A MAVIR és a villamosenergia-tőzsde (HUPX) évek óta részt vesz **piac-összekapcsolási** projektekben, amelyek szép lassan elérik a céljukat. A likviditás magas, a határkeresztező kapacitások kihasználása hatékony, a régiós tőzsdei árak kiegyenlítődni látszanak.

HUPX DAM havi spreadek alakulása (EUR/MWh)



Forrás: HUPX

A másik legfőbb, villamos energia specifikus kihívás a **megújuló rendszerintegrációja** és a **hálózati rugalmasság** megteremtése, fenntartása, amely a MAVIR mint rendszerirányító és az elosztói engedélyesek feladata. Az utóbbi években a hálózat fejlesztése nem tartott lépést a dinamikusan bővülő naperőműves kapacitással, ami műszaki és gazdasági kockázatokat jelent, rosszabb esetben károkat okoz, mint például:

- **Frekvenciaingadozás**, amely a termelés és a felhasználási igények pillanatnyi kiegyenlítetlenségéből fakad. Ez egy rendszerszinten jelentkező probléma, ezért kezelése a TSO feladata, amely erre a célra jól bejártott szabályozási kapacitás- és energiapiacokat üzemeltet.
- **Hálózati szűkletek**: a termelés és fogyasztás földrajzi elhelyezkedésének, valamint a villamos energiát szállító hálózati eszközök fizikai korlátainak következményei. Szűkletek az átviteli és az elosztó hálózatokon egyaránt előfordulhatnak. Kezelésük az adott hálózatot üzemeltető engedélyes feladata.

²⁵ Forrás: MAVIR

- **Feszültségigadozás:** 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 elosztó hálózatokon jelentkeznek, kezelésük főleg a DSO-k számára kihívás.

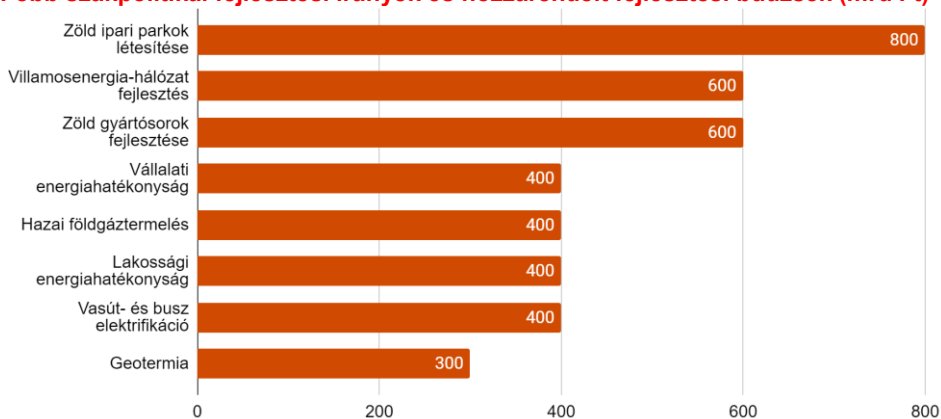
A **MAVIR** a fenti problémák kezelésére már régóta **rendszerszintű szabályozási piacot** működtet. Az időjárásfüggő kapacitások körülményes integrálhatósága egyelőre jelentősen növeli a szükséges kiegyenlítőenergia mennyiségét a magyar villamosenergia-hálózaton. A rendszerszintű szolgáltatások piacán a **rendelkezésreállási díjak** és **energiadíjak** költségei a kialakult háborús és energetikai helyzetre való tekintettel exponenciálisan **növekedtek**. 2022-ben a rendelkezésreállási díj közel 300 mrd Ft, a szabályozási energia díj a 50 mrd Ft volt,²⁶ miközben a megújuló energiahordozók részaránya mindössze 15,5%-ról 17,3%-ra, ezen belül a naperóművi termelés részaránya a hazai termelésben 7%-ról 9,2%-ra emelkedett.²⁷

2.2 A kihívásokra adott hazai szakpolitikai válaszok

Magyarország Energiaügyi Minisztériuma hazánk energiatartósságának erősítése, a hazai fogyasztók ellátásbiztonságának fenntartása és a villamosenergia-rendszer fejlesztése érdekében legalább 7000 milliárd forint nagyságrendű energetikai beruházás megvalósítását tartja indokoltnak. A fejlesztéseket többféle forrásból tervezni finanszírozni a tárca.

A hálózatfejlesztés a magyar helyreállítási program fontos részét képezi, 2026 közepéig többszáz milliárd forintot szán a kormány új hálózati elemek és a meglévők bővítésére. A kisméretű hálózat esetében cél a monitoring és szabályozó képesség elérése. A hálózat digitalizációja is központba kerül, mérési központ fejlesztésével, DSR fejlesztéssel, elosztói kiszabályozási képességhez kapcsolódó IT rendszerek és digitális hálózatmenedzsment bevezetése szerepel a tervekben. 2026 közepére mintegy 600 ezer okosmérő kerülhet felszerelésre.

Főbb szakpolitikai fejlesztési irányok és hozzárendelt fejlesztési büdcsék (mrd Ft)



Forrás: Energiaügyi Minisztérium, Portfolio

Az ábrán felsorolt fejlesztési programok különböző finanszírozási forrásösszetétellel rendelkeznek. Jellemzően RRF RePowerEU fejezet, RRF hitelkeret, RRF normál támogatási láb, KEHOP Plusz / GINOP Plusz, EKR, IKOP Plusz forrásokat tartalmaznak, és vállalati vagy lakossági önrésszel egészülnek ki.

A **MAVIR saját, rendszerirányítói, hatáskörben is tesz szabályozási lépéseket** az általa működtetett rendszerszintű szabályozási piacokon, ilyenek például a korábbi mFRR rendszer kivezetése és új mFRR rendszer bevezetése (12,5 perc); kötelező tartalék kapacitások számítási módszertanának megváltoztatása; ipari fogyasztók ösztönzése a rugalmassági piacon való részvételre; pontosabb mérlegköri menetrendezés ösztönzése.

Elosztói szinten a hálózati szűkületek és a feszültségigadozás okozta kihívásokra a ZKK kutatása alapján alapvetően háromféle válasz adható - a hálózathasználat szelektív korlátozása; a **hálózati szűkületi pontok megerősítése** új beruházásokon keresztül; illetve megfelelő piaci árjelzések nyújtása a termelőknek és fogyasztóknak, akik reagálásukkal csökkentik a problémák mértékét (**rugalmassági piac** kialakítása). Mind a MAVIR, mind az elosztó hálózati üzemeltetők problémakezelési lehetőségeit javítja, ha új rugalmassági képességek kiépítése vagy meglévők piacra léptetése megtörténik.

Iparági konszenzus van arról, hogy a Tiszta Energia Csomag implementációjához és a hazai villamosenergia-rendszer ilyen irányú fejlesztéséhez **további szabályozási feladatok elvégzésre van szükség**. Az új szereplők (aggregátor, energiaközösség stb.) működésének és kereskedelmi viszonyrendszerének kezelésében, illetve a elosztói rugalmasság megteremtéséhez szükséges piaci keretek kialakításában jelentős szerepe lehet a

²⁶ míg 2021-ben ugyanezek 138 és 30 mrd Ft körül alakultak

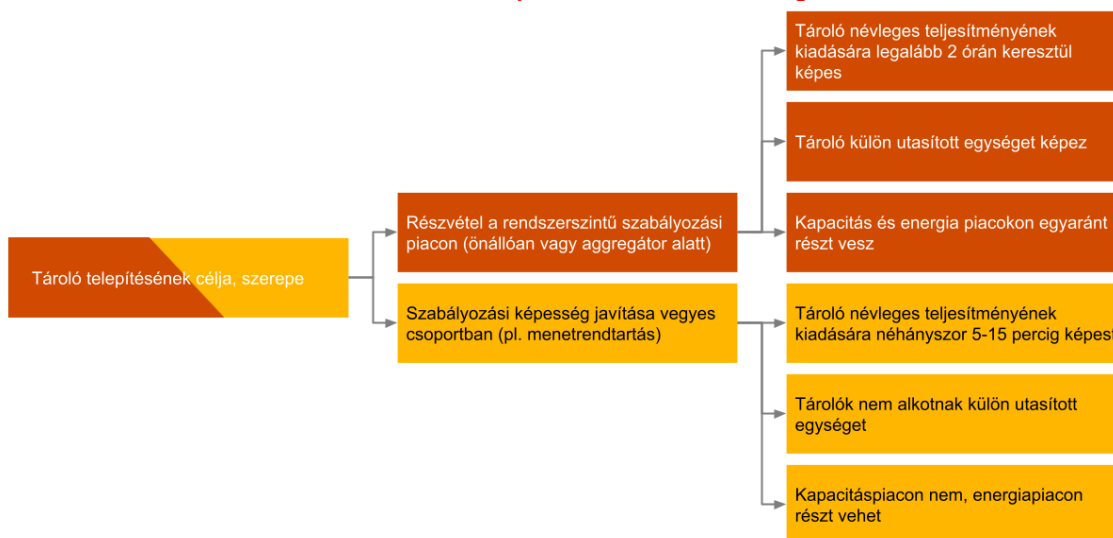
²⁷ Forrás: MAVIR

szabályozási tesztkörnyezeteknek (regulatory sandbox) és a piaci szereplők tapasztalatain alapuló visszajelzéseknek.

3. Potenciális új üzleti lehetőségek

Az energiaátmenetből fakadó villamosenergia-rendszer fejlesztési feladatokat (pl. új kapacitások bekötési igéne, elosztó hálózati feszültségproblémák kezelése) korábban elsősorban **konvencionális eszközök** létesítésével kezelték a hálózatüzemeltetők (pl. nagyobb transzformátor kapacitások telepítése, távvezetékek keresztmetszetének növelése, táppont sűrítés, új távvezetékek és alállomások építése, stb.). Számos esetben **ez továbbra is elkerülhetetlen**, ugyanakkor **nem feltétlenül költséghatékony**, egyre inkább kiváltható versenyképes (jellemzően **innovatív**) alternatív **megoldásokkal**, mint például akkumulátoros energiatárolók, fogyasztói rugalmassági képességek (ipari és lakossági egyaránt) kihasználása, az aggregátorok és energiaközösségek, illetve a sector coupling (power-to-hydrogen), amelyek potenciálisan hozzá fognak járulni a magyarországi rugalmassági kínálatához a következő időszakban.

Akkumulátoros tárolók szerepe a rendszerszintű szolgáltatásokban



Forrás: MAVIR

2023 elején 7 engedélyes 28 MW/37 MWh **villamosenergia-tároló** berendezést üzemeltetett a hazai villamosenergia-rendszerben, ugyanakkor ezek a **kapacitások a következő években várhatóan jelentősen bővülni fognak**, többek között a már meghirdetett és a jövőbeli kormányzati tárolótámogatási pályázatoknak köszönhetően, amelyek a hálózati integrált és a kereskedelmi célú energiatárolókra egyaránt vonatkoznak. Előbbi esetében a MAVIR és az elosztótársaságok több mint 90 mrd Ft támogatás segítségével 110 MW/246 MWh tároló kiépítését vállalták 2022-2025 között. Fontos megjegyezni, hogy bár a **hálózati integrált** tárolók nem használhatók kiegyenlítő szabályozásra és szűk keresztmetszet kezelésre, javítják a hálózatüzemeltetők rugalmassági képességeit.

Kereskedelmi célú energiatárolók tekintetében a magyar kormány 2023 novemberében hirdetett támogatási programot, amelynek keretében 62 mrd Ft keretösszeggel ösztönzi a hazai vállalkozások villamosenergia-rendszer rugalmasságát fokozó, a zöldenergia hatékonyabb hasznosítását is elősegítő fejlesztéseit. A cégek beruházási támogatást és bevételkompenzációt (contract-for-difference) nyerhetnek el a tárolók legalább tízéves üzemben tartására. A vállalkozások azzal a feltétellel juthatnak állami hozzájáruláshoz, hogy a tárolókat a kiegyenlítő piacon használják. A várakozások szerint a végső kedvezményezettek mintegy **440 MW / 880 MWh** összkapacitásban telepíthetnek új energiatárolókat a 2026 májusi határidőig (ez az RRF pályázat 2026 augusztusi határidejéhez igazodik), és így a jelenlegi mintegy 20 megawattos hazai kapacitás több mint **hússzorosára növekedhet**.

Akkumulátoros tárolók szerepe és potenciális piacmérete a hazai villamosenergia-rendszerben a következő időszakban²⁸

²⁸ Hálózati szintű tároló program vélhetően az EM várakozásainak megfelelően fog zajlani, így a program keretében javasolt teljes tárolói kapacitással érdemes számolni. A nagyfogyasztói rugalmasság tekintetében az energetikai audit kötelezett vállalatokat vettük figyelembe, ahol azt feltételeztük, hogy az érintetti kör kb 10%-a hajlandó átlagosan 1 MW-os tárolókapacitásba fektetni. MAVIR közlés szerint kb 3800 MW naperómű vár hálózati csatlakozásra. Feltételezhetjük, hogy minden 10. ilyen naperóműves projekt co-location modellben valósul meg, és erőművi kapacitásának 30%-ban épít tárolót.



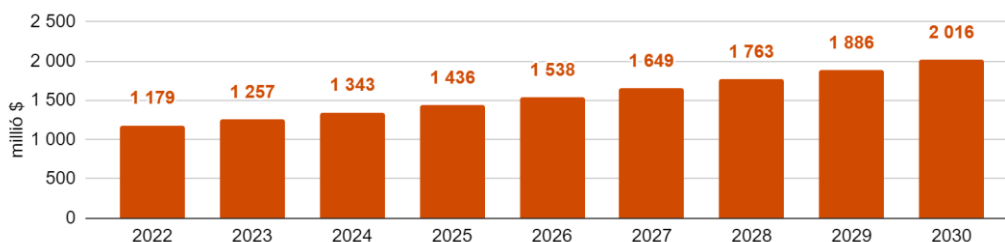
Forrás: Energiaügyi Minisztérium, MEKH, PwC

Az akkumulátoros energiátárolás nemcsak a dedikált rendszerszintű szolgáltatási piaci bevételkompenzációs programnak köszönhetően terjedhet Magyarországon a következő időszakban. A MAVIR lehetőséget biztosít a **nagyfogyasztók** számára is, hogy **rugalmassági képességet**²⁹ ajánljanak föl fogyasztókon (le irány), de akár tárolókkal is (fel / le irányok). Ezek mellett a tisztán piaci alapon épülő³⁰ **megújuló erőművek** is jogosan kalkulálnak tárolóval kiegészült ún. **co-location** üzleti modellel, amelyben jobb piaci feltételeket és ezáltal kedvezőbb hozamot realizálhatnak befektetésükön.

Fontos azonban látni, hogy ennél valószínűleg több rugalmasságra lesz szüksége a hazai villamosenergia-rendszernek. A hazai konvencionális tartalékok (jellemzően nem időjárásfüggő, így pontosan szabályozható erőművek) nem tudják kielégíteni az előrelátható időjárásfüggő termelők okozta potenciális kiegyenlítetlenség felfutását. A MAVIR ezt felismerve transzparenciát és belépési lehetőséget teremt a **fogyasztók számára a rendszerszintű szabályozási piacon** - a jelenleg elhanyagolható mértékű részvételük jelentős bővítését a fogyasztók mFRR 12,5 piacra terelése indíthatja meg, hiszen már 1 MW-os szabályozási tartománnyal be lehet lépni.

Európa globális szinten a második legnagyobb DSR piacot alkotja Észak-Amerika után.³¹ Néhány európai ország (Németország, Franciaország és az Egyesült Királyság) viszonylag korán felismerte a rugalmassági szolgáltatások jelentőségét. Ezen országok tapasztalataira alapozva az európai piac mérete 2030-ra elérheti a 2 milliárd dollárt, megtartva ezzel a régió jelenlegi pozícióját.

Ábra 8. Az európai DSR piac méretének várható alakulása,³² 2022-2030



Forrás: Technavio, PwC szerkesztés³³

A fogyasztó oldali rugalmasság mellett új piaci szereplők megjelenése is segíti az energiaszektor átalakulását. Az decentralizálódó piacon fontos, új szerepet kapnak az **aggregátorok**, akik összegyűjtik a szereplők kisebb, marginális szabályozási képességeit és azt aggregálva értékesítik a hálózati engedélyesek felé a rendszerszintű szolgáltatások piacán, vagy egyéb aktorok (fogyasztók, termelők, mérlegkör felelősök) irányába. Az aggregátor üzleti modell körül már tisztulnak a jogi és piaci feltételek, a MEKH már vezet nyilvántartást ezekről a piaci szereplőkről. Egyes iparági vélekedések szerint a hazai piacon aktív aggregátorok száma hosszútávon 5-15 körül alakulhat.

Ide kell sorolni az **energiaközösségeket** is, amelyek azzal a céllal jönnek létre, hogy saját költségükre, kockázatukra és energiaigényeik fedezetére energiatermelő, tároló egységeket hozzanak létre. Az energiaközösségek célja továbbá a villamosenergia-hálózat minél kisebb igénybevétele és az önellátás, így hozzájárulnak az ellátás biztonságához. Bár az esetleges villamosenergia-többletet vagy -hiányt a piacról szerzik be, lehetőség szerint részt vesznek az rendszerszintű szolgáltatások biztosításában és a flexibilitási piacon (pl. aggregátoron keresztül), így terjedésük nagymértékben segíti a rendszeregyensúly fenntartását. Az

²⁹ Demand side response (DSR)

³⁰ A KÁT és METÁR ártámogatási rendszerek után, ún. merchant model

³¹ Forrás: Technavio

³² A piac méretét a piaci szereplők bevételei alapján számították ki, nem tartalmazza az árengedményeket és visszatérítéseket.

³³ A Technavio 2027-ig tartó előrejelzését kiterjesztettük 2030-ig, az előző évek átlagos, 6.94% növekedésével számolva.

energiaközösségek jogi és üzleti viszonyrendszere egyelőre tipikusan a szabályozási tesztkörnyezet kategóriába esik Magyarországon, így ez üzleti modell még a növekedési pályájának elején áll.

Hasonlóan újszerű koncepció a **sector coupling**, azaz a különböző energiarendszerek és szektorok összekapcsolása. A fogalom eredetileg a végső felhasználás elektrifikációját jelentette (fűtés, közlekedés) a megújuló energiaforrások arányának növelése mellett, de a napjainkban használt értelmében már a termelői oldali szektor-összekapcsolást is magában foglalja. A sector coupling segítségével növelhető az energiarendszerek flexibilitása és költséghatékonyabb módon dekarbonizálható az energiafogyasztás.³⁴

A **Power-to-X** a sector coupling egyik legismertebb formája, melynek során villamos energia kerül felhasználásra klímasemleges energiahordozók, például hidrogén előállítására. Bár a Power-to-X alapvetően kevésbé energiahatékony, mint az általános elektrifikáció, az ilyen technológiával előállított energiahordozók képesek lehetnek a fosszilis tüzelőanyag helyettesítésére a meglévő infrastruktúra nagyobb mértékű módosítása nélkül, ezért kiemelt szerepük lehet az energiaszektor zöldítésében. A hazai energiastratégia 2030-ig nem számol a hidrogén szélesebb körű alkalmazásával.

³⁴ Forrás: Európai Parlament