

LXII. évfolyam | 2026. 1. szám

ENERGIAFORRÁS

Az MVM Csoport szakmai lapja



MVM



Mátrai Károly
felelős kiadó



Dr. Bozóky Anita
felelős szerkesztő



Molnár Szabolcs
főszerkesztő



Toroczka Zsolt
lapmenedzser

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG



Dorogi Kitti
senior account menedzser



Fáber Dániel
vállalati kommunikációs
osztályvezető
MVM Zrt.



Hangyál Klára
marketingasszisztens
MVM EGI Zrt.



Dr. Herczeg András
stratégiamenedzser
osztályvezető
MVM Zrt.



Király Géza
értékesítéstudományi és árazási
osztályvezető
MVM ONEnergy Zrt.



Lázár Róbert Géza
erőművi teljesítménymenedzser
osztályvezető
MVM Balance Zrt.



Mucza Gergely
Innovációs menedzser
MVM Smart Future Lab Zrt.



Németh-Farkas Fruzsina
Bernadett
marketingszakértő
MFGT Zrt.



Rádi Krisztina
kommunikációs szakértő
MVM Services Zrt.



Torma Dóra
főszerkesztő
Atomerőmű Magazin



Varga-Laczi Hedvig
kabinetvezető
MVM Zöld Generáció Zrt.



Zanati Dóra
kommunikációs főmunkatárs
MAVIR Zrt.

ISSN 1216-4992 (nyomtatott)

hu ISSN 1786-674X (online)

Illusztrációk: Adobe Stock



Jó ma energetikusnak lenni

Főszerkesztői
köszöntő

Jó ma az energiaiparban dolgozni, jó ma energetikusnak lenni. Az előttünk álló energetikai átállás véghezvitele óriási kihívások elé állít minket. A velünk szemben tornyosuló akadályokra nem szabad problémaként tekinteni: csupán megoldandó feladatokkal kell megküzdenünk. Ráadásul tapasztalatunk is van már „energetikai forradalom” megvalósításában. Elődeink már többször váltottak a történelem során tüzelőanyagokat, cseréltek le addig használt energetikai megoldásokat újabb és modernebb energetikai eszközökre.

Az ókorban, illetve a történelem előtti időkben az izomerő volt a meghatározó energiaforrás. A történelemórákon megtanultuk, hogy az egyiptomi piramisokat a rabszolgák emberi és állati erővel építették fel. Az ipari forradalom korát a gőzgép megjelenése és a hozzá szorosan kapcsolható szén tüzelőanyag határozta meg. A 19. században a belső égésű motorok megjelenése elhozta a kőolaj korát. Napjainkban nem fókuszálhatunk kimondottan csupán egy energiahordozóra. Tehát „Jolly Joker” megoldásra nem szabad számítanunk. Az energiaipar jövőjét egyértelműen a sokszínűség, a diverzifikáció, a több lábbon álló energiarendszerek fogják jelenteni. Az atomenergia mellett jól

látszik a megújuló energiaforrások térnyerése, de mivel nagy részük időjárásfüggő, ezért a kiszabályozásukról, a tartalékképzésről is gondoskodnunk kell. Ezt megtehetjük tárolókkal, vagy a menetrendtartást segítő gáztüzelésű erőművekkel is, amelyek ma már képesek hidrogén-földgáz-elegy tüzelésére is.

Látható, hogy elődeink nemcsak az energetikai szerkezetátállás végrehajtására voltak képesek, de ma már a technológiák sokszínűsége is a rendelkezésünkre áll. Természetesen hosszú út vár még ránk, hogy a fenntarthatósági és stratégiai céljainkat elérjük. Nem dőlhetünk hátra, nem elégedhetünk meg rész sikerekkel. Dolgozunk, tennünk kell a jövőért. Az energiaipar szereplői előtt azonban megnyílt az alkotás lehetősége. Büszkék kell legyünk, hogy energetikával foglalkozunk. Nemcsak egy iparág részesei vagyunk, hanem egy korszakváltás alakítói. A jövő energiarendszerét ma építjük – felelősséggel, tudással és elkötelezettséggel. Ezért „jó ma energetikusnak lenni”.

Molnár Szabolcs

Molnár Szabolcs
főszerkesztő



FŐSZERKESZTŐI KÖSZÖNTŐ / 001

VEZÉRCIKK _____

**EGYSÉGES STRATÉGIAI / 004
KÖRNYEZETI VILÁGKÉP A VÁLLALATI
MŰKÖDÉSBEN**

ÜZLETMENET _____

**TUDÁSMENEDZSMENT / 018
AZ ENERGETIKÁBAN – INTEGRÁLT
MEGKÖZELÍTÉSEK AZ MVM
CSOPORTBAN**

PROJEKTEK _____

**GEOTERMIA AZ MVM-BEN: / 026
A PORTFÓLIÓDIVERZIFIKÁCIÓ
ÚJ ÚTJA**

**A FÖLDALATTI GÁZTÁROLÓK / 034
SZEREPE A FÖLDGÁZELLÁTÁSBAN**

INNOVÁCIÓ _____

**EGY KORSZAK VÉGE: / 042
BEFEJEZŐDÖTT A NAGYFORGALMÚ
AUTÓPÁLYÁK NAGYFESZÜLTSGŰ
TÁVVEZETÉK-KERESZTVEZÉSEINEK
ÁTÉPÍTÉSE**



**DIGITÁLIS ENERGHATÉKONYSÁG / 048
A GYAKORLATBAN**

TANULMÁNY _____

**OPTIKAI HÁLÓZATAINK: / 052
AZ ENERGIA ÉS AZ INFORMÁCIÓ
TALÁLKOZÁSA**

**TELEPHELYKERESÉS / 060
GIS-ALAPÚ TÁMOGATÁSA**

**FOTOVOLTAIKUS ERŐMŰ- / 068
TÍPUSOK RÖVID ISMERTETÉSE**

BESZÉLGETÉS _____

**ATOM-BIZTOS JÖVŐ / 080
– INTERJÚ MATTHIAS HORVATH
ATOMFIZIKUSSAL ÉS
REAKTORMÉRNÖKKEL**

HÍREK

AZ MVM CSOPORT HÍREI / 086

HÍREK AZ ENERGETIKÁRÓL / 104



Egységes stratégiai környezeti világkép a vállalati működésben

Összehangolt/koherens stratégiai környezetkép a döntéshozatal szolgálatában

Szerzők:

Szathmári Dominik
senior stratégiai szakértő
MVM Zrt.

Nagy T. Dávid
frissdiplomás stratégiai szakértő
MVM Zrt.

Dr. Herczeg András
stratégiamenedzsment osztályvezető
MVM Zrt.

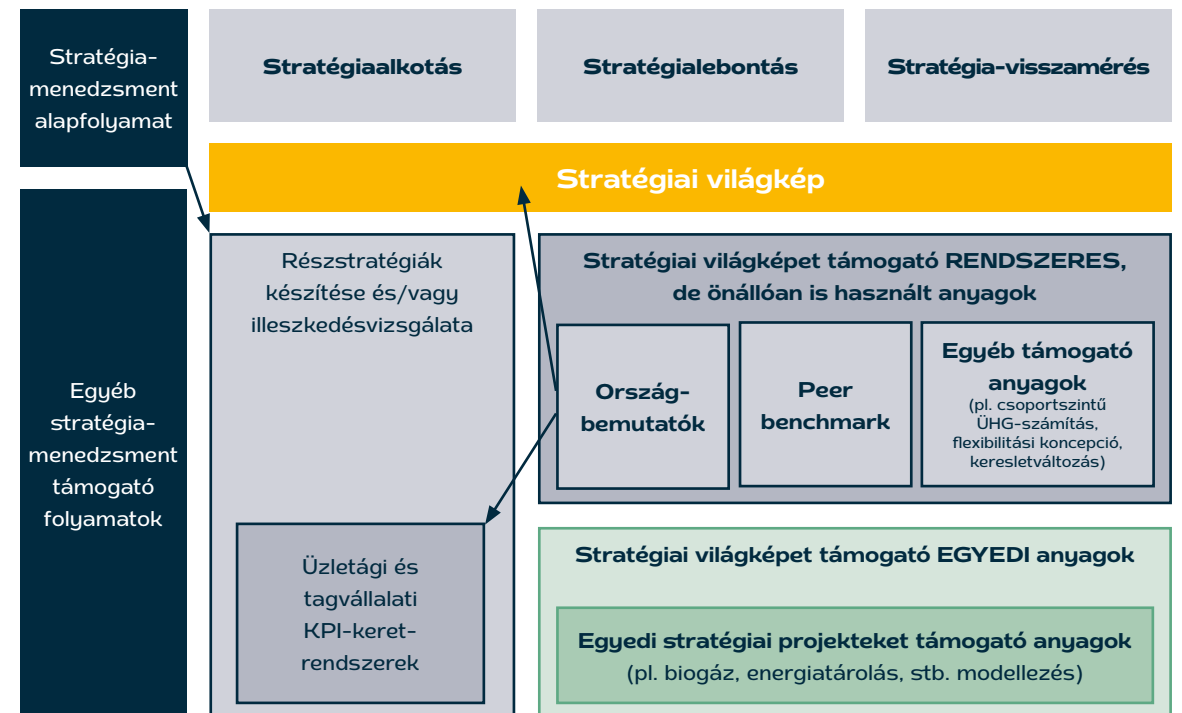


1. BEVEZETŐ

A stratégiai környezet folyamatosan változik, amely hatást gyakorol a stratégiamenedzsment alapfolyamataira is: csoportszintű 1) stratégiaalkotásra, 2) -lebontásra, valamint a 3) -visszamérés¹ mellett a csoportszintű stratégiahoz illeszkedő részstratégiákra és az üzletági és tagvállalati stratégiai célrendszerekre. A külső környezetre vonatkozó folyamatok összhangját az MVM Csoport egységes stratégiai világképe is támogatja (1. ábra), amely teljeskörűen évente, a (top-down) stratégiai tervezési folyamathoz illeszkedve frissül. A világkép frissítését a kapcsolódó rendszeres elemzések is segítik. Ezek közé tartoznak a kiemelt célpiacokra vonatkozó összefoglalók, a versenytársak teljesítményét követő benchmark és az egyéb stratégiai

anyagok, amelyek a piaci dinamikák követését szolgálják.

A stratégiai világkép vertikálisan fogja át a legfőbb folyamatokat, megteremtve a környezeti világképet, amely a stratégiaalkotás alapját képezheti, követve a legfőbb témákat, amelyek a lebontásban jelennek meg, és reflektálva a legfőbb kihívásokra és lehetőségekre, amelyek a visszamérésben merülnek fel. Mindezek mellett a stratégiai világkép operatív szinten is támogatja az egységes MVM folyamatok közti kapcsolódást, az üzletági know-how megosztást és a ONE MVM koncepciót. A jelenlegi cikk a 2025-ben készített egységes stratégiai világkép felépítését mutatja be, illetve fejezeteinek legfőbb tanulságaiba és modellezési háttérébe nyújt betekintést.



1. ábra: Stratégiai világkép elhelyezkedése a stratégiai folyamatokban
Forrás: Saját szerkesztés

¹ Herczeg, A., Mészáros, R., Szathmári, D.: Stratégialebontás és monitoring a gyakorlatban: hogyan marad élő a vállalati stratégia? Energiaforrás. LXI. évfolyam | 2025. 2. szám. hu ISSN 1786-674X (online). https://mvm.hu/-/media/MVMHu/Documents/Media/Mediatartalmak/Energiaforras/MVM-Energiaforras_2025_2_web.pdf (Letöltés dátuma: 2026. 03. 15.)

2. STRATÉGIAI VILÁGKÉP FELEPÍTÉSE

Az MVM stratégiai világképe négy központi fejezet köré épül: 1) **A külső hatások**, ahol az energiaszektoron kívüli legfontosabb mozgatórugók kerülnek bemutatásra. 2) **Non-core üzletágak**, ahol a kiemelt mérő mögötti technológiák várható alakulása kerül vizsgálat alá. 3) **Villamosenergia-piac** és 4) **Földgázpiac**, ahol pedig a stratégiai trendek és a teljes értékláncot lefedő várakozások kerülnek ismertetésre. A fő fejezetek után átfogóan bemutattuk az egyes témakörök MVM Csoportra gyakorolt lehetséges hatásait és kockázatait. A külső tényezők kölcsönhatásban állnak egymással, miközben az egyes faktorok a teljes értékláncrea vagy annak specifikus elemeire is befolyást gyakorolnak, ezért az egységes világkép a várakozások koherenciáját jelentősen erősíti. Vegyünk például egy gázpiaci ár- vagy ellátási sokkot, ami egy geopolitikai esemény hatására alakul ki. Ebben az esetben nemcsak a gáz beszerzési költségét érinti, hanem a villamosenergia-piaci árazást, a termelési mixet, a beruházási döntéseket is, miközben mindezt tovább erősítheti a szabályozási és gazdasági környezet, illetve a klímaváltozási kitettség. A mind horizontálisan, mind vertikálisan összefüggő keretrendszerben pedig az egységes világkép segítséget ad a láncolatok értelmezésében, ami koherens logikát teremtve követhetőbb várakozásokat eredményez.



Gazdasági környezet



Geopolitikai környezet



Demográfiai környezet



Szabályozó környezet



Technológiai környezet



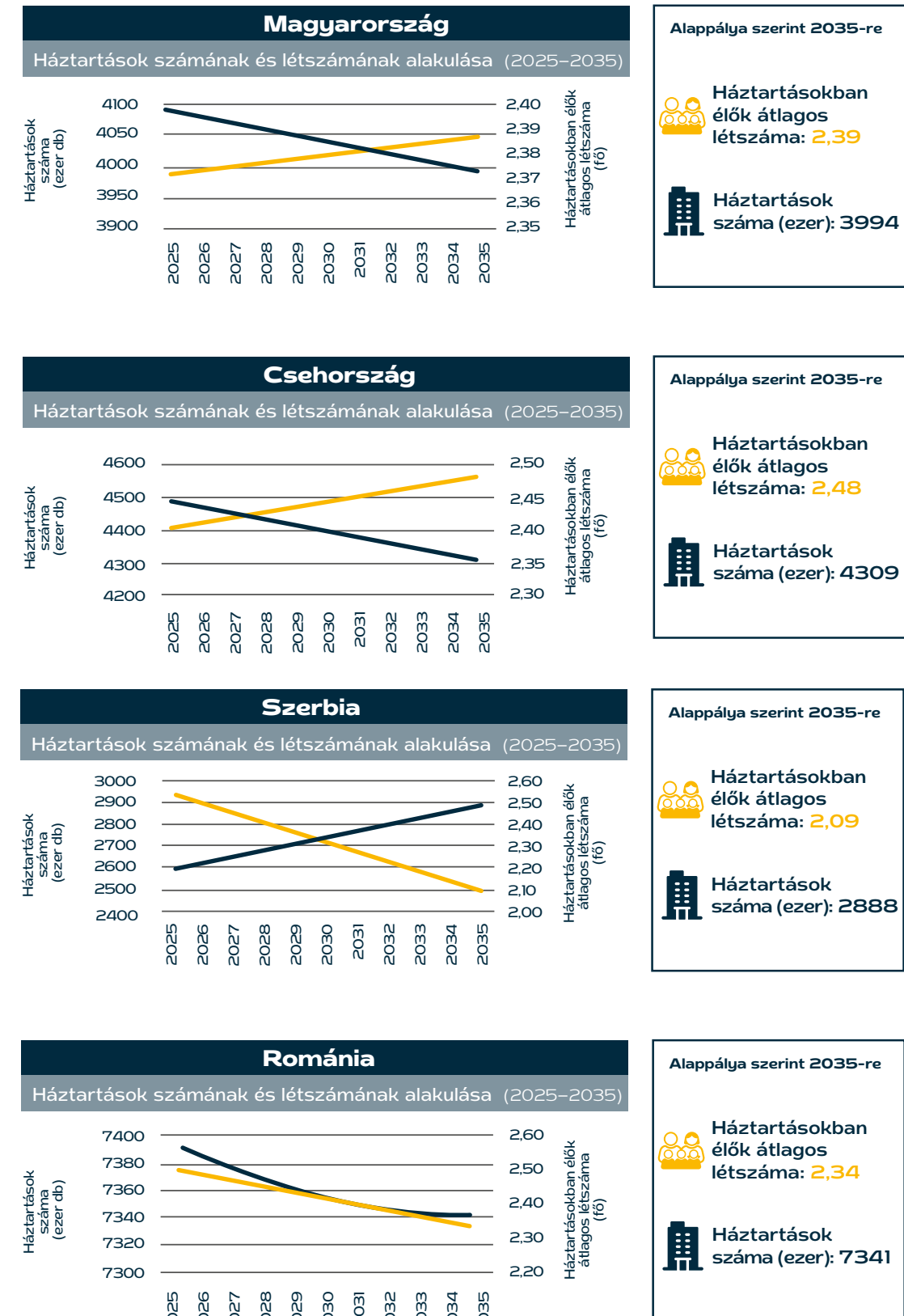
Klímaváltozási környezet

2.1. A külső hatások

A külső hatások elemzése során hat fő szempontot emeltünk ki, amelynek gerincét a PESTEL makrokörnyezeti elemzési modell biztosította. A modell egyes komponenseit nem szó szerint követve, hanem azok lényegét rugalmasan alkalmazva, az alábbi hat környezeti tényezőt állapítottuk meg az egységes stratégiai világkép megalakítása során: a gazdasági, geopolitikai, demográfiai, szabályozói, technológiai és klímaváltozási környezetet.

A gazdasági környezetben az alapvető makrogazdasági, illetve külső és belső kockázati várakozások (infláció és GDP, előre jelzett pályák) kerültek megfogalmazásra az MVM kulcspiacain. Az előrejelzési pályákat a bázisévhez képest négy évre határoztuk meg, a különböző pénzügyi intézetek – például az adott országok nemzeti bankja, piaci bankok és EU-s előrejelzések – súlyozott átlagát alapul véve. Az „Egy MVM” szempontot figyelembe véve egy adott ország adatainál a központi premisszák külön színnel kerültek fel az egyes diagramokra. A vizsgálat részletesen kiterjedt az eurózóna, Magyarország, Csehország és Románia piacára, ahol az előrejelzések mellett a GDP- és inflációs várakozásokat, valamint a belső és külső kockázatok is meghatároztuk. Az előrejelzést kiterjesztettük Szlovákia, Szerbia és Azerbajdzsán várakozásaira is, figyelembe véve az MVM érintettségét ezekben az országokban.

2. ábra: A külső hatások hat dimenziós környezeti elemzése
Forrás: Saját szerkesztés



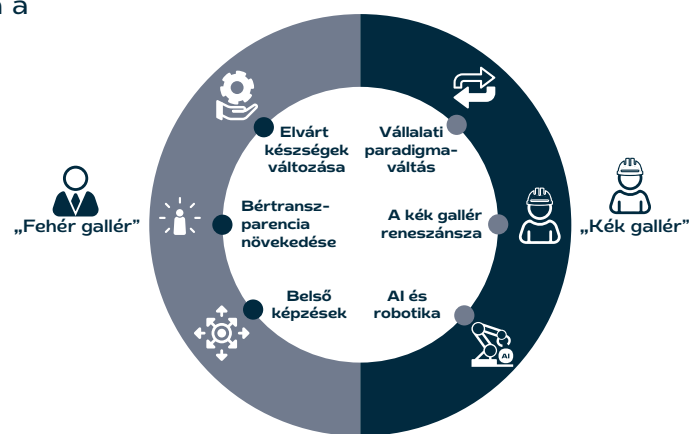
3. ábra: Háztartások számának és létszámának alakulása Magyarországon, Csehországban, Szerbiában és Romániában, 2025–2035
Forrás: Saját szerkesztés

A geopolitikai környezetelemzés során a legfontosabb feltételezéseket régiós és közvetlen fókusszal rendszereztük, kitérve a lehetséges stratégiai fordulópontokra, a keleti helyzetképre, az uniós szabályozáspolitikára, valamint a nemzetközi trendek európai hatásaira. A geopolitikai részt különböző erőterek mentén építettük fel, Oroszország, Kína és az Egyesült Államok (USA) keleti régióbeli és az EU-ra gyakorolt hatásaira, dinamikáira koncentrálnak.

A demográfiai feltételezések ügyfélszolgálati és munkáltatói perspektívából kerültek megközelítésre, értve ezalatt a regionális országok népességének és háztartásainak összetételére vonatkozó várakozásokat, de a régiós korfák alakulása és a munkavállalói perspektívák is górcső alá kerültek. Metodológiai oldalról adatforrásként az Eurostat publikus információi alapján dolgoztunk, ahol több scenárió közül a legvalószínűbb realista eshetőséget vettük számba a népesség nagyságának és összetételének alakulásáról. A háztartások számának alakulását azonban saját számítások mentén becsültük, rávetítve a múltbeli historikus trendeket az egy háztartásban élők létszámának alakulásáról a legjobb illesztéssel, és ezt elosztva az így kapott éves értéket a népesség teljes prognosztizált mértékével, megkaptuk a háztartások számát is. Ezeket a teljes elérhető ügyfélállománnyal feleltettük meg, és beépítettük a háztartási villamosenergia- és földgázfogyasztás jövőbeli várható alakulásainak számításába is. Néhány országra a 3. ábrán látható a számolt pálya a háztartások esetén.

Az aktuális HR-trendeknél munkakörökönként független, valamint fehér- és

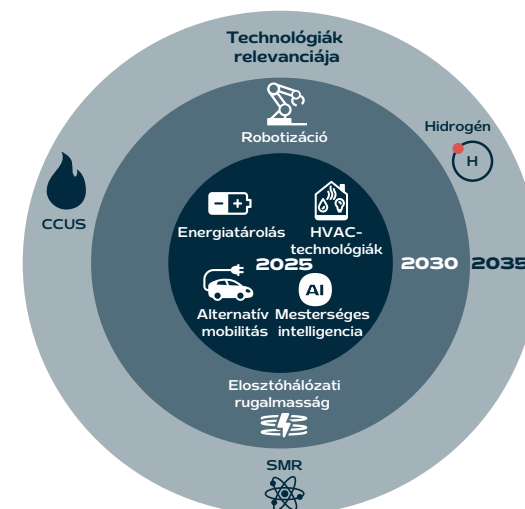
kékgalléros munkaköri perspektívákat vizsgáltunk munkavállalói és munkáltatói oldalról. Az elvárt készségek az adatfeldolgozási igények, és az új technológiák alkalmazásának hatékony céljából folyamatosan változnak. A munkaerőhiány pótlásában kulcs szerepet játszhat az AI és robotizáció, magasabb hozzáadott értékű munkahelyeket teremtve munkavállalóként. Az erre irányuló igényt tovább erősíti a kékgalléros és a gyakorlati készségeken alapuló munkakörökre megnövekedett kereslet. Oldaltól függetlenül megállapítható, hogy a demográfiai struktúraváltozás a munkavállalói szinten az anyag ezen részének egyik fő eleme volt. Kiemelt trendek voltak még a generációk együttélésének menedzselése munkahelyi környezetben, az innovatív toborzási technikák iránti igény növekedése és a mesterséges intelligencia lehetséges megoldásai az adott munkakörök kompetenciahiányainak pótlására.



4. ábra: HR-trendek a fehér- és kékgalléros munkakörökben
Forrás: Saját szerkesztés

A szabályozói környezet elemzése során meghatároztuk az MVM Csoport működését befolyásoló legfontosabb keretrendszereket és feltételezéseket. Ez magában foglalja az uniós szakpolitikákat, az ETS-rendszert, valamint az olyan külső szervezeti elvárásokat,

mint a NIS2, a DORA, a CSRD és a CSDDD. Az Európai Unió versenyképességi kérdései és a turbulens geopolitikai események több szempontból is labilisabbá tették ezeket a szakpolitikai elvárásokat: az ETS2 bevezetését csúszttatták, csakúgy, mint az új belső égésű motorok tiltását. Ezek a dinamikák azt jelzik, hogy a szakpolitikai célok megmaradnak, ám betartatásuk és bevezetésük bizonytalanabbá vált.



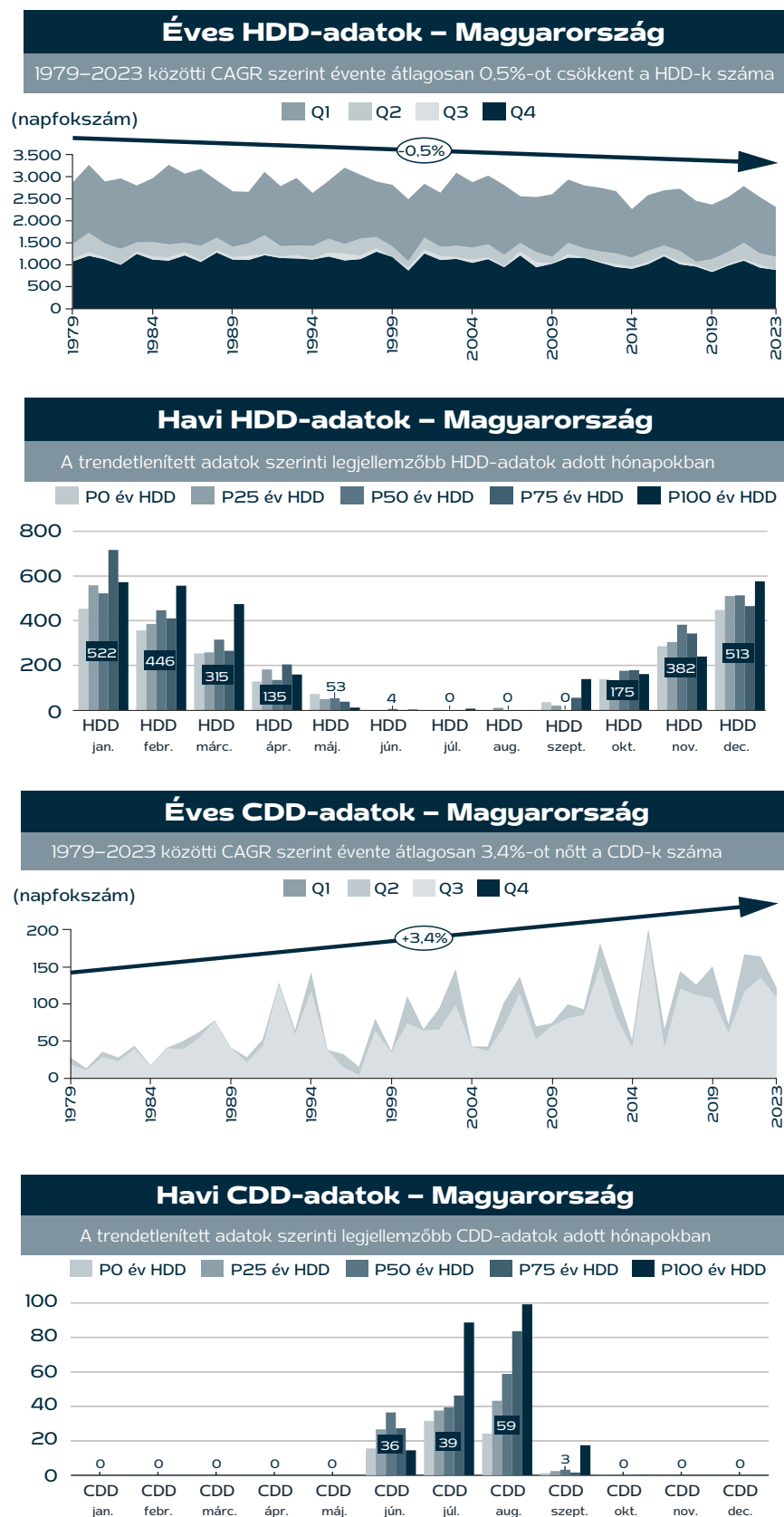
5. ábra: Technológiai körkép magyarországi fókusszal, 2025-2035
Forrás: Saját szerkesztés

A legfőbb technológiai várakozásokat a technológiai környezet fejezetben foglaltuk össze. Itt három általános külső hatást azonosítottunk, valamint technológiai körképen ábrázoltuk a várhatóan feltörekvő technológiákat, amelyek relevanciáját a következő évtizedben prognosztizáljuk. A technológiai körképben kiemelt témakörként megjelent az energiatárolás, a mesterséges inercia, az elosztóhálózati rugalmasság, illetve a hidrogén, a HVAC-technológiák, az alternatív mobilitás és az SMR. Ezeket a technológiai trendeket napjainktól „2035+”-ig terjedő időskálán értékeltük az érintett szakterületek bevonásával, figyelembe véve azok technológiai relevanciáját és előrehaladottságát,

miközben a szabályozási környezetet és a megtérülési megfontolásokat sem hagytuk figyelmen kívül. 2025-ben négy kulcs technológia került kiemelésre, amelyek közvetlenül vagy közvetve érintik az energetikai iparágat, akár a fogyasztás növekedésén keresztül, akár a technológiai szintjén.

Az energiatárolás skálázására irányuló törekvések már 2025-től megfigyelhetők, fejlettebb akkumulátor-technológiákkal kiegészülve nem akkumulátoros megoldásokkal, amelyek a megújuló integrációját segítik, miközben csökkentik az áringadozásokat a magas penetráció okozta volatilitás miatt. A HVAC-technológiák – hőszivattyúk és klímaberendezések – gyors terjedése jelentősen növeli a villamosenergia-fogyasztást, hozzájárulva a rekordcsúcsokhoz, amelyek évről évre megdőlnek.

Az alternatív mobilitás technológiai standardizálása egyszerre kihívás és lehetőség, ugyanis a töltőhálózat bővítése új fogyasztói bázist teremt, de EU-s szinten is érezhető terhelést generál. A mesterséges intelligenciával és a robotizációval kapcsolatban először nem a szűk értelemben vett energiaipar jut eszünkbe, ennek ellenére mindkettő közvetlen és közvetett szerepet játszik. Közvetlen alkalmazásuk során az AI integrációja optimalizálja a hálózat működését prediktív karbantartással és kereslet-előrejelzéssel, csökkentve a kieséseket és az ár volatilitást, míg a robotizáció a gyártósorokon és a logisztikában átveszi a repetitív feladatokat, növelve a hatékonyságot. Azonban az AI-hoz szükséges adatközpontok és a robotok energiaigényes működése jelentősen megnöveli a globális fogyasztást újabb csúcsokat generálva, így közvetett



6. ábra: HDD- és CDD-trendek alakulásának vizsgálata Magyarországon, 1979–2023
Forrás: Saját szerkesztés

módon erősen érintett technológiai trendként értékelhető. Az elosztóhálózati rugalmasság kifestésére a 2030-as sávba került, itt válhat üzletileg életképesé, lehetővé téve a prosumerek hatékony integrációját és a lokális terhelési csúcsok kezelését, míg a CCUS, hidrogén- és SMR-technológiák jelenleg költséghatékonysági, pilot jellegű vagy szabályozási kiforratlanság okán korlátozottak, 2035 utáni relevanciára számíthatnak régiós szinten.

Végezetül a klímaváltozási környezet témakörében áttekintésre került az energetikai átállás szabályozási környezete a globális kulcspiacok és ESG-relevanciák szintjén, továbbá a szélsőséges időjárás és annak energiarendszere gyakorolt hatásainak, illetve az AMOC-, valamint a HDD- és CDD-adatok elemzése. Az utóbbi elemzést minden kiemelt célsországban vizsgáltuk. Első körben összegeztünk minden elérhető adatot havi bontásban 1979 és 2023 között, majd egy olyan modellt építettünk, ami a trendeket figyelembe véve felállított egy tipikus időjárási évet a legnagyobb előfordulási valószínűséggel, és a jövőben a hosszú távú trendeket rávetítve változtattunk, ami a HDD esetén egy csökkenő, míg a CDD esetén növekvő pályát jelent.

2.2. Non-core üzletágak

A non-core üzletágakról szóló fejezetben azon a „mérőn túli” piacok trendjeit vizsgáltuk, amelyek nem a klasszikus termelési és kereskedelmi core működésből indulnak, mégis érdemben alakítják és formálják az energiaszektort. Ide tartoznak az elektromos járművek, a hőszivattyúk és a klímaberendezések is, utolsó kettő tömeges elterjedése új, gyakran időjárásfüggő villamosenergia-keresletet hoz be. A HMKE-k

és a háztartási méretű tárolók azért kerültek fókuszba, mert a fogyasztói oldalon termelést és tárolást adnak a rendszerhez, ami egyszerre csökkentheti a vételezett energiát, de új hálózati, kiegyenlítési kihívásokat is generálhatnak. Az SCTE és az elektrolizálók vizsgálata azért volt indokolt, mert ezek a megoldások a rendszerigényekre szintén hatással vannak. A vizsgált trendek és hatások összefoglalása a 7. ábrán látható.

A várható felfutások vizsgálata során a legtöbb esetben a MAVIR hálózatfejlesztési terveinek feleltettük meg a sarokéveket, folyamatos növekedést feltételezve a köztes években. Egyedül az e-mobilitási trendek esetén tértünk el, és vizsgáltuk mélyebben is a várható irányokat. Rövid távon egy lassabb, míg hosszabb távon egy dinamikus növekedést feltételezve az EU törekvések mentén. Ezenkívül azt is becsültük, hogy a teljes flotta mekkora éves villamosenergia-fogyasztást és töltőpenetrációt igényel, egyrészt az otthontöltési arány enyhe csökkenésével a 2035-ös időtávon, mivel a városi környezetben nem kivitelezhető minden egyes jármű privát töltése. A publikus töltőhálózat kihasználtságát megbonthatottuk AC és DC töltő típusokra, mivel eltérő historikus trendek alakultak ki, a DC pontok esetén jelentősebb növekedés figyelhető meg, míg a másik esetben inkább stagnálnak az igények.

2.3. Villamosenergia-piac

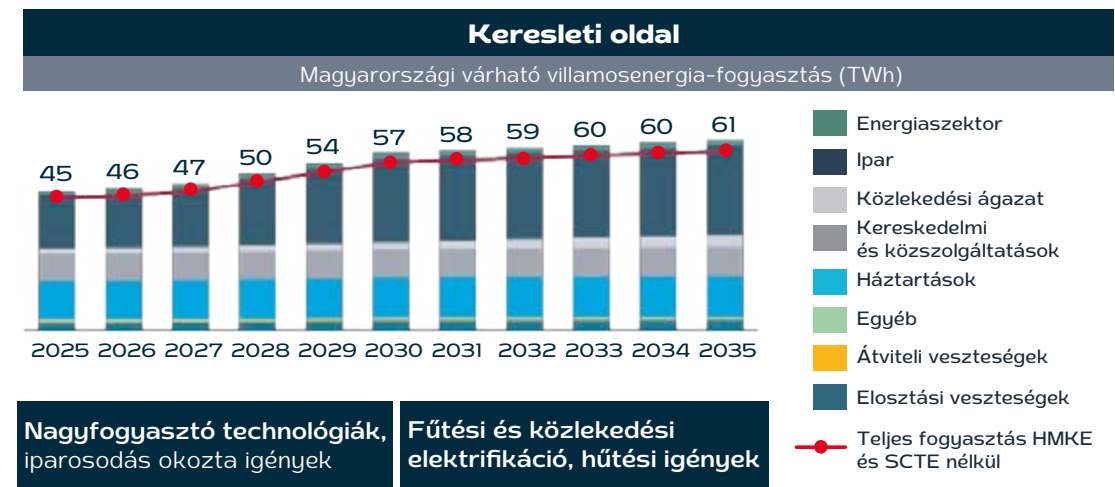
A villamosenergia-piac tekintetében az értékláncelemeket lefedve és néhány kiemelt téma mentén mutattuk be a legfontosabb feltételezéseket. Négy fő témakör került meghatározásra: a termelési oldal, az infrastruktúra, a keresleti oldal és a szabályozói

	Jelenlegi piaci trendek	Kockázatok	Hatás a fogyasztásra	
			Villamos energia	Földgáz
Elektromos járművek (ezer db)	<ul style="list-style-type: none"> Autógyártók szabályozási környezete határozza meg elsősorban a terjedést Várhatóan nőni fog a publikus töltés szerepe (kb. 20%-ról 30%-ra) 	<ul style="list-style-type: none"> Magas alternatív hajtású gépjármű árak Növekvő vámok, kereskedelmi háború 	▲	Nincs vagy minimális
Hőszivattyúk (ezer db)	<ul style="list-style-type: none"> H és B GEO tarifa elérhetősége lakossági és üzleti környezetben Otthonfelújítási programok elérhetősége 	<ul style="list-style-type: none"> Az energiaárak növekedése és nyári csúcsterhelések növekedése Magasabb működési költségek, lassuló energiaátmenet visszاسzorítja a keresletet AMOC-leállás vagy egyéb klímakockázati tényezők 	▲	▼
Klímaberendezések (ezer db)	<ul style="list-style-type: none"> Egyre szélsőségebb nyári hőhullámok 2030-tól a piac telítődése várható Nyári energiaszegénység megjelenése 		▲	Átmeneti időben csökkenti
HMKE (MW)	<ul style="list-style-type: none"> Az éves HMKE-növekedés lelassul 2026 után az új kapacitások évi -60-170 MW között alakulhatnak 		▼	Nincs vagy minimális
SCTE ² (MW)	<ul style="list-style-type: none"> Energiahatékonysági beruházásokba való integráció, hosszú távú költségcsökkenés és fenntarthatóság a vállalkozások számára Dinamikus növekedés, főként támogatásokkal 	<ul style="list-style-type: none"> Hálózati kapacitásproblémák adott területeken Megváltozott megtérülési feltételek az elszámolási rendszer változásával, lassuló megtérülés, túltermelés növekedése Akkumulátoros energiatárolók ára továbbra is magas marad 	▼	Nincs vagy minimális
Háztartási méretű tárolóberendezések (MW)	<ul style="list-style-type: none"> Saját termelés maximalizálása új tarifa környezetben javíthatja a megtérülést Technológia fejlődése, költségek csökkenése Támogatások elérhetősége 		▼	Nincs vagy minimális
Elektrolízis (MW)	<ul style="list-style-type: none"> Kedvező szabályozói környezet, támogatások elérhetősége a hidrogén értéklánc építésére Jelentős beruházások irányulnak a dekarbonizációs törekvésekkel egyetemben 	<ul style="list-style-type: none"> A hidrogénteknológia jelenleg még nem megtérülő terület A kínálat elmaradása (kereslet magas) 	▲	▼

7. ábra: Non-core üzletágak várható trendjei, kockázatai és hatásuk a villamosenergia- és földgázfogyasztásra
Forrás: Saját szerkesztés

környezet. A termelés tekintetében vizsgáltuk a nukleáris termelést, SMR-technológiát, a Mátrai Erőművet és az egyéb konvencionális erőműveket. Kiemelt szerepet kapott a megújuló termelés kérdésköre, ahol a technológia térnyerését, kannibalizációját, támogatási jövőképét és egymás kiegészíthetőségét elemeztük. A megújulók révén az akkumulátoros energiatárolási technológiák is helyet kaptak az anyagban a várható aFFR tartalékpiazi igények és lehetőségek témakörével.

A rendelkezésre álló villamosenergia-termelő kapacitásokat telephelyenkénti bontásban építettük fel a teljes magyarországi portfólióra, a nagyobb egységek esetén egyesével vizsgálva az engedélyesi hatályokat, míg a kisebb egységeket aggregáltan kezelve. Az MVM Csoport Stratégia (2024–2035) vállalásait minden esetben beleépítettük, illetve felülírtunk olyan engedélyi hatályokat is, amik a szakértői feltételezések esetén meghosszabbítható, vagy adott években pont az üzemidőhosszabbítás



8. ábra: Várható magyarországi villamosenergia-fogyasztási potenciálok, 2025–2035
Forrás: Saját szerkesztés

miatt esnek ki, mint a Paksi Atomerőmű blokkjai. Az új CCGT-blokkokat 2029-es belépéssel feltételeztük. A megújulók esetében minden típusú PV-kapacitást számításba veszünk, mivel az országos nettó fogyasztási igényekre a HMKE- és az SCTE-kapacitások is hatással vannak. Az energiatárolói technológiák esetén a háztartási méretű tárolóberendezések mellett az ipari léptékű is figyelembe vesszük.

A termelési volumeneket főként csak adatgyűjtés szerint vizsgáltuk, azonban a keresleti oldalt részletesen modelleztük. Itt elsősorban az Eurostat adatbázisra támaszkodtunk, illetve a korábban felvázolt technológiai prognózisokra. A különböző szektorok fogyasztását a múltbeli trendek alapján becsültük, ami az alap-pályát adta, ezekre építettük rá egy-résről a külső hatásokat és a non-core technológiák villamosenergia-igényeit. Az e-mobilitás tekintetében átlagos éves futásteljesítményt és fogyasztást vettünk figyelembe minden gépjárműtípus esetén.

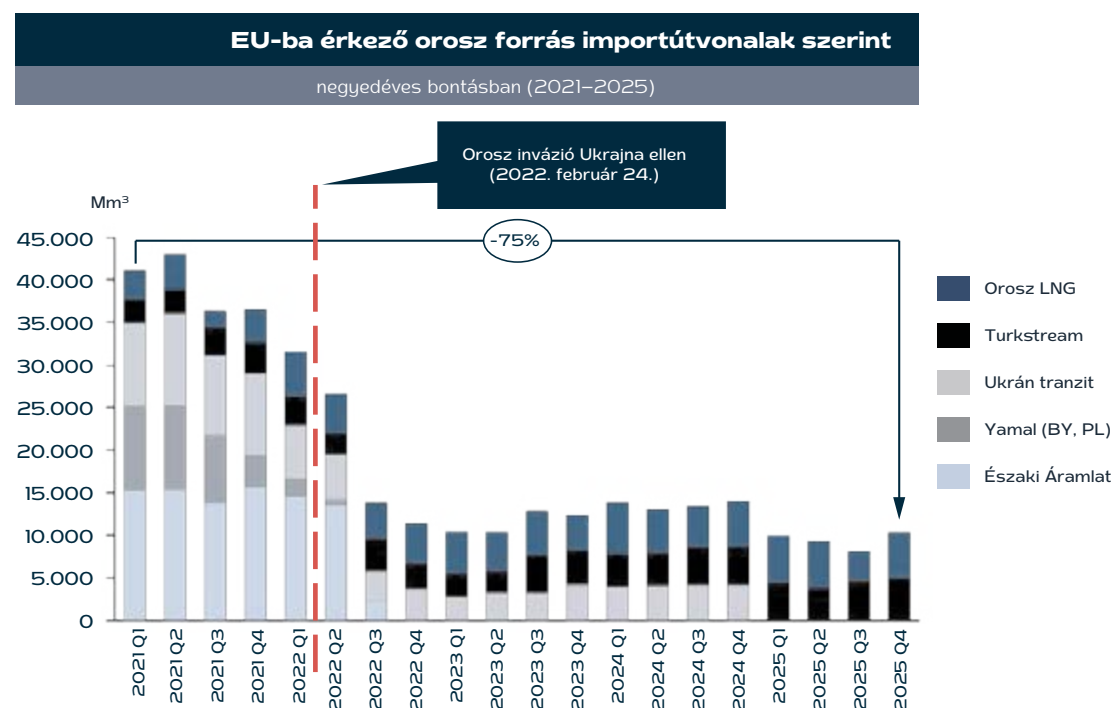
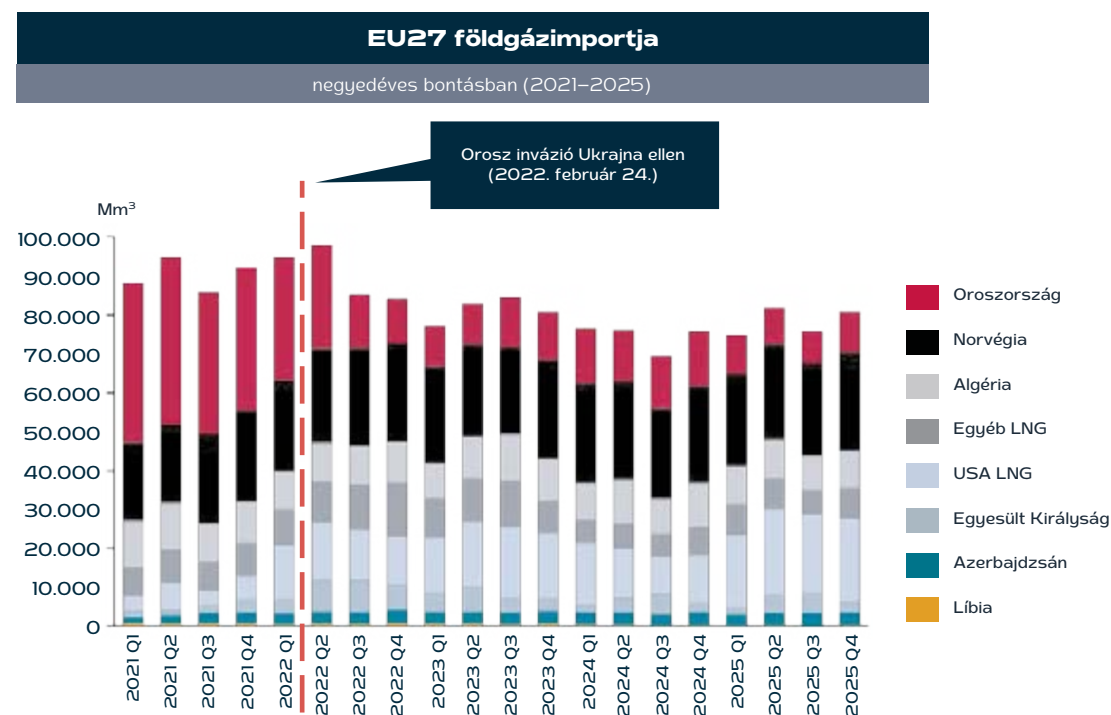
HVAC-technológiák esetén a feltételezett penetrációt vetítettük egy-egy jellegzetes háztartásra, adott légtér fogat, szigetelési jellemzők, belső hőnyereség, üvegezett felület, napsugárzás, COP és

EER mellett. Ehhez a modellezett HDD- és CDD-értékek adták minden évben a fűtési és hűtési igényeket. A bruttó fogyasztás becsüléséhez még fő input volt az elektrizáló berendezések éves futása és az ipari törekvések mentén az új nagyfogyasztók igényei. Ezt követően a nettó fogyasztás számításához a nem ipari méretű napelemek valós időben saját célra fordított helyben fogyasztását is becsültük minden évben. Ezekből adódott a 8. ábrán látható pálya.

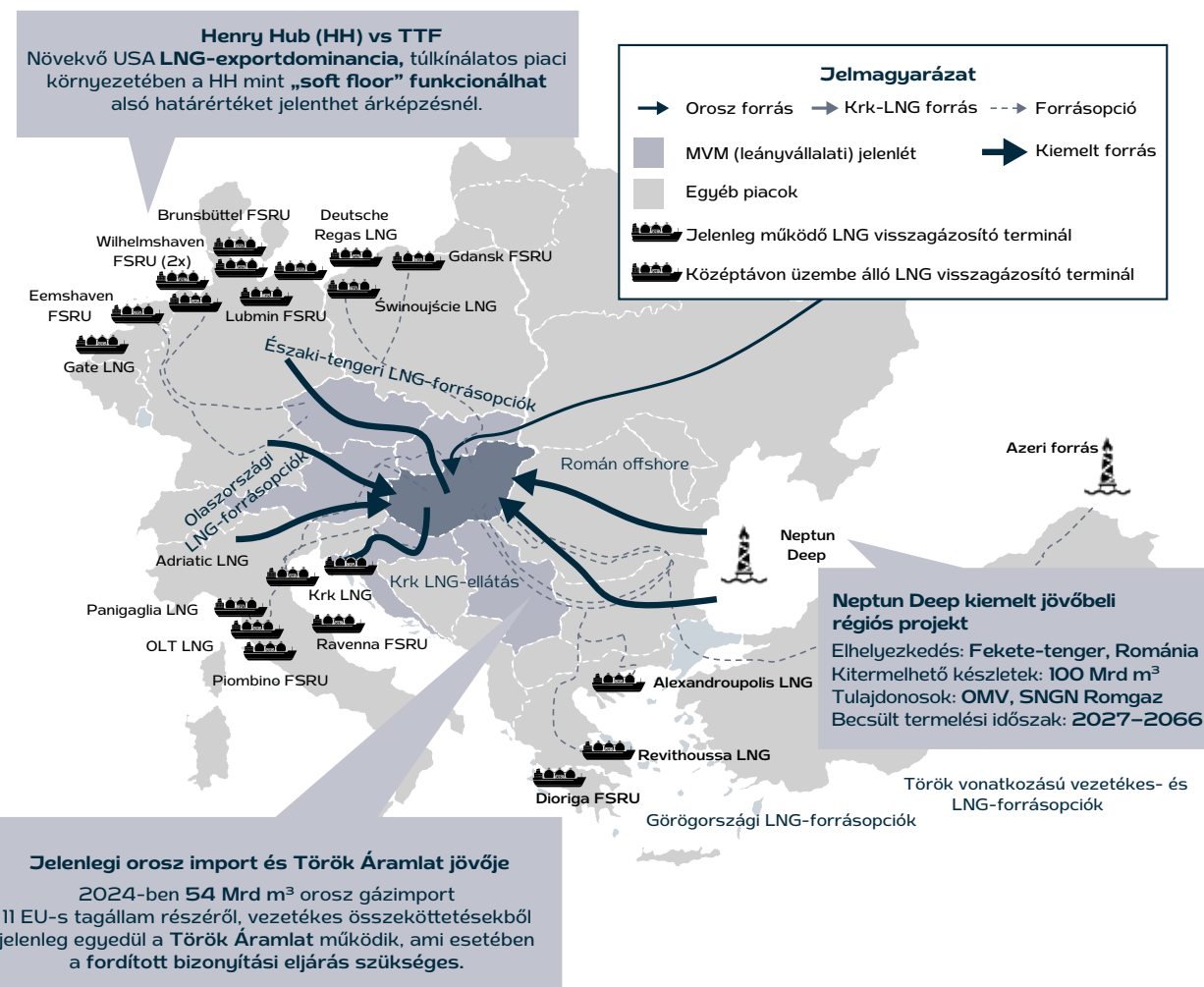
Kiemelt téma volt, hogy a napenergia gyors térnyerése Európában rekord termelést és egyre gyakoribb negatív árakat hozott, 2025-ben nőtt a negatív áras órák száma, és az átlagos negatív árak is mélyebbek lettek. Így a napenergia piaci értékének csökkenése – az ún. „capture price” visszaesése – jól mutatja a megújulók önkannibalizációs hatását, amikor a dél körüli túltermelés az árakat nullára vagy negatív tartományba szorítja. A jelenlegi trendek alapján azonban a napenergia-bővülés lassulhat, miközben a tárolási és rugalmassági fejlesztések kulcsfontosságúak lesznek. Mindemellett a PV-kannibalizációhoz hasonlóan elképzelhető egy potenciális akkumulátor üzleti terveket kannibalizáló hatás is a nagyobb szintű elterjedés után.

A világképbe beépítettük egyéb anyaga-ink idetartozó eredményeit, mint például a csoportszintű flexibilitási koncepció hazai tartalékpiacra vonatkozó modellezését, ami kapcsán kiemelnénk, hogy

a tartalékpiaci igényeket a historikus értékek, a belépő új nagyerőművek teljesítménye és az időjárásfüggő megújuló javuló menetredezése határozza meg főként. Ezek alapján kijelenthető, hogy



9. ábra: 2025 trendjei orosz gázimport tekintetében
Forrás: Saját szerkesztés Bruegel adatok alapján



10. ábra: A magyarországi földgázellátási útvonalak és belépő új alternatív források
Forrás: Saját szerkesztés

az igények növekedésében a historikus elemzés alapján egészen enyhe növekedés feltételezett a javuló és ösztönzött menetredezési pontossággal, így a rugalmas kapacitások várhatóan szűkös piacon fognak versenyezni a kapacitásdíjakért, ami az új akkumulátorkapacitások hatására rendkívül lecsökkenhet tartósan. A nemzetközi együttműködések (pl.: Picasso) pedig nagyobb, de sokkal versenyesebb piacot fognak jelenteni.

Ezekon kívül is számos téma került beépítésre és rövid bemutatásra, mint a TSO- és DSO-veszteségek várható alakulásai a régiós fogyasztások tükrében, okosmérők helyzete Magyarországon és Európában,

az elosztóhálózati flexibilitás lehetőségei, az áramszünetek tanulságai, a HMKE szaldó elszámolás kivezetésének üteme és várható volumene éves bontásban, és a lehetséges szabályozási változások.

2.4. Földgázpiac

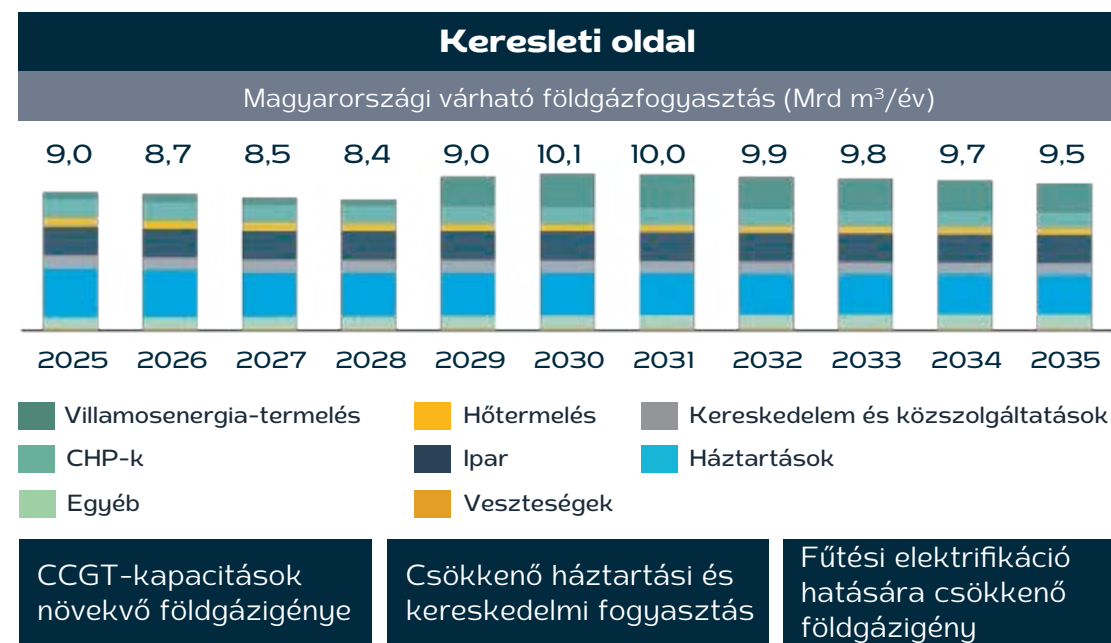
Kétségtelenül elmondható, hogy a földgázpiac fundamentális változásait és strukturális átalakulását a világpolitikai események és a háborús konfliktusok jelentősen indukálták. 2022-ben drámaian visszaesett az EU27 földgázimport-portfóliójában az orosz gáz aránya, ám a fennmaradó importmennyiség 2023 Q3-Q4-től stabilizálódott, miközben a kiesett volument elsősorban

az USA-ból származó LNG pótolta, amely 2025-re már a második legnagyobb forrássá vált. Az orosz eredetű földgáz 2025-ben fennmaradó importja továbbra is elsősorban LNG formájában, valamint a Török Áramlat vezetéken keresztül érkezett, így továbbra is egy korlátozott, de még jelen lévő elemet képviselt Európa földgáz-ellátási portfóliójában, amelynek fokozatos kivezetését a REPowerEU rendelet is ösztönzi.

Az EU-s célkitűzések és az egyéb alapvetőleg turbulens és naponta változó geopolitikai fejlemények figyelembevételével több kiemelt szempontot vizsgáltunk. Egyrészt elemeztük a régiós termelés alakulását, valamint a folyamatban lévő gázprojekteket, különös tekintettel a Neptun Deep és az egyéb, potenciális forrásként megjelenő projektekre. Emellett áttekintettük a szállítási útvonalak nemzetközi érintettségét is. A hazai ellátásbiztonságot veszélyeztető tényezőket is megvizsgáltuk, köztük a betáplálási pontok sebezhetőségét és a magyar import útvonalak fontosságát sorrendjét.

Kiemelt szerepet kapott az alternatív források feltérképezése is, ahol jól érzékelhető piaci dinamikákat figyeltünk meg, különösen az LNG-import növekedését, ezen belül pedig az amerikai szállítások erősödő dominanciáját.

A földgázfogyasztás becslése során részben eltérő metodológiát alkalmaztunk. Itt is elsősorban az Eurostat adatbázisra támaszkodtunk, viszont a regressziós vizsgálat során különvettük a szektorokat, hogy az időalapú vagy a HDD alapú függés erősebb-e. A külső hatásokat itt is figyelembe vettük, többek között a háztartások számának alakulását és a HDD-értékeket beépítettük a jövőbeli regressziós számításba. A hőszivattyú penetráció pedig itt fordított, fogyasztáscsökkentő hatásként épült be, de a számolt hőigények megegyeznek a villamosenergia-fogyasztási modellel. Ezenfelül az új gáztüzelésű erőművek többletfogyasztását is figyelembe vettük a meglévő üzleti modellek szerinti értékek mentén.



11. ábra: Várható magyarországi földgázfogyasztás alakulása, 2025–2035
Forrás: Saját szerkesztés

3. ÖSSZEFOGLALÓ

Az MVM stratégiai világképe egy adott pillanatra készült, a turbulens geopolitikai és technológiai környezetben tájékozódást adó helyzetkép, amely a stratégiaalkotás koherens keretét teremti meg. A dokumentum négy fő területet vizsgál: a külső, energiaszektoron kívüli hatásokat; a non-core üzletágak technológiai fejlődési irányait; a villamosenergia-piac meghatározó termelési, infrastrukturális, keresleti és szabályozói trendjeit; valamint a földgázpiac szerkezeti átalakulását, amelyet elsősorban a világpolitikai események, illetve az ezek hatására gyorsan átrendeződő EU importstruktúra is formált. A világkép célja, hogy feltárja a különböző

tényezők közötti ok-okozati láncokat, segítve az MVM Csoportot abban, hogy a teljes értékláncre ható változásokat összefüggéseikben értelmezze, és egységes logika mentén alakítsa ki megvalósított stratégiai várakozásokat. A keretrendszer különösen hangsúlyozza, hogy a geopolitikai, gazdasági és technológiai folyamatok egymást erősítve hatnak az energetikai értéklánc egészére.

Az egységes világkép ennek megfelelően segíti az „élő” stratégia fenntartását és a hosszú távú (top-down) tervezés megalapozását. Emellett horizontális és vertikális összefüggéseket tár fel, amelyek révén az MVM összehangolhatja üzletági tudását, növelve a belső koherenciát.

Stratégiaalkotás		Stratégiai tervezés			Stratégia kommunikációja
Élő stratégia	Részstratégia-alkotási igények támogatása	Stratégiai lebontás támogatása	Hosszú távú tervezés (top-down)	Visszamérés eredményeinek/változtatási igényeinek alátámasztása	Befektetői információk megalapozása

12. ábra: Egységes stratégiai világkép kapcsolódásai
Forrás: Saját szerkesztés

Rövidítések jegyzéke:

- Artificial Intelligence (AI)** – mesterséges intelligencia
- Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC)** – az Atlanti-óceán meridionális átbukó (hőszállító) cirkulációja
- Combined Cycle Gas Turbine (CCGT)** – kombinált ciklusú gázturbina
- Cooling Degree Days (CDD)** – hűtési foknapok (hűtési igényt jelző mutató)
- Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)** – vállalati fenntarthatósági jelentéstételi irányelv
- Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD)** – vállalati fenntarthatósági átvilágítási irányelv
- Digital Operational Resilience Act (DORA)** – uniós rendelet a pénzügyi szektor digitális működési ellenálló képességéről
- Emissions Trading System (ETS)** – kibocsátáskereskedelmi rendszer
- Environmental, Social and Governance (ESG)** – környezeti, társadalmi és vállalati irányítási szempontokat integráló keretrendszer, amely a szervezetek fenntarthatósági teljesítményét értékeli
- Heating Degree Days (HDD)** – fűtési foknapok (fűtési igényt jelző mutató)
- Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC)** – fűtés, szellőzés és légkondicionálás
- HMKE** – háztartási méretű kiserőművek
- Network and Information Security Directive 2 (NIS2)** – az EU kiberbiztonsági irányelvének második változata
- SCTE** – saját célra termelő erőmű
- Small Modular Reactor (SMR)** – kis moduláris nukleáris reaktor

Tudásmenedzsment az energetikában – integrált megközelítések az MVM Csoportban

Szerzők:

Dr. Tóth Katalin

K+F és Tudásmenedzsment vezető
MVM Zrt.

Adorján Boglárka

Senior tudásmenedzsment szakértő
MVM Zrt.

Raksányi Gábor

szakterületi instruktorkoordinátor
tudásmenedzsment koordinátor
MVM Paksi Atomerőmű Zrt.

Az energetikai szektor működését ma egyszerre jellemzi a technológiai komplexitás, a hosszú eszközelettartam, a szigorú szabályozói környezet és az ellátásbiztonsággal kapcsolatos kiemelt társadalmi elvárás. Egy integrált, több üzletágat átfogó energetikai vállalatcsoport esetében a tudás nem pusztán támogató erőforrás, hanem stratégiai jelentőségű működési tényező.

Az MVM Csoport számára a tudásmenedzsment egyre hangsúlyosabb szerepet tölt be a biztonságos, megbízható és hatékony működés támogatásában. A műszaki döntések megalapozottsága és az üzemeltetési tapasztalatok rendszerszintű hasznosítása nagymértékben függ attól, hogy a szervezet mennyire tudatosan azonosítja, őrzi meg és osztja meg tudását. Ennek felismeréseként az elmúlt időszakban a csoport egyre nagyobb figyelmet fordít a tudásmenedzsment eszközeinek és közösségi formáinak fejlesztésére.

A tudásmenedzsment jelentősége különösen hangsúlyos a nukleáris iparágban, ahol a felhalmozott szakmai tapasztalat nemcsak működési hatékonyságot, hanem közvetlenül a nukleáris biztonságot is szolgálja. A Paksi Atomerőmű tudásmenedzsment rendszere jól példázza, hogyan válhat a tudás szervezett kezelése a biztonságos működés egyik meghatározó tényezőjévé.

TUDÁS MINT CSOPORTSZINTŰ STRATÉGIAI ERŐFORRÁS

Egy olyan vállalatcsoport esetében, mint az MVM, a tudás nemcsak egyes létesítmények vagy szervezeti egységek szintjén értelmezhető, hanem csoportszintű erőforrásként is.

A szervezeti tudás több, egymással összefüggő dimenzióban jelenik meg:

- a munkatársak szakértelmében és tapasztalatában (tacit tudás),
- a szervezeti folyamatokban és irányítási rendszerekben,
- valamint a műszaki dokumentációkban és informatikai rendszerekben rögzített explicit tudásban.

E három terület összehangolt kezelése nélkül a komplex energetikai rendszerek biztonságos és hosszú távon stabil működtetése nehezen biztosítható.

A nemzetközi nukleáris gyakorlat által kialakított keretek és ajánlások ebben a tekintetben szakmai támpontot jelentenek, ugyanakkor a tudásmenedzsment valódi értéke abban mutatkozik meg, hogy miként épül be a szervezet mindennapi működésébe.

DIGITÁLIS TUDÁSTÉR – TUDÁSKÖZPONT ÉS SZAKMAI KÖZÖSSÉGEK

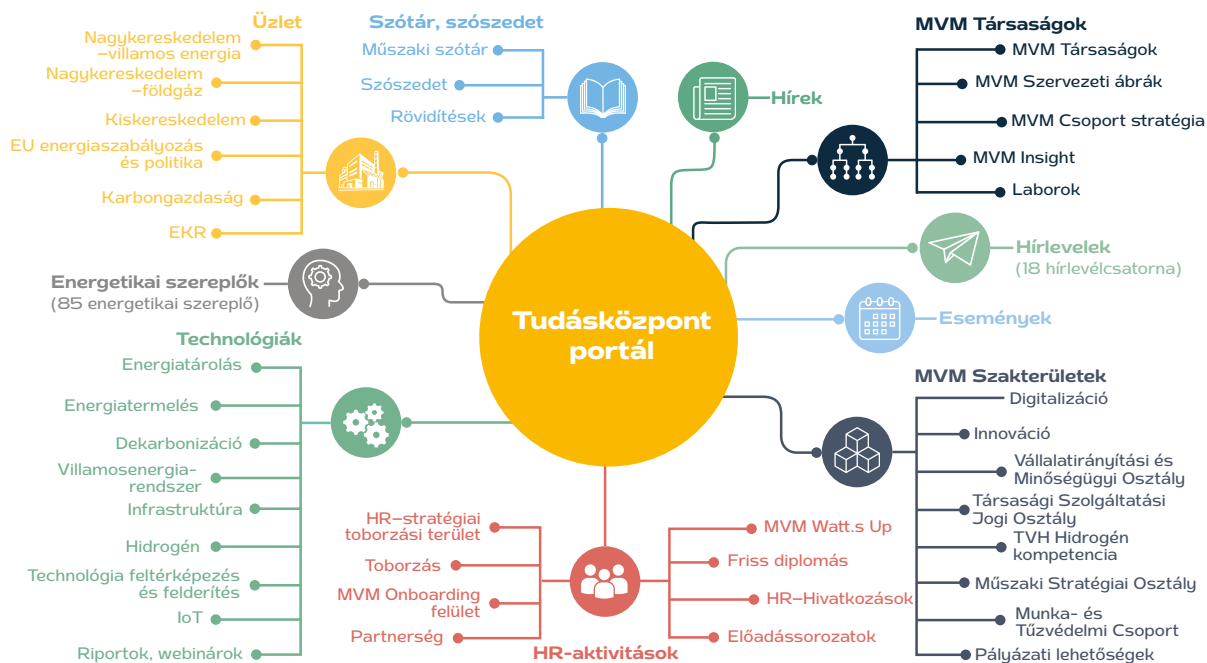
Az MVM Csoport tudásmenedzsment-tevékenysége az elmúlt években jelentős fejlődésen ment keresztül. A korábban létrehozott Tudásközpont kezdetben SharePoint-alapú platformként indult, mára azonban egy komplex, moduláris felépítésű, a csoport igényeihez folyamatosan igazított belső tudásmegosztó ökoszisztémává vált.

A kizárólag az MVM Csoport munkavállalói számára elérhető Tudásközpont jelenleg 10 modulon keresztül támogatja a csoport működését. A modulstruktúra egyszerre szolgálja:

- a belső tudás rendszerezését,
- a külső szakmai környezet folyamatos monitorozását,

- valamint a tagvállalatok és szakterületek közötti hatékony információáramlást.

interjúkkal és belső podcast sorozattal – a tudásmegosztás kulturális dimenzióját erősíti, teret adva a szakmai



1. ábra: MVM Csoport Tudásközpont modulstruktúra

Forrás: Saját szerkesztés

A Hírek, Hírlevelek és Eseménynaptár modulok naprakész információt biztosítanak az energetikai iparág hazai és nemzetközi fejleményeiről. A Hírlevelek modul 18 tematikus csatornája – technológiai, szabályozási, piaci és projekt fókuszokkal – nemcsak információt közvetít, hanem elősegíti a szakterületek közötti információcserét is.

Kiemelt szerepet kap az MVM Társaságok és az MVM Szakterületek modul, amelyek a csoporton belül egyedülálló módon teszik láthatóvá az egyes tagvállalatok és területek kompetenciáit, projektjeinek előrehaladását és működési sajátosságait, ezzel is segítve a vállalatcsoporton belüli tudáskapacitások összehangolt működését.

Az „MVM Insight” alfejezet – publikációkkal, konferenciabeszámolókkal,

reflexióknak és a tapasztalatok személyes megosztásának.

A Szakterületek modul lehetőséget ad arra, hogy a területek bemutassák saját hozzáadott értéküket, projektportfóliójukat és jó gyakorlataikat, ezzel segítve a transzparens tudásmegosztást, valamint a szinergiák kialakítását a szervezet különböző területei között.

A Technológiák modul a csoport működése szempontjából releváns technológiai területeket mutatja be. A Riportok és webinárok alfejezet kifejezetten a trendfigyelést és az innovatív irányok nyomon követését szolgálja. A Riportok és webinárok alfejezetben elérhetők a cégcsoport számára releváns nemzetközi és hazai elemzések, webinárok és podcastok.

A HR-aktivitások, Energetikai szereplők, valamint a Szótár/Szószeret modulok különösen fontosak az új kollégák integrációja és a szervezeti tudás gyors elsajátítása szempontjából.

TK Munkacsoport – a koordinált működés biztosítója

A Tudásközpont működését a tagvállalatokon és szakterületeken átívelő TK Munkacsoport támogatja. A munkacsoport nem csupán tartalmi koordinációs fórum, hanem olyan információs csatorna, amely biztosítja, hogy a tudásmenedzsment ne elszigetelt kezdeményezések halmaza legyen, hanem összehangolt, csoportszintű működés.

A delegált struktúra révén a különböző irányítási és működési területek aktívan hozzájárulnak a tartalmak

fejlesztéséhez, ezáltal a Tudásközpont a szervezeti tanulás egyik operatív eszközévé válik.

Szakmai közösségek (CoP) – az élő tudás hálózata

A strukturált tudástár mellett az elmúlt időszak egyik legfontosabb fejlesztése a NAÜ által is ajánlott szakmai közösségek (Communities of Practice) létrehozása volt. Míg a Tudásközpont elsősorban a dokumentált, strukturált tudás kezelését támogatja, addig a szakmai közösségek a tapasztalati, tacit tudás áramlását segítik elő.

A szakmai közösségek Microsoft Teams-alapon, tematikus, részben nyitott, részben zárt csatornák mentén szerveződnek. Jelenleg olyan fókuszterületeken működnek aktív, nyílt közösségek, mint:

2. ábra: Tudásközpont Szakmai Közösségek

Forrás: Saját szerkesztés



E közösségek lehetőséget biztosítanak arra, hogy a különböző tagvállalatok szakértői közvetlen párbeszédet folytassanak, megosszák projekt- és üzemeltetési tapasztalataikat, valamint közösen értelmezzék a nemzetközi trendeket és elemzéseket.

Nemzetközi elemzések integrálása a szakmai közösségekbe

A szakmai közösségek működésének egyik kiemelt hozzáadott értéke, hogy strukturált módon kapcsolják össze a belső tapasztalatokat a nemzetközi szakmai környezetből származó elemzésekkel.

A tematikus csatornákon lehetőség nyílik belső és külső, mély szakmai anyagok kontrollált megosztására és megvitatására. Az MVM Csoport szerződéses hozzáféréssel rendelkezik nemzetközi piac- és technológiaelemző szolgáltatók publikációihoz, amelyek a szerződéses feltételeknek megfelelően kizárólag csoportszinten használhatók fel. Ezek az elemzések fontos szakmai háttérrel biztosítanak az innovációs és technológiai irányokról folytatott közös gondolkodáshoz.

A CoP-modell különösen fontos olyan területeken, ahol a gyors technológiai változás és az innováció intenzív tudáscserét igényel. A közösségi működés nemcsak információmegosztást, hanem kapcsolati hálóépítést és szakmai identitás-erősítést is jelent.

NUKLEÁRIS TUDÁSMENEDZSMENT A PAKSI ATOMERŐMŰBEN

Tagvállalati szinten különleges helyzetben van az MVM Paksi Atomerőmű Zrt.

A csoportszintű tudásmenedzsment folyamatokban való részvétel mellett meg kell felelnie különleges, „kívülről jövő” követelményeknek is.

A nukleáris energetikában – azon túl, hogy jól felfogott érdek is egyben – a jogszabályi környezet, valamint a NAÜ¹ nukleáris tudásmenedzsmentre (IAEA NKM²) vonatkozó ajánlásai egyértelmű irányt mutatnak: a nukleáris engedélyesnek szervezeten kell azonosítania, megőriznie, átadnia és fejlesztenie tudásvagyonát.

Jogszabályi háttér: az implicit elvárástól az explicit TM-kötelezettségig

A törvényi szabályozás csak érintőlegesen foglalkozik a tudásmegőrzéssel, ugyanakkor a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (NBSZ) már ennél tovább mennek, világosan rögzítik a TM-kötelezettségeket. Az NBSZ 1. kötet 2.4.1. Az erőforrások biztosítása alfejezet, különösen ennek 2.4.2.0200. pontja szerint:

„A szervezetben felhalmozódó információt és tudást is erőforrásként kell kezelni.”

A Paksi Atomerőműben ezt az erőforrást többszintű vállalati szabályozás kezeli, ezen belül a tudásvagyon védelme, a tudásvesztés kockázatának kezelése és a tudáskultúra fejlesztése a Társaság stratégiai célrendszerének része, és ezt a TM-tevékenységet a NAÜ által kiadott „IAEA NG-T-6.10

Knowledge management and its implementation in nuclear organizations” és „*Risk Management of Knowledge Loss in Nuclear Industry Organizations*” ajánlásokra építi, amelyek a nukleáris tudásvesztés kockázatainak kezelésére adnak nemzetközi iránymutatást.

A NAÜ nukleáris tudásmenedzsment elveinek beépülése a Paksi Atomerőmű TM-rendszerébe

A NAÜ nukleáris tudásmenedzsment definíciója az integrált, szisztematikus megközelítést tekint irányadónak a tudás azonosítására, megszerzésére, átalakítására, terjesztésére és megőrzésére, vagyis a tudás teljes életciklusát lefedi. Ezt a szemléletet a Paksi Atomerőmű Zrt. közvetlenül beépíti a működésébe. A TM-rendszer elemeit bemutató anyagokban a NAÜ definíció és kulcsdokumentumok közvetlen hivatkozásként jelennek meg, a tudásvesztési kockázatkezelés pedig kifejezetten a NAÜ vonatkozó módszertanára épül.

Ez jól látható a tudásmegőrző interjúk struktúrájában, ahol a kérdéskészlet vége kifejezetten „NAÜ szakmai kérdés-ajánlásként” szerepel: a speciális szerszámokra, berendezésekre, diagnosztikai mintákra, előrejelző jelenségekre és a hibák történetére vonatkozó kérdések tipikus *tacit knowledge capture* elemek (azaz olyan eszközök használatának szükségességét jelzik, amelyek az emberek fejében lévő tudás, a „kezükből” lévő gyakorlat megosztására, átadására és összességében a szervezet számára történő megőrzésére irányulnak). Ugyanígy NAÜ eredetű a „*blame free environment*” elv beépítése is: a TM-interjúban

való részvétel nem vezethet szankcióhoz, viszont elismerési szempont lehet – ez ösztönzi a nyílt tudásmegosztást.

Tudásmenedzsment folyamatok a Paksi Atomerőműben

A Paksi Atomerőműben a TM nem elszigetelt HR-tevékenység, hanem több funkcionális terület metszéspontjában helyezkedik el. Kulcsfolyamat a tudásvesztési potenciál (TVP-index) mérése és működtetése. A TVP a távozásifaktor (várható nyugdíjba vonulás vagy egyéb távozás ideje) és a pozíciófaktor (tudás egyedisége, biztonsági kritikussága) szorzata. A magas TVP-értékű munkavállalók – különösen a kulcs tudásgazdák – azonosítása alapján prioritizálható, hol a legnagyobb a tudásvesztés kockázata, és hova kell azonnali beavatkozást tervezni.

A TVP-re épül rá a kulcs tudásgazdák önértékelése és az egyéni tudásátadási terv. A folyamat célja, hogy strukturálisan feltárja, a kulcs tudásgazda milyen értekezletekben, vészhelyzeti szerepekben, karbantartási folyamatokban, nemzetközi szervezeti feladatokban vesz részt, milyen egyedi készségekkel és helyismerettel rendelkezik, és milyen dokumentumokra, erőforrásokra támaszkodik. Az egyéni tudásátadási terv pedig konkrét akciókat, felelősöket, határidőket rendel a veszélyeztetett tudáselemekhez – mentorálás, párhuzamos munkavégzés, jegyzetírás, videós rögzítés vagy dokumentumkiegészítés formájában.

A folyamat nem áll meg egyéni szinten: a tudásmegőrzési akcióterv már szervezeti egységekre kiterjesztve kezel „sűrűsödési pontokat”, vagyis olyan területeket, ahol több kulcstudás, több

¹ NAÜ: Nemzetközi Atomenergia Ügynökség

² IAEA NKM: International Atomic Energy Agency, Nuclear Knowledge Management

nyugdíj-közeli pozíció vagy ismétlődő hiányosság mutatkozik. Itt a TM-koordinátor és az érintett vezetők közösen határoznak meg TM-beavatkozásokat, és ezek megvalósulását rendszeres felülvizsgálat kíséri.

A nyugdíjba vonulók és a kritikus tudásvesztés kezelése

A korfa alakulása miatt a nyugdíjazás a Paksi Atomerőmű egyik legfontosabb tudásvesztési kockázati forrása. Ezt célzott TM-eszközrendszer kezeli. A nyugdíj előtt álló munkavállalók, valamint vezetőik részletes kérdőívet töltenek ki, amelyek feltárják az egyedi, nem dokumentált, rutinalapú tudáselemeket, valamint azt, hogy történt-e már tudásátadás, és ha nem, milyen formában lenne ez a leginkább megvalósítható.

A magas TVP-indexszel rendelkező, illetve a felmérések alapján kritikusnak ítélt kollégákkal tudásmegőrző interjú készül. Ez egy legalább egyórás, NAÜ metodikára épülő mélyinterjú, amely a „felső zsebes kiskönyvekben” lévő, nehezen leírható, diagnosztikai és „mesterfogás” jellegű tudást tárja fel. Az interjúk jegyzőkönyvei nem izolált dokumentumok, elemzésük igazgatósági és társasági szinten is visszacsatol a képzési rendszerhez, a dokumentációhoz és a TM-eszközök fejlesztéséhez.

ÖSSZEGZÉS - INTEGRÁLT TUDÁSMENEDZSMENT AZ MVM CSOPORTBAN

A Paksi Atomerőmű gyakorlata jól mutatja, hogy a tudásmenedzsment a nukleáris biztonság és a jogszabályi megfelelés alapvető eszköze. A tudásvesztési kockázatok azonosítása, a strukturált tudásátadás és a tudásmegőrzési folyamatok együttesen

biztosítják, hogy a kritikus szakmai tudás hosszú távon is a szervezetben maradjon, és a következő generációk számára is hozzáférhető legyen.

Az ilyen, szigorú biztonsági keretek között kialakított tudásmenedzsment-gyakorlatok egyben jól szemléltetik azt is, hogy a komplex, magas biztonsági követelményrendszerben működő energetikai szervezetek számára a tudás tudatos kezelése szervezeti szinten is stratégiai jelentőségű.

Az MVM Csoport szintjén a tudásmenedzsment több egymást kiegészítő eszközön keresztül valósul meg:

- a digitális tudástár szerepét betöltő Tudásközponton,
- a csoportszintű koordinációt biztosító TK Munkacsoporton,
- valamint a szakmai közösségeken keresztül működő tapasztalati tudásmegosztáson.

A tudásmenedzsment integrált működése biztosítja, hogy a különböző tagvállalatoknál és szakterületeken felhalmozott tapasztalatok – beleértve a nukleáris szakterület speciális tudását is – ne elszigetelten jelenjenek meg, hanem a vállalatcsoport egészében hasznosuljanak.



BIZTONSÁG. MI RÁVILÁGÍTUNK

Használd bátran az MVM Next online felületeit a hatékonyabb és gyorsabb ügyintézéshez.

Geotermia az MVM-ben: a portfóliódiverzifikáció új útja

Szerzők:

Horváth Gergely Domonkos

vezérigazgató
MVM Zöld Generáció Zrt.

Szűcs Péter

Geotermia osztályvezető
MVM Zöld Generáció Zrt.

ZÖLD GENERÁCIÓS PROJEKTFEJLESZTÉS – A KEZDETEK

Az MVM Zöld Generáció Zrt. (ZG) csapata számtalan naperőművet épített szerte hazánkban, de emellett kutattunk olyan új, innovatív „zöld” technológiák után, amelyek szakmailag és üzletileg is illeszkedhetnek az MVM Csoport portfóliójába. 2021-ben a geotermikus energiatermelés volt az egyik ilyen vizsgálat alá vont megoldás.

A COVID-19, majd a szomszédunkban zajló háború egyszerre két szempontból is komoly változást jelentett: egyrészt drasztikusan megemelkedtek az árak, másrészt a korábban teljesen biztosnak tartott szállítási útvonalak ellátási megbízhatósága megkérdőjeleződött. E két tényező jelentősen felerősítette a hazai energiaforrásra épülő energiatermelés igényét.

Logikus döntés volt, hogy a ZG mint az MVM megújulóenergia-termelésért felelős társasága nyitott a „geotermikus bányászat” irányába, hiszen a geotermia az egyik legzöldebb, „legállandóbb” technológia. Döntésünket megerősítette, hogy a 2024-ben megjelent Nemzeti Földhő Hasznosítási Kon koncepció a következő felütéssel kezdődik:

„Nemzeti energiapolitikánk kiemelt célkitűzései a minél nagyobb mértékű önellátásra való törekvés, a megfizethető energia biztosítása és az energiatermelés dekarbonizációja. Magyarország geológiai adottságainak köszönhetően magas a földhő hasznosíthatósága.

A földhő mindhárom célkitűzésünknek megfelel: a helyben, relatíve alacsony üzemeltetési költség mellett elérhető

geotermikus energiaforrás kihasználásának növelése hozzájárul hazánk energiaszuverenitásának fokozásához, a kibocsátásmentes energiatermeléshez és az energiaárak megfizethető szinten tartásához.”

A hazai geotermikus potenciált jelentő geológiai körzetek szűrését 2021-ben kezdtük. Hála a magyar bányászati ágazatnak – és a bányászatot is felügyelő Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága (SZTFH) áldásos tevékenységének – a történeti adatok, fúrési naplók, geológiai eredmények rendkívül jól archiváltak, és napjaink technikai színvonalának megfelelően digitalizáltak is. A cél elsődlegesen a villamosenergia-termelésre is alkalmas helyszínek megtalálása volt.

A KUTATÁSI ENGEDÉLYEK MEGSZERZÉSE

A 2023. márciusi, a geotermikus koncessziót eltörlő, egyben új fajta geotermikus kutatási engedélyezést biztosító jogszabálmódosításra készen álltunk kutatási terveinkkel, az MVM akkori iránymutatása alapján a ZG a maximális nyolc kutatási tervvel készült.

A kutatási terveket egy külső szakértő vállalat segítségével közösen készítettük el, figyelembe véve geológiai feltételezéseinket. A geotermikus kutatási terveink tartalmazták a historikus fúrési és geofizikai adatok összegyűjtését, újrafeldolgozását és értékelését – hiszen a korábbi adatfeldolgozások szénhidrogén-fókuszúak voltak kizárólag –, az adatok kiegészítéseként új geofizikai méréseket, egyes helyszíneken közeli, használaton kívüli kutak tesztelését, és helyszínenként egy termelő- és egy visszasajtoló kút létesítését. A kiskunhalasi fogyasztói igények

okán már ekkor is látszott, hogy figyelembe véve a település fejlesztési terveit, a nyolc kutatási terület közül egyik legnagyobb eséllyel az úgynevezett Kiskunhalas-DK kutatási terület rendelkezik.

Tekintve, hogy a módosító jogszabályok 2023. március 1-jén léptek hatályba, az e napot megelőző februári éjszakan minden iparági érintett társaság és minden tervet szövőgető település rajtra készen várta az éjféli utáni első másodpercet. „Riadóláncszerűen” érkeztek az üzenetek telefonjainkra, hogy Budapest egyes részein melyik tervezőirodában, melyik irodaházban égnek a lámpák, ahol valószínűleg hozzánk hasonló lelkesedéssel várták, hogy az e-papír-szolgáltatás megnyissa a lehetőséget a dokumentációfeltöltésre. Hangulatában az egész olyan volt, mint egy online rallyverseny: a versenyzők – köztük a ZG több dolgozója – egy-egy számítógép előtt ült az irodában, várva, hogy „eldördüljön a startpisztoly”. Nyilván nem tudhattuk, hogy az egy-egy kívánatosabb területre hányan pályáznak majd, de azt tudtuk, hogy amennyiben a kérelmezők között lesz területi átfedés, úgy az elsőként benyújtó pályázónak nyílik meg a lehetőség a kutatásra.

A pályázatok beadásának sikerességéről szóló első rendszerüzenetekre másnap délelőttig kellett várnunk. Mind a nyolc kutatási pályázatunkat elsőként sikerült benyújtanunk. Végül összesen hat területre nyertünk el geotermikus kutatási engedélyt: a Kiskunhalas-DK, Nagykanizsa-D, Újudvar, Debrecen-D, Mórahalom területekre első körben, majd végül Emőd kutatási engedélyt kaptuk meg. Az MVM biztosította a szükséges forrást ahhoz, hogy mind a hat helyszínen

az előzetes adatgyűjtéseket és értékeléseket elvégezhessük.

A geotermikus kutatási engedélyeinket 2023 őszén kaptuk meg, és az első meglepetésünk a kiadott kutatási engedélyekkel kapcsolatosan az azokban foglalt teljesítési határidők voltak. A geotermikus kutatási tevékenység több részfeladat elvégzéséből áll, melyek felölelik a historikus adatok gyűjtését, újbóli feldolgozását, értékelését, új geofizikai vizsgálatok végzését, és legrelevánsabb lépésként két

Geofizikai vizsgálatok:

Olyan vizsgálati módszerek összegét jelentik, amelyek a földkéreg fizikai tulajdonságainak mérésével segítik a felszín alatti szerkezetek feltárását. Ezek az eljárások különböző fizikai jelenségeket – például a szeizmikus hullámok terjedését, a gravitációs és mágneses tér változásait, illetve az elektromos vezetőképeséget – vizsgálják annak érdekében, hogy képet adjanak a föld mélyében található kőzetek felépítéséről és állapotáról.

A mérések lehetnek felszíni vizsgálatok vagy fúrásokban végzett szelvényezések (geofizikai karterezés). Az így nyert adatok alapján a szakemberek következtetni tudnak a kőzetrétegek vastagságára, szerkezetére, valamint a bennük található folyadékokra vagy ásványi anyagokra. A geofizikai módszereket széles körben alkalmazzák a kőolaj- és földgáz-kutatásban, a geotermikus energia feltárásában, a bányászatban, valamint a földtani szerkezetek tudományos vizsgálatában.

geotermikus fúrás lemélyítését, tesztelését. Mindezekre a vonatkozó jogszabály rendelkezései értelmében négy év állt volna rendelkezésünkre, melyet a kutatási tervünkben ütemezetten fel is kívántunk használni. Az SZTFH azonban egyetlen bányavállalkozónak sem biztosított 20 hónapnál többet a teljes kutatási program végrehajtására, így sok mindent újra kellett gondolnunk. Az első felismerésünk az volt, hogy mielőbb szükséges a kutatási helyszíneinket, projektjeinket prioritizálnunk a megvalósíthatósági esélyeik alapján. A jóváhagyott kereteknek megfelelően azonnal megkezdődött öt helyszínre vonatkozóan az előkészítő munka beszerzési folyamata, de már az első mérföldkö teljesítésével késésbe kerültünk, és a beérkezett ajánlatok sem feleltek meg az elvárásainknak.

GEOTERMIA 2.0

A projektekre szabott szűk határidő és a velük szemben elvárt megtérülés is indokolta az újratervezést. A kalkulációk szerint önmagában a geotermikus villamosenergia-termelés az aktív vulkanikus területek és azok környezetének kivételével sehol sem rentábilis

(így hazánkban sem), csak a hőhasznosítással összekötött projektek adnak megfelelő megtérülést.

Ennek tudatában egyrészt elvetettük azokat helyszíneket, ahol a lakossági- vagy ipari hőigény 20 km-en kívül esett. Másrészt amiatt is csökkentettük a program skópját, mert sem a ZG, sem együttműködő partnereink erőforrásai nem voltak elégségesek több projekt párhuzamos végrehajtására.

Fenti szempontok alapján a kiskunhalasi projekt megvalósíthatósági esélye messze jobb volt, mint a többi helyszíne. Második helyre került a most már együttesen kezelt Nagykanizsa-D és Újudvar kutatási terület, tekintve a szintén igen kecsegtető geológiai feltételezéseket és a Nagykanizsa helyzetéből adódó feltételezett jövőbeni fogyasztói potenciált.

Az új cél tehát a kiskunhalasi projekt komplett megvalósítása, melynek előkészítő munkálatait a Pusztamérges-ÉNY3 jelű, használaton kívüli szénhidrogénkút felnyitásából nyert adatokkal kívántuk segíteni, illetve az összevont Nagykanizsa (dél) – Újudvar (Nagykanizsa-észak) kutatása,



Izlandi geotermikus erőmű
Fotó: Adobe stock

amely a geológiai megalapozását jelentheti a projekt folytatásának. Fontos szempont volt a döntésben, hogy a nagykanizsai projekt megvalósításába – már a kiskunhalasi tapasztalatok alapján – csak akkor kezdenénk, ha a hőenergiára konkrét, infrastruktúráisan és megtérülési szempontból is alátámasztott igények jelentkeznek.

A nyolc helyszínre tervezett vizsgálatok költségigénye okán korábban végrehajtott tőkeemelés összegéből nemcsak a 2(3) helyszín vizsgálatait, de a kiskunhalasi projekt első fúrásai költségét is fedezni terveztük.

MIÉRT ÉPPEN KISKUNHALAS?

A település vezetésével már 2021-ben felvettük a kapcsolatot, akkor kezdődött a közös gondolkodás egy összehangolt geotermikus projektről. A településnek voltak már (negatív) tapasztalatai geotermikus projektekkel, de a meglévő távhőrendszer bővítéséről és zöldítéséről nem mondtak le, és örültek, amikor a ZG jelentkezett náluk egy háromlépcsős kaszkádszisztéma kialakítására vonatkozó közös projekt ötletével.

Kiskunhalas térsége geológiai adottságai révén megfelelő termálvíz-kitermelési és visszasajtolási lehetőségekkel rendelkezik. A várható réteghőmérséklet elegendően magas ahhoz, hogy az ORC rendszerű erőművi körfolyamat által hatékonyan működtetése biztosítható legyen. A kitermelt termálvíz a kiserőművi hasznosítást követően mintegy 70 °C hőmérsékletű, ami lehetőséget nyújt a maradék termálenergia további hasznosítására.

Kiskunhalas a térség legnagyobb települése mintegy 27 ezer lakossal.

A városban működő távhőrendszer számított csúcsteljesítménye hozzávetőlegesen 4,7 MW. További potenciális települési felhasználók becsült teljesítményigénye 12,6 MW, amelyek jelenleg nem csatlakoznak a távhőrendszerhez, azonban kedvező végfelhasználói ár vagy egyéb ösztönzők esetén bekapcsolhatók lennének. A város K-DK-i részén található, jelenleg is bővítés alatt álló ipari park a tervezett geotermikus távhőbekötő-vezeték nyomvonalának közelében helyezkedik el.

A terület potenciális geotermikus energia- vagyona alkalmas lehet a jelenleg működő földgázalapú távhőellátás részleges vagy teljes kiváltására Kiskunhalason, valamint lehetőséget biztosíthat új fogyasztók távhőrendszerbe történő csatlakoztatására a térség néhány településén.

ORC-erőmű

Az ORC (Organic Rankine Cycle) erőmű olyan korszerű energia-termelő technológia, amely alacsonyabb hőmérsékletű hőforrások hasznosítására is alkalmas. Működési elve a hagyományos gőzerőművekben alkalmazott Rankine-cikluson alapul, azonban víz helyett szerves munkaközeg használ. Ezek az anyagok alacsonyabb hőmérsékleten párolognak, így olyan hőforrások energiáját is képesek villamos energiává alakítani, amelyek a hagyományos technológiákkal nem lennének gazdaságosan hasznosíthatók.

A létesítendő geotermikus erőmű maradványként távhőcélú hasznosítását követően a fennmaradó hőmennyiség

még elegendően magas hőmérsékletű ahhoz, hogy harmadlagos felhasználók is csatlakozhassanak a rendszerhez. Ilyenek lehetnek az alacsonyabb hőmérsékletű fűtési rendszerekkel működő kertészetek, üvegházak, gombatermesztő létesítmények, mezőgazdasági feldolgozóipari egységek, illetve egyes ipari technológiai folyamatok.

A kiskunhalasi és az MVM-es projekt összehangolása kiemelt fontosságú, mert ha a projektek kapcsolódó ütemei nem a tervezett időben valósulnak meg, akkor vagy a város nem kap időben termálvizet az elkészült távhőrendszeréhez, vagy a város az általunk termelt geotermikus hőenergia fogadására még nem lesz alkalmas.

HASZNÁLATON KÍVÜLI KÚT TESZTELÉSÉNEK KIHÍVÁSAI

A 172 km² kiterjedésű Kiskunhalas-DK kutatási területünkön található egy 1982-ben lefúrt, szénhidrogén-termelés szempontjából meddő, 2700 méteres talpmélységű kút.

A pusztamérgesi PM-ÉNY3 jelű kút víztermeltetése igen hasznos információkkal szolgálhatott volna a rezervoár kapacitására vonatkozóan, a feladat a tesztelési művelet megtervezését, a megközelítés kiépítését, a kút megnyitását, majd a tesztelési műveleteket és a rekultivációt tartalmazta.

E feladatok részleteiben magukba foglalják a folyadék ellenőrzését a megnyitott kútban, majd a lyukgeofizikai mérések elvégzését a kút átjárhatóságának és műszaki állapotának felmérése céljából. A kútteszt során az idő függvényében regisztrálni szükséges a termelt hozamot,

a kútfejhőmérsékletet és -nyomást, továbbá a mélységi nyomást és hőmérsékletet. A fluidumból gáz- és vízminta vételezése történik mind a felszínen a kútfejnél, mind a kútban a rezervoár mélységéből. Amennyiben ezen felül megoldható, igen hasznos a korróziós és vízkőkiválási teszt elvégzése is. A kútteszt során a várhatóan kitermelhető víz mennyisége 3000 m³-re volt becsülve.

Rezervoár

A geológiai értelemben vett rezervoár a földkéregben található olyan kőzetréteg vagy kőzettömeg, amely pórusai és repedései révén folyadékok vagy gázok tárolására képes. Ezek a természetes „tárolók” leggyakrabban kőolajat, földgázt, vizet vagy geotermikus fluidumot tartalmaznak. A rezervoárkőzetek jellemző tulajdonsága a megfelelő porozitás és permeabilitás, amelyek lehetővé teszik, hogy a folyadékok és gázok a kőzet pórusaiban felhalmozódjanak és mozogjanak.

Sajnos 2024 decemberében újabb nehézséggel szembesültünk: a kút megnyitását követő geofizikai mérések feltárták, hogy 98,5 méteres mélységben a 7"-os bélésű csőszakaszt sérült. Emiatt a sérült bélésű csövet kiépítettük, majd az iparági gyakorlatnak és a jogszabályi előírásoknak megfelelően a kutat lezártuk.

A kútteszt elmaradása a fúrás pont kiválasztását nem befolyásolta, a tesztrel a létesítendő geotermikus rendszer hosszú távú lehetőségeit kerestük volna. Ezeket a lehetőségeket így a fúrás követően az új kút teszteléséből fogjuk megismerni.

KÖZBESZERZÉS A KUTATÓFÚRÁSOKRA

A hónapokon át tartó geológiai vizsgálatok, értelmezések, földtani modellek formálása alapján 2025 nyarára már bizonyos műszaki paraméterkeretek között meg tudtuk határozni a tervezett termelő- és visszajuttató kút paramétereit, így nem volt akadály a keretmegállapodásra irányuló közbeszerzés kiírásának. A kiírás alapján a fúrás munkálatok előkészítése 2026 Q1-re, majd maga a fúrás Q2-re volt ütemezve.



A Rotaqua Kft. új fúróberendezése a gyártó telephelyén
Fotó: MVM Zöld Generáció Zrt.

Az első pályázat sajnos sikertelennek bizonyult, mert ugyan a pályázatnak megfelelően benyújtásra került a kért bankgarancia, de a lejárathoz szombatra esett. Ilyenkor a törvény (és így a kiírás is) lejáratként a szombati nap helyett az azt követő hétfőt jelöli meg, de a bank az általános eljárással szemben lejáratként a pénteket határozta meg.

Formai hiba miatt a keretszerződésre irányuló közbeszerzési eljárást sajnos meg kellett ismételni, és ez két hónapos csúszást jelentett volna, ezért szinte minden folyamatot párhuzamosítottunk házon belül és kívül. Előre megbeszéltünk, letárgyaltunk mindenkivel mindent, így előzetesen beszereztük a hivatalos véleményüket, jóváhagyásukat. A fúrás engedélyt párhuzamosítottuk a csereerdősítéssel, az állami tulajdonosi joggyakorlók jóváhagyásával, továbbá a területelőkészítési, régészeti, lőszermentesítési munkákra irányuló szerződéskötésekkel. Nagyon sikeres volt az arra irányuló kezdeményezésünk, hogy MVM-en belül az összes érintettet összehívtuk, bemutattuk nekik a projektet, őszintén beszéltünk a feladatról, és mindenki megértette, hogy mikor és miért fogjuk a sürgősségi eljárásukat kérni, és nagyon sok jó ötletet is kaptunk a hatékony eljárásokhoz. Ezért itt is szeretnénk külön köszönetet mondani az MVM minden érintett szakterületének, amiért munkájukkal, fogadókészségükkel, proaktivitásukkal elősegítették a projekt haladását: köszönet illeti az MVM részéről a kontrolling, a központi adózási és ügyviteli, a finanszírozási, a projektportfólió-menedzsment, a környezet-, munka- és tűzvédelmi, termelési vezérigazgatóhelyettesi, a pénzügyi kockázatkezelési, az erőművi beszerzési és a közbeszerzési szakterületeket.

Mire a megismételt ajánlati felhívás alapján a közbeszerzés nyertes ajánlattevője kiválasztásra került, addigra az első fúrás helyszín pontos kijelölése és a műszaki paraméterek véglegesítése is megtörtént. Így 2026 januárjában már nem volt akadály a közbeszerzés folytatásának (verseny-újranytás), amely a megadott pénzügyi keretek között maradvá zárult.

FELKÉSZÜLÉS AZ ELSŐ FÚRÁSRA

Az első fúrásra kijelölt helyszín Zsana település külterületén fekszik, egy összességében 180 hektáros, erdőművelési ágú ingatlanok a részeként, amelyből a fúrás munkához szükséges területrész a felvonulási és géptelepítési területigényekkel, valamint a kúteszt-hez szükséges hűtőmedence területigénnyel együttesen öt hektárt tesz ki.

Komoly fejtörést okozott számunkra, hogy a hazai erdővédelmi jogszabályok rendkívül szigorúak: a beruházónak az egy hektárt meghaladó erdő igénybevétele esetén – függetlenül annak időlegességétől és rendkívül rövid időtartamától – erdővédelmi járulékfizetés helyett minden esetben csereerdősítést kell végeznie. Így tehát hiába zajlik le a fúrás legfeljebb hat hónap alatt – a fúrást követően kizárólag a szűk kútkörzet marad vissza –, és adjuk vissza a terület nagy részét az erdőgazdálkodásnak, beruházóként még a munkakezdés előtt öt hektár csereerdősítést kellett megoldanunk, azaz biztosítanunk kellett további 5 hektárt, amely új erdőként jelenik meg a nemzeti erdőadattárban.

Nemcsak a csereerdősítés, hanem a régészeti kötelezettség teljesítése is tartogatott meglepetéseket

számunkra. Három hónapnyi közös tervezést követően idén januárban a területileg illetékes szegedi régészeti szervezet átirányított minket a kecskeméti múzeumhoz, így néhány hét alatt a teljes előzmény-feldolgozást, szerződéskötést újra kellett futtatni az új csapattal.

Minden nehézség ellenére sikerült a két hónapos lemaradást hat hónap alatt ledolgozni, és az építési területet 2026. február 23-án átadtuk a munkálatokat végző vállalkozónak. Azóta már a fúrótorony felépítését lehetővé tevő területrendezési, alapozási munkák folynak. Mire a kedves Olvasó e lapot forgatja, talán már fúrunk. Az első geotermikus kutat. Az MVM első geotermikus kútját.

Az előttünk álló munka volumenének szemléltetésére álljon itt néhány adat a fúróberendezésről:

- a berendezés mobilizálása több mint 100 teherautó fuvarral fog megtörténni, ennek közel 30%-a túlméretes és/vagy túlsúlyos szállítmány,
- a telepítéskor az egyes elemek összeszereléséhez 3 db 80 tonnás darut fogunk használni,
- a fúrótorony teljes magassága 54 m, a torony nyolc teherautónyi elemből, az alépítmény további tíz fuvarból állítandó össze,
- a fúrás során folyamatos munkavégzésben 3 csoportban 56 ember fog dolgozni.

A projekt eredményeiről, mérföldköveiről a jövőben folyamatosan adunk majd tájékoztatást.



A földalatti gáztárolók szerepe a földgázellátásban

Szerző:
Bíró Attila
 Üzemeltetéstámogatás-vezető
 Magyar Földgáztároló Zrt.

INNOVÁCIÓ, RUGALMASSÁG ÉS ENERGIA-DIVERZIFIKÁCIÓ A HAZAI ELLÁTÁSBIZTONSÁG SZOLGÁLATÁBAN

A magyarországi földalatti gáztárolók kiemelt szerepet töltenek be az ország energiaellátásában, különösen a téli csúcsidőszakban. A tárolók biztosítják, hogy a lakossági és ipari fogyasztók számára a megnövekedett igények idején is rendelkezésre álljon a szükséges földgázmenyiség.

A legnagyobb hazai szereplő, a Magyar Földgáztároló Zrt. jelenleg 4,43 milliárd köbméter mobilgáz-, valamint 420 millió köbméter addicionális kapacitással rendelkezik.

A maximális kitérési kapacitás közel 50 millió köbméter naponta, ami nemcsak hazai, hanem regionális összehasonlításban is jelentősnek számít. A földalatti tárolók többsége kimerült földgázmezőkben működik.

Összes MFGT-kapacitás
 Mobilgáz-kapacitás: 4430 Mm³ + 420 Mm³
 Kitérési kapacitás: 51,78 Mm³/nap
 Betárolási kapacitás: 38,24 Mm³/nap

Hajdúszoboszló
 Mobilgáz-kapacitás: 1640 Mm³ + 150 Mm³
 Kitérési kapacitás: 18 Mm³/nap
 Betárolási kapacitás: 12,3 Mm³/nap

Puszttaederics
 Mobilgáz-kapacitás: 340 Mm³
 Kitérési kapacitás: 2,88 Mm³/nap
 Betárolási kapacitás: 2,9 Mm³/nap

Zsana
 Mobilgáz-kapacitás: 2170 Mm³ + 230 Mm³
 Kitérési kapacitás: 28 Mm³/nap
 Betárolási kapacitás: 20,4 Mm³/nap

Kardoskút
 Mobilgáz-kapacitás: 280 Mm³ + 40 Mm³
 Kitérési kapacitás: 2,9 Mm³/nap
 Betárolási kapacitás: 2,64 Mm³/nap

1. ábra: A Magyar Földgáztároló Zrt. maximálisan elért tárolói, valamint ki- és betárolási kapacitásai
 Forrás: Saját szerkesztés

Ezek a geológiai képződmények – jellemzően porózus homokkő vagy mészkő szerkezetek – természetes tulajdonságaiknál fogva alkalmasak a földgáz visszasajtolására és hosszú távú tárolására.

A tárolók egyik legfontosabb feladata a földgázrendszer rugalmasságának biztosítása. Segítségükkel kiegyenlíthetők a szezonális fogyasztási ingadozások, valamint kezelhetők a napi szintű kereslet-kínálati változások is.

A TÁROLÓI RUGALMASSÁG FŐ ELEMEI

Szezonális kiegyenlítés

A földgázellátás egyik alapvető sajátossága, hogy a fogyasztás erősen szezonális jellegű. A nyári időszakban jellemzően alacsonyabb a kereslet, míg a téli fűtési szezonban jelentősen megnő. A tárolók lehetővé teszik, hogy a nyári időszakban betárolt gáz a téli csúcsidőszakban kerüljön kitérésre.

Emellett a nyári időszakban a termelési többlet is biztonságosan eltárolható.

Napi szintű rugalmasság

A betárolási és kitárolási kapacitás gyors módosítása lehetővé teszi, hogy a rendszer rugalmasan reagáljon a piaci igények változására.

A tárolók a napi szintű fogyasztási ingadozások kezelésében is fontos szerepet játszanak.

A rugalmasság másik fontos dimenziója a besajtoló berendezések **energiafelhasználásának diverzifikációja, hiszen óriási energia szükséges a kompresszorok meghajtásához.** A Zsanai Földalatti Gáztárolóban ennek egyik látványos példája az új, mintegy 5 MW teljesítményű gázmotoros kompresszor beépítése. A berendezés az eddig működő nyolc villamos meghajtású kompresszor mellett üzemel.

Ennek köszönhetően még külső villamosenergia-kiesés esetén is fenntartható a tároló működése, mivel az üzembe telepített aggregátor segítségével a gázmotoros kompresszor tovább működtethető.

A diverzifikációs fejlesztések a jövőben is folytatódnak. A tervek szerint a Hajdúszoboszlói Földalatti Gáztárolóban is megvalósul egy hasonló technológiai modernizáció. A projekt keretében két gázmotorral meghajtott kompresszor villamos meghajtásúvá történő átalakítása kezdődött meg.

A fejlesztés egyik célja, hogy a betárolási minimum volumen a felére csökkenjen. Ez a kereskedelmi partnerek számára rugalmasabb órás és napi kapacitásokat biztosít. Emellett a korszerű meghajtómotorok alkalmazása csökkenti a fajlagos energiafelhasználást, és hozzájárul a károsanyag-kibocsátás mérsékléséhez is.

A kitárolás folyamata

A földalatti gáztárolókból történő kitárolás során a korábban betárolt földgázt juttatják vissza a nagynyomású szállítóvezeték-rendszerbe. A folyamat elsősorban a téli csúcsidekban válik kiemelten fontossá, amikor a fogyasztási igények jelentősen megnőnek, melyek szállítóvezeték-kiszolgálása korlátos.

A kitárolás fizikai alapja a tárolóréteg és a felszíni csővezetékek közötti nyomáskülönbség. Amennyiben a tárolóban nagyobb a nyomás, a gáz természetes módon a felszín felé áramlik.

A kitárolás fő lépései

- Gáz kinyerése a tárolórétegből
A földgázt a tárolóba mélyített kutakon keresztül hozzák a felszínre. A tároló nyomása elegendő ahhoz, hogy a gáz segédenergia nélkül áramoljon a kútfej felé.
- Felszíni gyűjtőrendszer
A kutakból érkező gáz gyűjtővezeték-hálózaton keresztül jut el a gáz-előkészítő technológiához. Itt szükség esetén hidrátgátló vegyszereket – például metanolt vagy glikolt – adagolnak a gázáramba.
- Gázelőkészítés
A tárolóból érkező gáz vizet és egyéb szennyeződésekkel tartalmazhat, ezért tisztításra és szárításra van szükség. A folyamat során

szeparátorok választják le a folyékony szénhidrogéneket és a vizet, majd abszorpciós vagy hidegszeparációs eljárással eltávolítják a maradék nedvességet.

- Átadás a szállítórendszernek
A megfelelő minőségű és nyomású gáz végül gázátadó pontokon keresztül kerül a nagynyomású szállítóvezeték-hálózatba.

A betárolás folyamata

A betárolás a földgázellátási rendszer egyik kulcsfolyamata. Ennek során a nyári időszakban rendelkezésre álló földgázt juttatják vissza a föld alatti geológiai tárolókba, hogy a téli csúcsideket biztonságosan ki lehessen szolgálni.

A betárolás főbb lépései

- Gáz átvétele
A földgáz a nagynyomású szállítórendszerből érkezik a tárolóhoz, ahol először megszűrik a szennyeződésektől, majd megméri a mennyiségi és minőségi paramétereiket.
- Komprimálás
Az átvett gázt kompresszorok segítségével a tárolóréteg nyomásánál magasabb nyomásra sűrítik. A kompresszió során keletkező hő hűtőrendszerek segítségével vezetik el.
- Besajtolás a tárolórétegbe
A lehűtött gáz a gyűjtőrendszeren keresztül jut el a kutakhoz, ahonnan a tárolásra átalakított kutakon keresztül kerül vissza a geológiai tárolórétegbe.

A földalatti gáztárolók rendszerének rugalmassága és üzembiztonsága azonban nemcsak a geológiai adottságokon múlik, hanem a felszíni technológiai folyamatos fejlesztésén is. **Ennek egyik legfrissebb példája a Zsanai**

Földalatti Gáztárolóban megvalósult kompresszorfejlesztés.

Jelentős technológiai fejlesztés valósult meg a Magyar Földgáz Tároló Zrt. Zsanai Földalatti Gáztárolójában:

Üzembe helyezésre került egy korszerű, földgázüzemű Waukesha gázmotoros kompresszor.

A beruházás nem csupán a tároló műszaki képességeit bővíti, hanem fontos lépést jelent a hazai földgázellátás rugalmasságának és biztonságának növelésében is.

Az új berendezésnek köszönhetően a zsanai létesítmény immár a teljes nyomás- és mennyiség tartományban képes kiszolgálni a legmagasabb szintű kereskedelmi igényeket. Ez különösen fontos a jelenlegi energiapiaci környezetben, ahol a tárolói rendszerek gyors reagálóképessége és rugalmas működése egyre nagyobb jelentőséggel bír.

A fejlesztés háttérében az elmúlt évek piaci változásai állnak. A földgáz-kereskedelem dinamikája, valamint a fogyasztói igények növekedése egyaránt azt eredményezte, hogy a meglévő kompresszortechnológia kapacitásai fokozatosan elérték határait. A tárolóban korábban telepített hat darab NEA típusú dugattyús kompresszor és két Siemens turbókompresszor hosszú ideig megbízhatóan támogatta az üzemeltetést, azonban ezek működése korlátozott nyomás- és mennyiség tartományban valósítható meg.

A NEA kompresszorok például legfeljebb 140 barg nyomásig üzemeltethetők, míg előttről már csak a Siemens turbókompresszorok állnak rendelkezésre. Utóbbiak ugyan képesek a magasabb nyomástartomány kezelésére, azonban jelentős mennyiségi korlátokkal. A rendszer rugalmasságának növelése érdekében ezért szükségessé vált egy olyan technológiai megoldás, amely áthidalja ezt az üzemi tartományt. Ezt a szerepet tölti be az újonnan telepített **Waukesha 16V275GL+ESM2 gázmotoros kompresszor, amely a tároló kompresszortechnológiájának egyik kulcselemévé vált.**

A WAUKESHA GÁZMOTOROS KOMPRESSZOR FŐ ELŐNYEI

Rugalmasság széles üzemi tartományban

Az új gázmotor 3729 kW teljesítményű, amelyhez egy Burckhardt 6HS-E típusú dugattyús kompresszor kapcsolódik 3310 kW teljesítménnyel. A berendezés

Waukesha 16V275GL+ESM2 gázmotoros kompresszoregység
Fotó: MFGT



rendkívül széles működési tartományt biztosít: a szállított mennyiség 20 és 250 ezer Nm³/h között alakulhat, miközben a nyomástartomány 39 és 185 barg között mozog.

Ez a paramétertartomány jelentősen bővíti a tároló üzemeltetési lehetőségeit, és biztosítja a piaci igények gyorsabb és rugalmasabb kiszolgálását.

Rugalmas üzemmód-kombinációk

A rendszer egyik fontos előnye a különböző kompresszoregységek kombinált üzemeltethetősége. A NEA, Siemens és a gázmotoros kompresszor többféle konfigurációban is működtethető, akár egy-, akár kétfokozatú üzemmódban a tárolói paraméterek függvényében.

Az új kompresszor telepítésével létrehozott négy különböző kombinált üzemmód alkalmassá teszi, hogy a technológia mindig az aktuális üzemi körülményekhez és kereskedelmi igényekhez igazodjon. Ez különösen fontos a gyorsan változó energiapiaci környezetben.



Waukesha 16V275GL+ESM2 gázmotoros kompresszoregység
Fotó: MFGT

Korszerű teljesítményszabályozás

A kompresszor működését fejlett szabályozási rendszer optimalizálja. A fordulatszám szabályozása, a szívószelep kitétasztása, valamint a hengerenkénti károstér-szabályozás együttesen

biztosítja, hogy a rendszer mindig az aktuális teljesítményigényhez igazodva működjön.

Ennek eredményeként nemcsak az üzemeltetés válik rugalmasabbá, hanem az energiefelhasználás is optimalizálható.

Kompresszorcsarnok (jobb oldali egység), valamint kültéri részegységei
Fotó: MFGT



Energiadiverzifikáció és üzembiztonság

A fejlesztés egyik stratégiai jelentőségű eleme az energiaforrások diverzifikációja. A tárolóban immár villamos meghajtású és gázmotoros kompresszorok egyaránt rendelkezésre állnak.

Ez különösen fontos üzembiztonsági szempontból. Amennyiben villamos hálózati kimaradás következne be, a tároló akkor is képes a betárolási tevékenység fenntartására. **Az aggregátor és a gázmotoros kompresszor együttes működtetésével a rendszer önálló üzemmódban is működőképes marad.**

Villamos kiegyensúlyozó képesség

A különböző energiaforrások használata további előnyöket is kínál. A rendszer alkalmas villamos kiegyensúlyozó tevékenység végzésére is, amely a teljes

energiarendszer stabilitásának szempontjából is fontos szerepet játszhat.

Az új kompresszor telepítésével a Zsanai Földalatti Gáztároló besajtolási és kitárolási technológiája minden eddiginél rugalmasabbá vált.

A rendszer képes a teljes nyomás- és mennyiség tartományban kiszolgálni a piaci igényeket, miközben a diverzifikált energiaellátás lehetővé teszi a kombinált vagy akár önálló működést is.

A beruházás így nemcsak technológiai szempontból jelent előrelépést, hanem a hazai földgázellátás biztonságát és a tárolói infrastruktúra versenyképességét is erősíti.

Mm³ – millió köbméter

MW – megawatt

barg – a túlnyomás (angolul: bar gauge) mértékegységének rövidítése azt mutatja meg, mennyivel magasabb a nyomás az aktuális környezeti légköri nyomásnál

kW – kilowatt

Nm³/h – normálköbméter per óra

REZSIŐR, a te személyes zsenid!

Segít megérteni a villany- és gázzámlákat, ráadásul válaszol a rezsicsökkentéssel kapcsolatos kérdésekre is!



Tedd fel a kérdésed...



Egy korszak vége: befejeződött a nagyforgalmú autópályák nagyfeszültségű távvezeték-keresztezéseinek átépítése

Szerző:

Batta Eszter Klára

projektvezető, Távvezetési Kiemelt Projektek Csoport
MVM XPert Zrt.

Nyolc év alatt hetvenhét keresztezés átépítését végeztük el
Fotó: MVM XPert | Réti Dóra

6, 8, 77, 1789, 14 581: ez a „Nagyforgalmú autópályá-keresztezők átépítése” projektsorozat számokban. 6 projekt, 8 év, 77 átépített keresztezés, 1789 tonna beépített oszlopanyag, 14 581 köbméter bedolgozott beton.

De honnan indult az átépítések ezen sorozata? A MAVIR ZRt. a 2010-es évek elején tapasztalt szokatlan időjárási események által okozott üzemszavarak után rendelte el hálózatán a nagyforgalmú autópályák és autótutak távvezetési keresztezéseinek statikai felülvizsgálatát. A vizsgálatok azt voltak hivatottak feltárni, hogy melyek azok a keresztezések, amelyek potenciálisan magukban hordozzák annak veszélyét, hogy egy esetleges időjárási anomália miatt üzemszavart szenvedhetnek. A felmérés nagyságrendileg 90 keresztezést érintett, és a legtöbb esetben azt adta eredményül, hogy átépítés szükséges, amit a jelenleg hatályos MSZ EN 50341-1:2013 és MSZE 50341-2:2019 szabvány által definiált, 2-es megbízhatósági szint előírásai alapján kellett elvégezni. A MAVIR számára nem írta elő jogszabály a keresztezések megerősítését,

A MAVIR ZRt. számára nem írta elő jogszabály a keresztezések megerősítését, azonban felelős üzemeltetőként úgy döntött, hogy megvalósítja az átépítéseket.

azonban felelős üzemeltetőként, saját hatáskörben úgy döntött, hogy egy középhosszú távú beruházás keretében megvalósítja az átépítéseket.

Az átépítések behálózták az egész országot, hiszen éppúgy érintették Győr környékét, mint Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegyét.

Ahány helyszín, annyi kihívás

Ennek első lépése volt 2017 júliusában a „NAKÁ1” projektre megkötött vállalás szerződés (akkor még az MVM OVIT Zrt.-vel), amit 2018 októberében a „NAKÁ2”, 2021 júniusában a „NAFA III.”, 2022 májusában és szeptemberében a „Nagyforgalmú III. 220 kV”, 2023 augusztusában pedig a „NAF4” szerződés követte. Az utolsó etap, a „NAFA IV. 2/2” kivitelezésére 2024. augusztus végén szerződött le a MAVIR ZRt. és az MVM XPert Zrt.

Az átépítések behálózták az egész országot, hiszen éppúgy érintették Győr környékét, mint Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegyét, Albertirsát vagy a szlovén határ menti területeket. Minden átépítés más kihívást, összetett műszaki feladatot jelentett, az autópályá feletti munkavégzéshez pedig minden esetben egyedi technológia készült a maximális biztonság szem előtt tartásával.

A kivitelezések közül kettőt emelnék ki, mindkettő a „NAFA IV. 2/2” részeként valósult meg 2024–2025-ben.

Az első helyszín Nagytétény környéke, a Dunamenti Erőmű – Albertfalva I-II. 220 kV-os távvezeték MO-s keresztvezése. Az átépítés keretében az autópálya legközelebbi lévő – de nem közvetlenül az út mellett, hanem zártkerti és külterületi részen álló – két oszlophelyen kellett munkálatokat végezni. Az egyik oszlophelyen egy teljesen új feszítőoszlopot kellett beépíteni, a másikon „csak” a meglévő oszlopalapot és oszlopszerkezetet kellett

megerősíteni, illetve szigetelőláncokat cserélni a növekvő és csökkenő oszlop-számok irányába.

Az oszlopszerkezet cseréjével érintett oszlophely volt a könnyebbik eset, mivel egy olyan külterületi termőföldön állt, amit nagy munkagépekkel (betonmixer, autódaru, kosaras munkagép) is meg lehetett közelíteni egy egysávos aszfaltúton keresztül, továbbá a terület mérete és jellege szerencsésen lehetővé tette úgy az építészeti, mint a technológiai feladatok elvégzésére alkalmas felvonulási és munkaterület kialakítását. A munkálatok befejeztével a területet természetesen helyreállítottuk (bontott anyagok elszállítása, tereprendezés), a bejelentett taposási- és zöldkárt pedig megtérítettük.

Nehezített terep Buda szélén

A nehezebbik eset a zártkerti területen elhelyezkedő oszlop átépítése volt, amelynél maga az oszlop helye okozott minden nehezítő körülményt. Városi környezetben közepesfeszültségű távvezeték sem túl sűrűn látni már manapság, nagyfeszültségűt pedig még ritkább esetben lehet, habár Budapest terjeszkedése bekebelezte azon területeket a város körül, amiken keresztül ilyen távvezeték nyomvonala fut. Ezek kiváltása nagyfeszültségű földkábelrel irdatlan összegekbe kerülne, hatalmas területrendezést igényelne, és 132 kV-os feszültség szint felett még nem is lenne megvalósítható, tekintve, hogy hazai viszonylatban erre sem a technológia, sem a szabványi háttér nem áll rendelkezésre.

Az érintett oszlop a XXII. kerületben egy cég telephelyének sarkában áll, mellette zártkerti ingatlanok, szemben vele kutyaiskola található. Megközelítése egy 1x1 sávos aszfaltúton lehetséges,



Az oszlop, ami feladta a leckét a Dunamenti Erőmű – Albertfalva I-II. 220 kV-os távvezetéken
Fotó: MVM XPert

Az egyik érintett oszlop egy cég telephelyének sarkában áll, mellette zártkerti ingatlanok, szemben vele kutyaiskola.

melyen menetrend szerinti BKK-járatok is közlekednek. Az út két oldalán közepesfeszültségű, kisfeszültségű és hírközlési légkábelek, közvilágítási lámpák, a telephely csúszókapuja pedig végállásban pont az oszlop alaptestjei közé csúszik be. Az oszlop környezetét felmérve ezek voltak az első benyomások.

Az oszlop elhelyezkedése miatt a megszokottnál jóval több alkalommal volt szükség a munkakezdést megelőzően helyszíni bejárásra, valamint a terület tulajdonosával egyeztetésre. Ezek egyiken derült ki az is, hogy az alapmegerősítést az eredeti elképzelések szerinti formában nem lehet kivitelezni, így azt rövid időn belül át kellett tervezni. A kivitelezés megkezdéséhez a cég telephelyén is átalakításokat kellett végezni elsősorban azért, hogy a csúszókapu ne lógjon bele a megerősítendő alapba.

A szigetelőláncok cseréjének idejére szükség volt az 1x1 sávos úton ideiglenes forgalmi rend kialakítására. Ez magában foglalta az egyik sáv



Az autópálya feletti munkavégzéshez minden esetben egyedi technológia készült a maximális biztonság szem előtt tartásával
Fotó: MVM XPert | Réti Dóra



Régi oszlop kidöntése Ceglédbercelnél az Albertirsa – Szolnok 400 kV-os távvezetéken
Fotó: MVM XPert | Réti Dóra

részbeni lezárását is, mivel az átépítéshez szükséges kosaras munkagép helyigényét csak sávzárással, valamint a szomszédos kutyaiskola kerítésének részbeni kibontásával lehetett biztosítani. Emellett közterülethasználati engedély beszerzésére is szükség volt Budapest Főváros Önkormányzatától, és a BKK részére is heti rendszerességű tájékoztatást kellett adni a munkavégzés tervezett kezdő- és végdátumáról a kivitelezés teljes időtartama alatt. Az időben elindított egyeztetéseknek és összehangolt munkának hála a „nehézített terep” ellenére is határidő előtt befejeződött a keresztezésben az építészeti és a technológiai kivitelezés is.

Kötegelvágás az autópályán

A másik emlékezetes keresztezés-átépítés a Debrecen–Józsa – Albertirsa 400 kV-os távvezetéken valósult meg 2025 júniusában az M4-es autópályánál.

Ebben az átépítésben egy teljesen új munkafeladat is terítékre került, nevezetesen a kötegszámcsökkentés. A Debrecen–Józsa – Albertirsa 400 kV-os távvezeték eredetileg 750 kV-on létesült és üzemelt, azonban a 2010-es évek második felében a feszültség szintje 400 kV-ra módosult. A távvezeték akkoriban nem esett át átépítésen, azonban az M4 keresztezése miatt 2025-ben hozzá kellett nyúlni az érintett feszítőközhöz.

A Debrecen–Józsa – Albertirsa 400 kV-os távvezeték eredetileg 750 kV-on létesült, ám ma már 400 kV-on üzemel, ez indokolta a kötegszámcsökkentést.

A munkaterületek az építéssel érintett összes oszlophelynél jól megközelíthetők és nagyok voltak, volt mozgástér a munkagépek és az oszlopszerelés számára. Kellett is a hely, hiszen az egyik új, beépítendő oszlop egy „750 kV” típusú, megközelítőleg 40 tonnás, 45 méter magas monsturnum volt, amit nem is állítani kellett, hanem elemeiből felépíteni, ami szintén nem egy túl gyakori munkafeladat. A kötegszámcsökkentésre azért volt szükség, mert az újonnan beépítendő, 400 kV-os távvezetékek esetén alkalmazott másik oszloptípus, a „Katica II.” még egyoldalú terhelésként sem bírta volna el a négyes kötegvázat.

A kötegek érintett számainak elvágása leengedésük után az M4-es autópályán történt. A biztonságos munkavégzéshez az autópálya egy szakaszán ideiglenes forgalmi rendet kellett bevezetni – a szükséges időpontokban a forgalom néhány percre történő megállításával –, ami a Pest Vármegyei Rendőr-főkapitányság munkatársainak közreműködésével valósult meg. A munkafolyamatról látványos drónfelvétel is készült, ami megnézhető a fenti QR-kód beolvasásával.



A fenti két példa is jól bemutatja, mennyire szerteágazó volt a „Nagyforgalmú autópálya-keresztezések átépítése” projekt-sorozat úgy a helyszíneit, mint a műszaki tartalmát és feszültség szintjeit tekintve, hiszen 132 kV-on, 220 kV-on, 400 kV-on, és ma már 400 kV-on üzemelő 750 kV-os távvezetékeken is volt munkavégzés. Ezek és a Budapest környéki kivitelezések mindenképpen az átépítések legemlékezetesebb elemei közé tartoznak.

Habár a nagyforgalmú autópályákat keresztező távvezeték szakaszok átépítése befejeződött, hamarosan egy új korszak veszi kezdetét, a MAVIR ZRt. ugyanis elindítja a nagyforgalmú főutakat keresztező távvezeték szakaszok átépítését, ami szintén több éven keresztül el fogja látni feladattal az iparágat.



A 132, 220, 400 (képünkön) és hajdani 750 kV-os távvezetékeken is volt munkavégzés
Fotó: MVM XPert | Réti Dóra

Digitális energiahatékonyság a gyakorlatban

Szerző:
Huszics György
 társalapító, vezérigazgató
 Carbon.Crane Zrt.

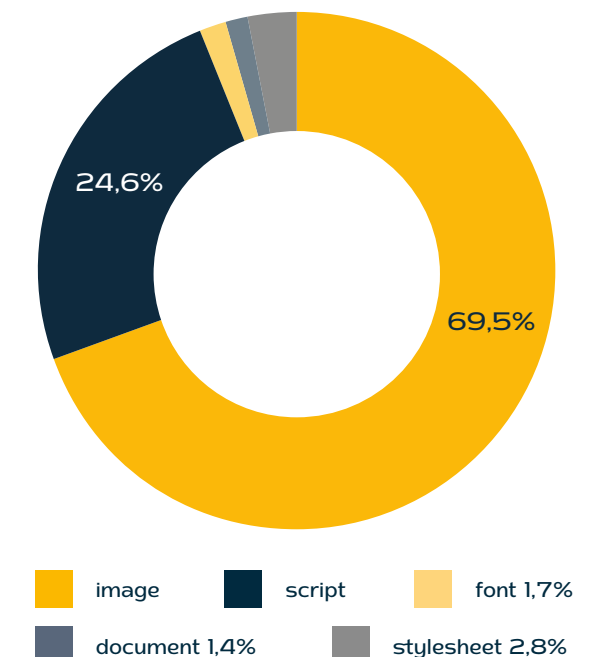
Amikor energiahatékonyságról beszélünk, általában épületek vagy járművek jutnak eszünkbe. Pedig ma már a digitális szolgáltatások – weboldalak, ügyfélpportálok és mobilalkalmazások – működése is jelentős energiafelhasználással jár. Az MVM/Edison program felfedezettje, a Carbon.Crane, magyar fejlesztésű technológiája ezeknek a rendszereknek a környezeti hatását teszi mérhetővé, és segít feltárni az optimalizáció lehetőségeit. Az MVM számára most egyedi lehetőség kínálkozik a megoldás kipróbálására és – ennek segítségével – a vállalatcsoport webes felületeinek optimalizálására.

A vállalatok energiafelhasználásáról szóló diskurzusban egyre gyakrabban kerül szóba egy olyan terület, amely korábban szinte láthatatlan volt: a digitális rendszerek működésének energiaigénye. Weboldalak, ügyfélpportálok, mobilalkalmazások és online szolgáltatások naponta több millió felhasználót szolgálnak ki, miközben adatközpontokat, hálózatokat és felhasználói eszközöket kapcsolnak össze. Mindez számítási kapacitást és adatátvitelt igényel, amely végső soron energiát használ fel.

A digitális infrastruktúra energiaigényét alapvetően három tényező határozza meg: az adatközpontok működése, az adatátviteli hálózatok energiafelhasználása és a felhasználói eszközök fogyasztása. Egyetlen weboldal betöltése is több rendszer együttműködését igényli. Amikor ez naponta milliós nagyságrendben történik, a digitális szolgáltatások energiahatékonysága már nem csupán informatikai kérdés, hanem fenntarthatósági és működési hatékonysági szempontból is jelentős tényezővé válik.

A Carbon.Crane egy magyar fejlesztésű ISO kompatibilis technológiai megoldás, amely a digitális rendszerek – különösen weboldalak és online szolgáltatások – energiafelhasználását és karbonlábnyomát méri, és segít optimalizálni. A vizsgálat során a rendszer azt vizsgálja, hogy a weboldalak különböző technikai és tartalmi elemeinek – például képek, videók vagy háttérben futó kódok – tárolása, mozgatása és megjelenítése milyen mértékben járul hozzá az energiafelhasználáshoz.

A mérési eredmények alapján azonosíthatók azok az optimalizációs pontok, amelyekkel egyszerre érhető el kisebb energiafogyasztás, gyorsabb oldalbetöltés és jobb felhasználói élmény. A digitális rendszerek hatékonyabb működtetése így nemcsak környezeti, hanem üzleti szempontból is előnyös lehet.



1. ábra: Egy adott weboldalon található komponensek méretének megoszlása
 Forrás: Carbon.Crane

A Carbon.Crane tevékenységéhez kapcsolódik a CarbonClass oktatási program is, amely vállalati szakemberek

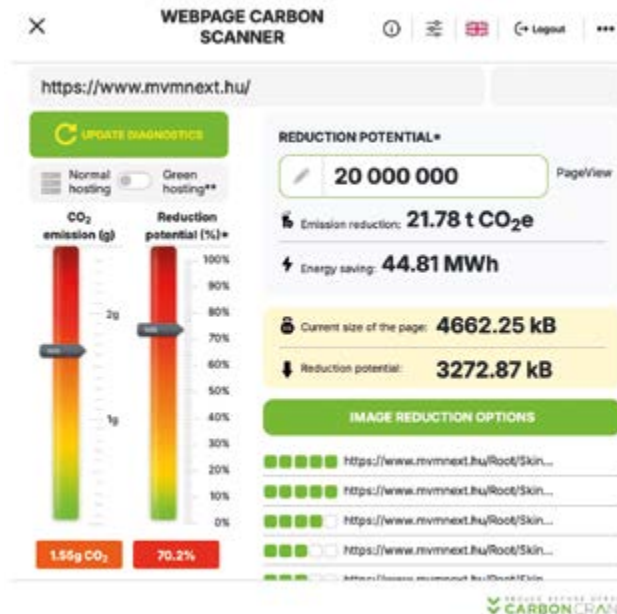
számára mutatja be a digitális szolgáltatások környezeti hatását és az optimalizálás lehetőségeit. A workshopok során informatikai, kommunikációs és fenntarthatósági területen dolgozó szakemberek kapnak gyakorlati betekintést abba, hogy a digitális rendszerek működése hogyan válhat energiahatékonyabbá.

Az MVM Edison program keretében a Carbon.Crane szakértői ilyen Carbon-Class workshopot tartottak az érdeklődő munkatársak számára, és a program egyik eredményeként lehetőség nyílt arra is, hogy a technológiai megoldást az MVM webes portfóliójának optimalizálásában alkalmazzák.

A digitális rendszerek energiaszámítására a nemzetközi szabályozási kezdeményezések is egyre nagyobb figyelmet fordítanak. A Science Based Targets initiative (SBTi) módszertani iránymutatásai például kiemelik az úgynevezett üzleti szempontból kritikus digitális tevékenységek szerepét. Ide tartoznak az online ügyfélszolgálati felületek, az ügyfélportálok, az órállás-bejelentési rendszerek, valamint az online vásárlási és ügyintézési platformok is.

Ezek a rendszerek gyakran nagy látogatottságú digitális infrastruktúrát jelentenek, ezért működésük energiahatékonyasága és karbonlábnyoma egyre inkább a vállalati fenntarthatósági stratégiák részévé válik. A nemzetközi irányok ezért a digitális rendszerek esetében is a „mérés – csökkentés – jelentés” elvét hangsúlyozzák.

A digitális optimalizálás hatása első pillantásra nehezen érzékelhető, ezért érdemes más energiahatékonyasági intézkedésekkel összehasonlítani.



2. ábra: WebpageCarbonScanner. MVM Next weboldal

Forrás: Carbon.Care

Jó példa erre a Magyar Posta esete, ahol a járműflotta egy részének elektrifikációja jelentős kibocsátáscsökkentést eredményezett. A vállalat 45 gépjárművet cserélt le elektromos meghajtására, amellyel éves szinten mintegy 164 t CO₂e-kibocsátáscsökkentést ér el.

Egy nagy látogatottságú hírportál esetében azonban már egyetlen digitális optimalizációs lépés is hasonló

A Carbon.Crane fejlesztésének egyik fontos eleme a Webpage Carbon Scanner nevű böngésző kiegészítő. Az eszköz lehetővé teszi, hogy a fejlesztők és tartalomkészítők már a fejlesztési folyamat során ellenőrizzék egy weboldal energiahatását. Egyetlen kattintással elemzi az aktuálisan megnyitott oldalt, és megmutatja az adatátviteli mennyiséget, a becsült energiaszámítást és a kapcsolódó karbonlábnyomot.

nagyságrendű hatást eredményezhet. Ha például a főoldalon megjelenő képek fájl méretét optimalizálják – úgy, hogy a felhasználó számára látható minőség változatlan marad –, a becslések szerint akár évi 290 t CO₂e-kibocsátáscsökkentés is elérhető.

Mi az a CO₂e?

A CO₂e (szén-dioxid-egyenérték) mérőszám célja, hogy a különböző üvegházhatású gázok – szén-dioxid (CO₂), a metán (CH₄), a dinitrogén-oxid (N₂O), a fluor-tartalmú gázok (HFC-k, PFC-k, SF₆) – klímahatását egyetlen közös egységben fejezi ki. Megmutatja, hogy egy adott kibocsátás mennyi szén-dioxid kibocsátásával lenne egyenértékű. Hasonlatos ahhoz, mintha a különböző valutákat mind dollárra váltanánk át, hogy összehasonlítható legyen az értékük.

A digitális rendszerek optimalizálása nemcsak környezeti szempontból jelent előnyt, hanem közvetlen üzleti hatással is járhat. A gyorsabban

betöltődő weboldalak jobb felhasználói élményt nyújtanak, ami mérhető hatással lehet a bevételekre is. Az Amazon mérései szerint már 100 ms késleltetés is akár 1%-os bevételecsökkenést eredményezhet egy online szolgáltatás esetében. A Shopify elemzése pedig azt mutatják, hogy az 1 másodperc alatt betöltődő oldalak az 5 másodperc alatt betöltődő oldalakhoz képest 2,5-3-szor magasabb konverziós arányt érhetnek el. A digitális hatékonyság tehát egyszerre jelent környezeti és üzleti előnyt: kevesebb energiafelhasználást, gyorsabb működést és hatékonyabb ügyfélkiszolgálást.

A digitális infrastruktúra optimalizálása sokrétű előnyöket jelenthet mind a vállalati, mind a lakossági oldalon. Ráadásul az energiahatékonyaság a következő években várhatóan egyre fontosabb szerepet kap a vállalati működésben. Az MVM számára ezért a webes felületek optimalizálásának vizsgálata nem csupán technológiai kísérlet, hanem egy olyan irány keresése is, amely egyszerre szolgálja a hatékony működést, a jobb ügyfélményt és a fenntarthatósági célokat.

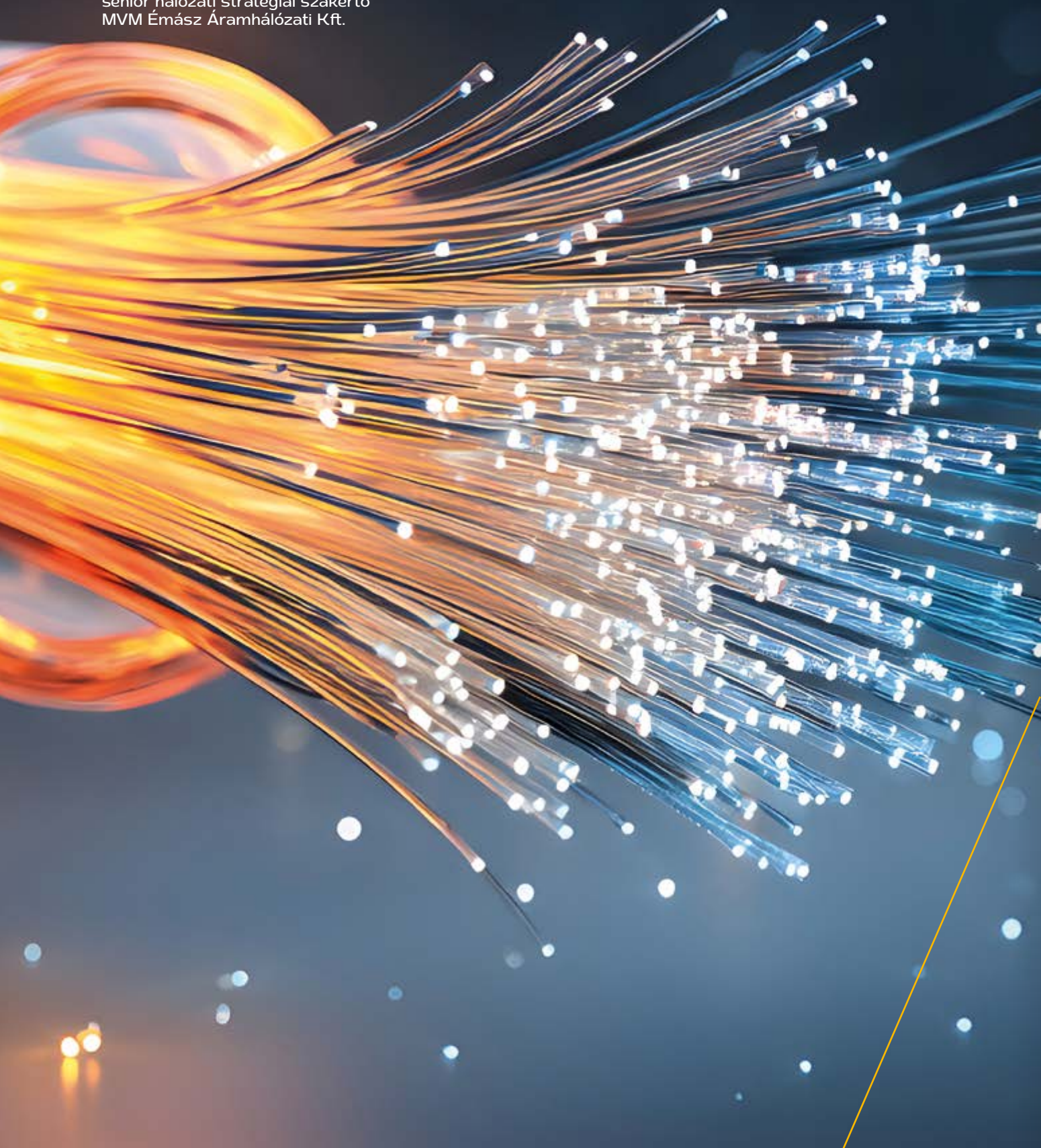
3. ábra: Képcsökkentési Potenciál egy képen
Forrás: Carbon.Care



Eredeti méret: 773.257 KB
Csökkentett méret: 102.7584 KB
Csökkentés mérete: 86.7%

Optikai hálózataink: az energia és az információ találkozása

Szerző:
Zab Tibor
senior hálózati stratégiai szakértő
MVM Émász Áramhálózati Kft.



Az energiaiparban a villámgyors adatkommunikáció ma már elengedhetetlen, és ebben az optikai szál kulcsszerepet játszik. Hogyan lesz a fényből adat? Nézzünk a szálak mélyére!

AZ OPTIKAI SZÁLAK BŰVÖS VILÁGA

Az egyre rohanó világunkban minden megváltozott, a gyorsan változó körülményekre szinte azonnal szükséges reagálni. Az optikai hálózatok pont azt teszik lehetővé, hogy valós időben felügyeljük, irányítsuk és optimalizáljuk az áramhálózatot, akár országrészen, extrém esetben akár országokon átívelő távolságból is. Az üzemirányítási központok számára a gyors és megbízható adatkapcsolat igazi életbiztosítás, amelynek köszönhetően hiba esetén azonnal reagálni tudnak.

Bámulatos, hogy egy emberi hajszálnál is vékonyabb üvegszállal akár egész városok adatéhségét is csillapíthatjuk! Szemléltetésképpen az optikai szál magjának átmérője csupán 9-10 μm , míg az emberi hajszál 80 μm .

Szemléltetésképpen az optikai szál magjának átmérője csupán 9-10 μm , míg az emberi hajszál 80 μm .

Az optikai szálak lényege, hogy fényt vezetnek a magjukban, amelyben az információt nagyon gyors villanások formájában továbbítják.

Fő tulajdonságaik:

- Nagy sávzélesség – az optikai szálak által továbbítható adatmenyiségnek szinte kizárólag a felhasználói igények szabnak korlátot.
- Gyors adatátvitel – a jelek pillanatok alatt, akár több tíz kilométeres távolságra is gond nélkül eljutnak.
- Elektromágneses hatásokkal szembeni védelem – az elektromos mezők nem zavarják a fényt, így az adatátvitel zavartalan marad.
- Adatbiztonság – a zárt optikai hálózatokat nehezebb lehallgatni és támadni, mint a hagyományos vezeték vagy rádiós rendszereket.

HONNAN INDULTUNK, ÉS HOVÁ TART A TECHNOLÓGIA?

Az üvegszál digitális távközlési vonalként történő alkalmazása 1966-ban merült fel. Akkoriban még a kilométerenkénti csillapítása (jelvesztés) 1000 dB/km volt. Ez az érték a technológia folyamatos fejlődése nyomán 1970-ben 20dB/km-re és 1974-ben 1,1 dB/km-re csökkent. Ez a jelvesztési mutató mára 0,22 dB/km érték alá csökkent. Ebből is jól látható, hogy mekkora fejlődésen ment át az optikai adatátvitel az elmúlt évtizedek alatt.

Nézzük meg, hogyan készül

Az optikai szál lelkét egy rendkívül tiszta üvegmag, esetenként műanyag alkotja, amelyet speciális, vegytisztaságú alapanyagokból olvasztanak lehangyengő (szó szerint!) precizitással. A gyártási folyamat fő lépései:

- Előformák készítése: Vegytiszta üveg rudakat – úgynevezett előformákat – készítenek.

- **Húzás:** Az előformát magas hőmérsékleten megolvasztják, majd vékony szállá húzzák, miközben folyamatosan ellenőrzik a vastagságot.
- **Védőrétegek felvitele:** A szálakat műanyag bevonattal látják el, hogy megvédjék a környezeti hatásoktól.

Ez igen precíz gyártást igényel, hiszen az optikai szál előállításakor a megengedett legnagyobb pontatlanság 1%, ami jelen esetben néhány nanométert jelent.

A Nemzetközi Távközlési Unió Távközlési Szabványügyi Szektora (ITU-T) által kidolgozott szabványok a távközlésben használt különféle optikai szálakra kifejlesztett szabványok. Ezek a szabványok meghatározzák az optikai szálak tulajdonságait és jellemzőit a távközlési hálózatokban való kompatibilitás, teljesítmény és különböző rendszerek közötti kommunikáció biztosítása érdekében.

Az „ITU-T G.652 Specifikációk a Single Mode (SM – egymódusú) optikai szálak és kábelek” szabványban került kidolgozásra. Ez a fajta szál a leggyakrabban használt optikai szál nagy távolságú összekötések alkalmazásához.

Az ITU-T G.652 specifikációjú egymódusú optikai szál négy felülvizsgálaton esett át az idők során. Ezek közül a G.652.A és G.652.B szálakat ma már ritkán használják a modern WDM (Wavelength Division Multiplexer – hullámhosszosztásos multiplex) rendszerekkel szembeni gyenge teljesítményük miatt. A G.652.C és G.652.D szálakat az 1310 nm és 1550 nm közötti hullámhossztartományban használják, amely már támogatja a CWDM (durva hullámhosszosztásos multiplex) rendszereket. A G.652.D optikai szál napjaink legkorszerűbb technológiája,

amely nemcsak a legjobb megtérülést biztosító, hanem a legjobb védelmet is nyújtó, és jelenleg a legtöbb alkalmazási esetben az egymódusú optikai szál alkalmazásakor a legjobb választás.

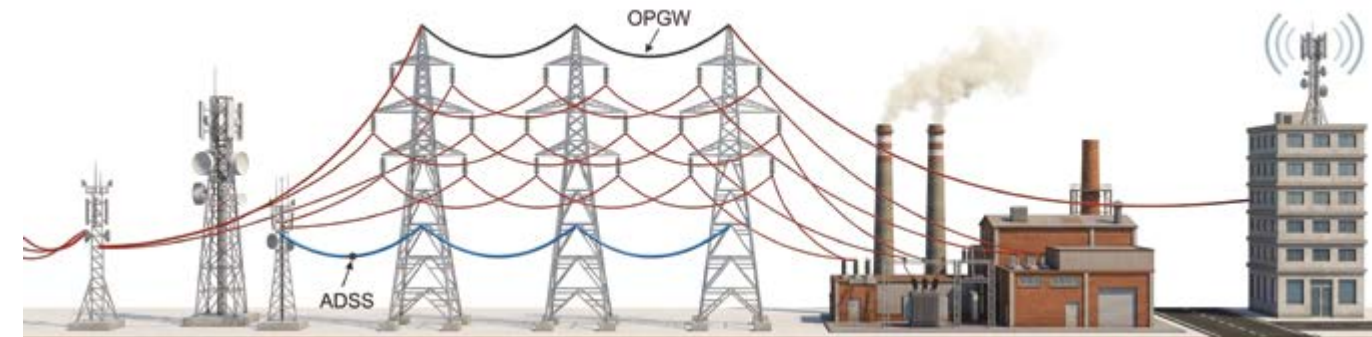
Az ár és műszaki jellemzői alapján elmondható, hogy a G.652.D száltípus az, amire nemcsak a távközlési iparág, hanem mi mint MVM Áramhálózati társaságok is építjük rendszereinket, mivel

Az optikai hálózatok azt teszik lehetővé, hogy valós időben felügyeljük, irányítsuk és optimalizáljuk az áramhálózatot, akár országrészeken, extrém esetben akár országokon átívelő távolságból is.

lehetőséget adnak a jövőbeli fejlesztésekre és a nagyobb teljesítményű technológiák használatára, ahogy azokat évről évre fejlesztik. Mindezek mellett az áthidalható távolságokban sem kell érdemi csökkenésekre számítani.

OPGW és ADSS – két úttörő technológia a villamosenergia-iparban

A villamosenergia-ipar adatátvitelében két különleges technológia, az OPGW (Optical Ground Wire) és az ADSS (All-Dielectric Self-Supporting Fiber) igazi áttörést hozott. Az alábbi, 1. ábrán jól látható a villamosenergia-főelosztóhálózaton való fizikai elhelyezkedésük.



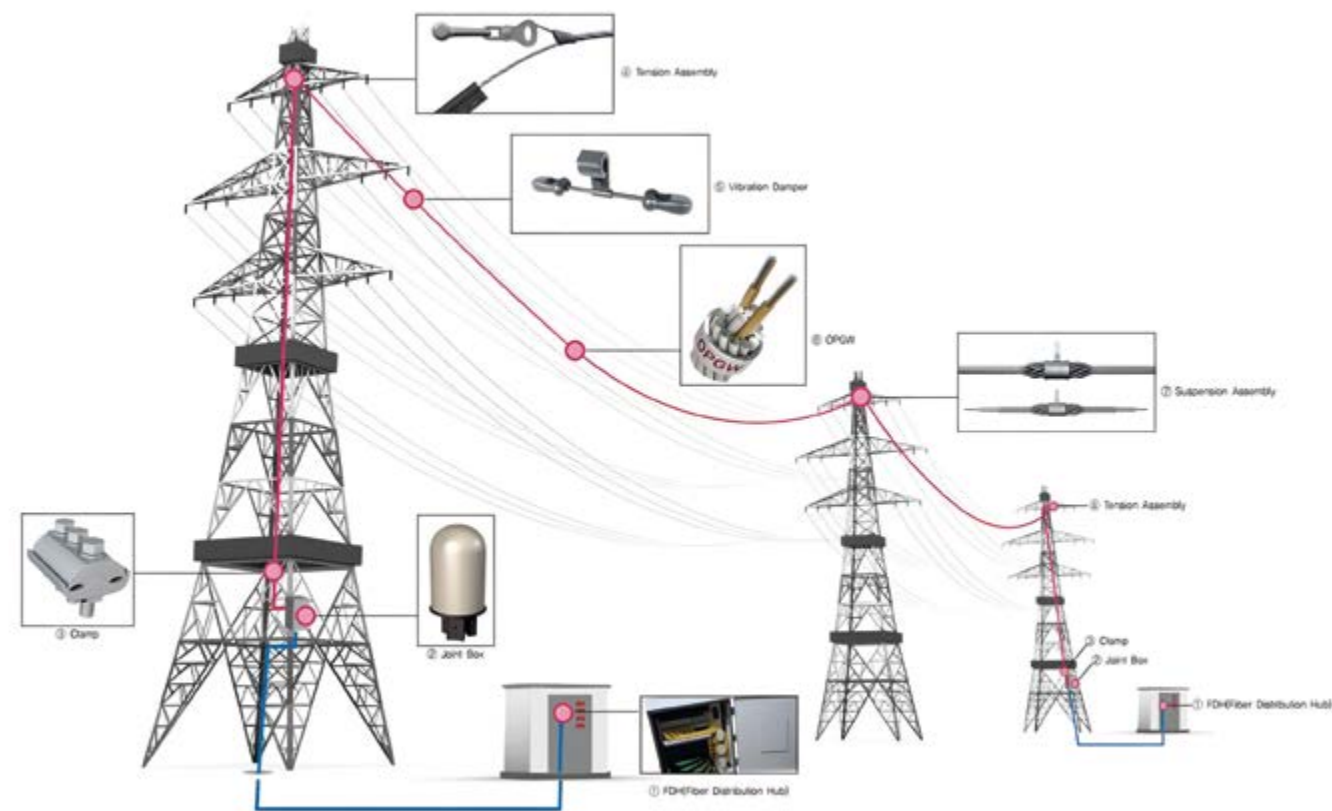
1. ábra: OPGW és ADSS elhelyezkedés a nagyfeszültségű távvezeték-hálózaton
Forrás: <https://www.zion-communication.com>

OPGW – Amikor a földelés is kommunikál

Az OPGW egy olyan vezeték, amely a nagyfeszültségű távvezetékek földelő szálának szerepét tölti be, miközben belsejében optikai szálak futnak, így egyszerre biztosítjuk vele a villámvédelemhez szükséges földelést és az üzemeltetéshez szükséges kommunikációs adatátvitelt.

Az OPGW-sodrony előnyei:

- A meglévő távvezeték-infrastruktúrán kiépíthető
- Villámcsapás elleni védelem és adatátvitel egyben
- Hagyományos védővezetőhöz képest minimális többletköltség és munkavégzés
- Hosszú élettartam
- Minimális karbantartási igény



2. ábra: OPGW a nagyfeszültségű távvezeték-hálózaton
Forrás: <http://hu.jiapucables.com>

ADSS – Fémmentes önhordó optikai légkábel

Vannak olyan helyzetek, amikor az OPGW-létesítés nem járható út, mivel a távvezeték oszlopcsúcsra jelentkező többlet statikai terhelés jelentős költségű megerősítő beavatkozással járna. Ilyen esetekben jó megoldás az oszlop törzsére vagy a fázisvezető tartókarra rögzített ADSS-kábel. Az ADSS-kábel teljesen dielektromos, azaz nincsenek benne fém alkatrészek, így közvetlenül a villamos távvezetékhez rögzíthető, akár magasfeszültségű környezetben is. Könnyű, hajlékony, és mivel nem vezeti az áramot, a szerelése is biztonságosabb.

Az ADSS optikai légkábel előnyei:

- Elektromos zavarokkal szemben teljesen ellenálló
- Gyors telepítés, rugalmas alkalmazás
- Nem igényel földelést vagy külön védelmet

Emberi hajszálnál is vékonyabb üvegszállal akár egész városok adatéhségét is csillapíthatjuk.

TEKINTSÜK ÁT, HOL TART MOST AZ OPTIKAI HÁLÓZATUNK KIÉPÍTÉSE, ÉS MI A CÉLUNK TÍZ ÉV MŰLVA!

Jelenleg az MVM Émász saját tulajdonú és üzemeltetésű optikai hálózatának hossza 771 km, még az MVM Démászé

mindössze 139 km. A jelentős különbség abból adódik, hogy míg északkelet-magyarországi áramszolgáltatónk már korábban is saját infrastruktúra építésére törekedett, addig délkelet-magyarországi társaságunk annak idején az adatátviteli közeg bérlése mellett tette le a voksot. Az egységes és közös távközlési stratégia kidolgozása eredményeként azonban elmondhatjuk, hogy az elmúlt években elindult az MVM Démászból is a saját tulajdonú optikai hálózat építése. Ennek keretében pár éven belül szeretnénk saját optikaigerinc-összekötést biztosítani Miskolc és Szeged között. Továbbá tízéves távlatban 1200 km optikaigerinc-hálózatot tervezünk létesíteni, és szeretnénk idővel minden állomásunkat legalább egyirányú optikai kapcsolattal ellátni, amely a felügyeleti rendszereink adatkapcsolatát és ezáltal a villamosenergia-ellátás üzembiztonságát jelentős mértékben növeli majd.

FÉNYES JÖVŐ AZ OPTIKAI TECHNOLOGIA RÉVÉN

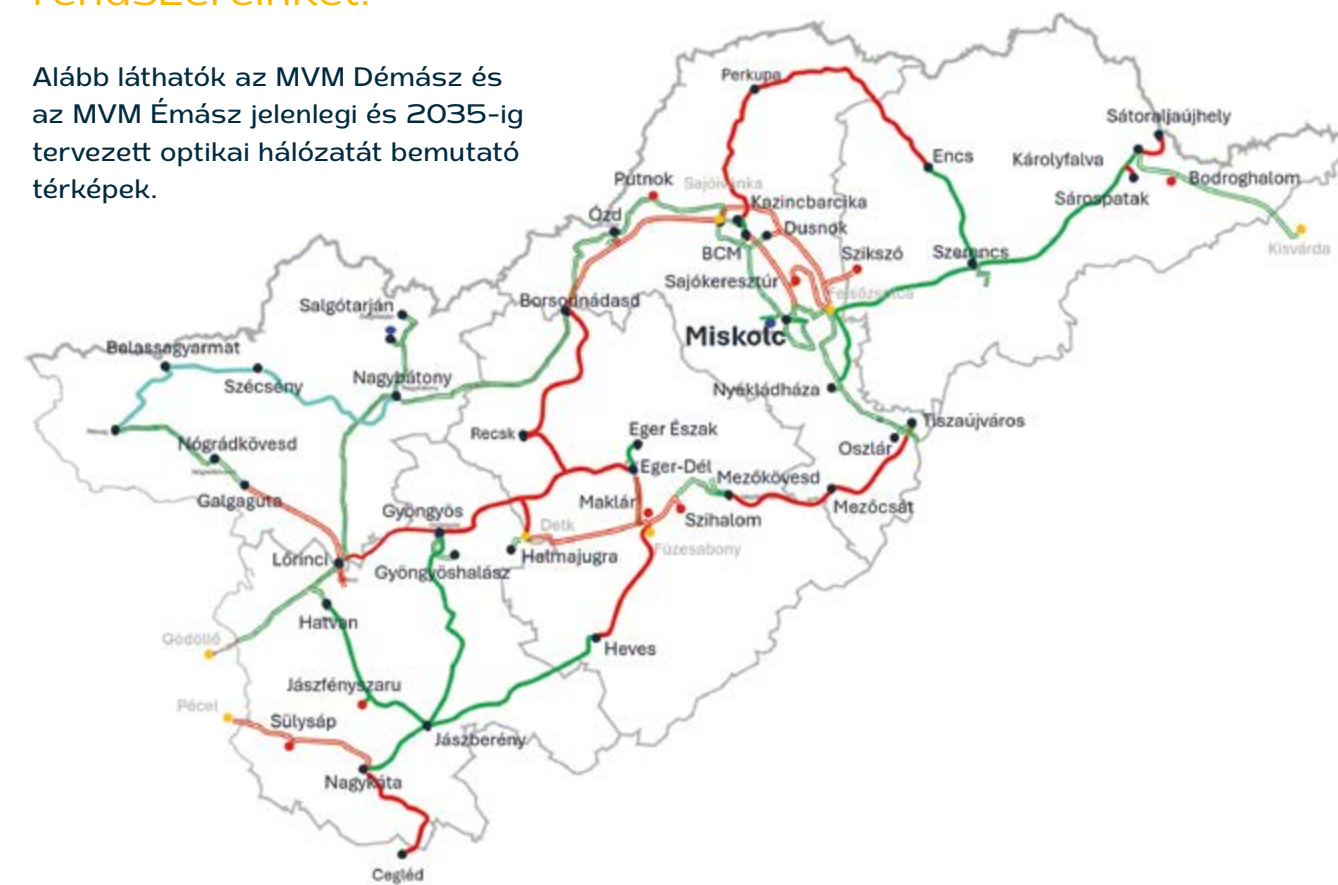
A jövőben az energiaipar digitális átalakulása az eddigieknél is szorosabban kötődik majd az optikai hálózatokhoz. Célunk, hogy a fény sebességével továbbított adatokkal biztonságosabbá, rugalmasabbá és okosabbá tegyük energiaellátó-rendszerünket. Ennek érdekében a legkorszerűbb technológiák alkalmazásával folyamatosan bővítjük optikai hálózatunkat, bízva abban, hogy a jövőben egyre több közepfeszültségű hálózati mérő- és szabályozóeszköz válik elérhetővé a villámgyors adattovábbítást biztosító optikai hálózatunkon.

Elmondható, hogy a G.652.D száltípus az, amire nemcsak a távközlési iparág, hanem mi mint MVM Áramhálózati társaságok is építjük rendszereinket.

Ez számokban az MVM Émász Áramhálózati Kft.-ben:

- Jelenlegi optikai hálózat 771 km
- 2026-2035 között tervezett optikai-hálózat-fejlesztések hossza 681 km
- 2035-re várható optikai hálózat teljes hossza 1452 km

Alább láthatók az MVM Démász és az MVM Émász jelenlegi és 2035-ig tervezett optikai hálózatát bemutató térképek.



Jelmagyarázat

- Meglévő optikai 22 kV-on
- 2035-ig tervezett optikai 22 kV-on
- Bérelt optika
- Meglévő MVM Émász telephely
- Tervezett új MVM Émász telephely
- Idegen telephely
- Meglévő optikai 132 kV-on
- 2035-ig tervezett optikai 132 kV-on

3. ábra: Az MVM Émász várható optikai hálózatának bővülése 2035-ig
Forrás: MVM Émász Áramhálózati Kft.

Telephelykeresés GIS-alapú támogatása

Szerző:
Mészáros Bence Barnabás
beosztott energetikai mérnök
MVM ERBE Zrt.

TÉRINFORMATIKAI DÖNTÉSTÁMOGATÁS AZ ENERGETIKÁBAN

A stratégiai jelentőségű beruházások – legyen szó erőműről, villamosenergia-rendszeri létesítményről vagy energiatároló egységről – sikeressége alapjaiban függ attól, hogy a megfelelő helyszín beazonosítása és kiválasztása mennyire volt körültekintő. Minél több szempont szerinti értékelés előz meg egy telephely-kijelölést, annál valószínűbb, hogy az a lehető legkevesebb természeti, környezeti és engedélyezési kockázatot vonja maga után. A GIS (Geographic Information System) jellegű szoftverek lehetővé teszik nagy mennyiségű térbeli adat és értékelési szempont együttes kezelését. Alkalmazásuk során szerzett tapasztalatainkkal megállapítható, hogy az ilyen szoftverek hatékonyan támogatják a telephelykeresési és -kiválasztási folyamatokat, illetve döntéseket is.

A GIS-szoftverek lehetővé teszik, hogy minden egyes térbeli elemhez akár több tulajdonságot, műszaki paramétert rendeljünk.

Az utóbbi évek projektjei során jelentős térinformatikai kompetenciát és gyakorlati tapasztalatot halmoztunk fel. Az innovatív GIS-megoldások integrálása nemcsak hatékonyabbá tette a telephelykeresési folyamatainkat, hanem olyan tudásbázist teremtett, amellyel a jövőben azokat még alaposabb és célravezetőbb módon lehet elvégezni.

A QGIS (Quantum GIS) a GIS-eszközök között egy nyílt forráskódú és felhasználóbarát térinformatikai program, melynek alkalmazási lehetőségeit a továbbiakban ismertetjük.

ADATINTEGRÁCIÓ ÉS INPUTADATOK ILLESZKEDÉSE

Egy térinformatikai modell megalkotásának kulcsfontja a koordináta-rendszerek megfelelő kezelése. Az energetikai projektek esetében pontosan meghatározott távolságokkal és területekkel kell dolgozni, és az eddigi telephelykeresési feladatoknál láthatunk, hogy a térinformatikai programok kifejezetten támogatják a különböző koordináta-rendszerek dinamikusan történő kezelését, hogy a különböző forrásokból származó térképes adatok (pl. műholdas felvételek, helyrajzi és közműtérképek stb.) pontosan vetüljenek egymásra. A térinformatikai szoftverek képesek egy adott koordináta-rendszerben értelmezett adathalmaz másikkal való transzformálására. Magyarországi projektek esetén elterjedt a metrikus Egységes Országos Vetület elnevezésű koordináta-rendszer használata.

A QGIS (Quantum GIS) a GIS-eszközök között egy nyílt forráskódú és felhasználóbarát térinformatikai program, melynek alkalmazási lehetőségeit a továbbiakban ismertetjük.

Példaként a korábban említésre került QGIS két fő adattípust kezel:

- Vektoros adatok: pontok, vonalak és poligonok (síkbeli alakzatok), melyekhez részletes leíró adatok (attribútumok) kapcsolódnak. Ilyenek lehetnek akár távvezeték-nyomvonalak, gázhálózati csomópontok vagy természetvédelmi területek és határai. A vektoros adatok jellemzően Shapefile (*.shp) vagy GeoPackage (*.gpkg) formátumban találhatóak.
- Raszteres adatok: pontfelhők, amelyben minden apró területelem (pixel) egy fizikai mennyiséghez tartozó értéket képvisel. Jellemző használati módjuk a digitális domborzatmodellelés (Digital Elevation Modelling, DEM), ahol a pixelek a tengerszint feletti magasságot vagy a lejtés szögét/százalékát mutatják. További forrásaik lehetnek a különböző meteorológiai térképek. A raszteres adatok jellemzően GeoTIFF (*.tif) formátumúak.

Azért kedvelt sokak által a QGIS használata, mert több mint 200 különböző adatformátum kezelésére képes. Bővítése, a QuickOSM segítségével pedig közvetlenül, a programon belülről érhető el globális térkép-adatbázisok.

A rendelkezésre álló vektoros adatok raszterre történő konvertálása után az adott elem tetszőleges méretű környezetének tetszőleges értékelését hozhatjuk létre.

ATTRIBÚTUMKEZELÉS ÉS LEKÉRDEZÉSEK

A telephelykeresések során nemcsak a földrajzi elhelyezkedés döntő, hanem a területek minőségi jellemzői is kulcsfontosságúak. A GIS-szoftverek lehetővé teszik, hogy minden egyes térbeli elemhez akár több tulajdonságot, műszaki paramétert rendeljünk. Az adatbázis-alapú lekérdezések segítségével összetett szűrések futtathatók ezen tulajdonságokra nézve.

Egy telephelyvizsgálat során így például könnyedén kiválaszthatók és megjelölhetők azok a területek, ahol a népsűrűség egy meghatározott küszöbérték alatt van, vagy magasságuk egy adott tartományon belülre esik. Továbbá azonosíthatók azok a területek, amelyek nem rendelkeznek bizonyos hatósági védettséget jelentő tulajdonságokkal. Teszteltük továbbá azt is, hogyan állíthatók elő egy ilyen programban saját magunk által, akár számításokkal új paraméterek.

TÁVOLSÁGALAPÚ ELEMZÉSEK

Egy beruházás kockázatait és gazdaságosságát alapvetően meghatározza az adott/keresett területnek a környező infrastrukturális, domborzati, természeti és hatósági entitásoktól való távolsága. Több telephelykeresési feladatnál felmerült annak igénye, hogy bizonyos területek körül zónákat lehessen megkülönböztetni és vizsgálni. A QGIS buffer eszköze ezért kiemelten fontos funkciót lát el. Használatával a rendelkezésre álló vektoros adatok raszterre történő konvertálása után az adott elem (pl. folyószakasz, autópálya-hálózat, természetvédelmi terület) tetszőleges méretű környezetének

tetszőleges értékelését hozhatjuk létre. Így akár egy telephelykeresésből kizárhatjuk bizonyos pontok, vonalak vagy területek adott környezetét, illetve előnyben vagy hátrányban részesítést jelentő preferenciális értékeket adhatunk nekik.

Jól működő lehetőség van összetett távolságfüggő paraméterezésre is: például egy úthálózat közvetlen környezetét kizárhatjuk, de egy attól távolabbi környezetét az úthálózattól való távolságától lineárisan függő, fordítottan arányos módon előnyben részesíthetjük, és egy attól még távolabbi környezetét pedig távolságfüggetlen módon egységesen hátrányosnak állíthatjuk be.

Lehetőség van ún. negatív buffer definiálására is, amivel egy adott területnek (akár országnak) a határaitól tetszőlegesen belülről részét láthatjuk el alkalmassági értékekkel. A buffer-elemzés során egyéb számszerűsített tulajdonságoktól is függővé tehetjük az értékelést: települések népsűrűségének vagy létesítményekben tárolt bizonyos anyagok ismert mennyiségének a függvényében is definiálhatók különböző távolságalapú értékelések (pl. védőtávolságok).

A SÚLYOZOTT TÖBBSZEMPONTÚ ÉRTÉKELÉS FOLYAMATA

A térinformatikai oldalról támogatott telephely-kiválasztásban kulcsfontosságú lépés a súlyozott többszempontú értékelés, amely lehetővé teszi különböző szempontok integrált értékelését. Az együttes értékeléshez szükséges egy, az érintett szakterületek közötti, objektivitást célzó konszenzus, mely számszerűsíti a különböző jellegű (nem

kizáró) szűrési szempontok (pl. beruházási költség, társadalmi elfogadhatóság, rendelkezésre álló infrastruktúra) egymáshoz viszonyított fontosságát.

A térinformatikai oldalról támogatott telephely-kiválasztásban kulcsfontosságú lépés a súlyozott többszempontú értékelés.

A vizsgált szempontok szerinti legnagyobb alkalmassági potenciállal bíró helyszíneket úgy kapjuk meg, ha a szakmai konszenzus eredményeképpen kapott fontossági arányokkal mint súlytényezőkkel végzünk súlyozott összeadást. Ez úgy valósítható meg, hogy a telephelykeresésre bocsátott térség minden (nem kizárt) apró területegységére (pixelére) szummázzuk az összes vizsgálati szempont szerint ott kapott, súlytényezőkkel megszorított értékelési pontszámot. Ez az alábbi általános képlet alapján tehető meg a GIS-programokban:

$$P_i [-] = \frac{\left(\sum_{j=1}^n K_j \cdot W_j \right)}{C_j}$$

Ahol P_i az i -edik pixel alkalmassági pontszáma, K_j a j -edik szempont szerinti értékelési pontszám, W_j a j -edik szempontozáshoz tartozó súlytényező, C_j pedig a j -edik szempontozáshoz tartozó kizáró vagy megengedő feltétel.

Az i betű a pixeleket sorra vevő futóváltozót, míg a j betű a szempontokat sorra vevő futóváltozót jelöli. Mindegyik i pixelhez több j szempont tartozik.

A képlet azt írja le, hogy minden egyes pixelre külön kiszámításra kerül, mennyire alkalmas az adott pixel által elfoglalt terület arra, hogy a keresett telephely része legyen. Ehhez minden vizsgálati szempont szerint egymás után külön vizsgálatot végzünk (például, hogy az adott pixel milyen közel van vasúti vonalhoz, majd milyen távol van lakott területtől). Az i jelölés az éppen vizsgált pixelt mutatja. A j jelölés pedig azt, hogy az éppen vizsgált pixelt pontosan melyik szempont szerint értékeljük. Más szóval a program minden pixelen végigmegy, és az összes szempont szerint egyenként értékeli azokat. Miután egy pixel az összes szempont szerint értékelésre került, a szempontok szerinti részeredményeket külön-külön megszorozzuk az adott szempont fontosságát jelző súlytényezővel. Majd az ilyen módon kapott, egy adott pixelre kiszámolt értékeket összeadjuk – így jön ki az adott pixel által elfoglalt terület alkalmassági pontszáma. Ezután elvégezzük ugyanezt a folyamatot a következő pixellel, egészen addig, míg a releváns térség összes apró területegysége sorra nem került.

Mivel a QGIS-programban a 0-val való osztással lehetséges adat nélküli, tehát kizártnak tekintett pixelt létrehozni, ott a kizáró feltétel értéke 0, a megengedő pedig 1 kell legyen. Vagyis, ha például egy erőművi telephelykeresés során egy térképpixel kizárt területre (pl. nemzeti parkba vagy földrendésveszélyes helyre) esik, értékének 0-val való osztása által valósítható meg annak kizárása.

EREDMÉNYEK VIZUALIZÁCIÓJA

A GIS-szoftverek egyik legnagyobb erőssége a kapott eredmények látványos és informatív megjelenítése, amely közvetlenül képes a döntéshozatal támogatására. Számos módon képes ugyanis az adatok ábrázolására, néhány példa ezek közül a QGIS esetére:

- A kategorizált szimbólumrendszer akkor alkalmazható, ha az egyes vektoros elemek vagy raszteres pixelek csoportokba rendezhetők (pl. talajtípusuk szerint). Ezt a módszert használják gyakran a kizáró feltételek jelenlétének vizuális elkülönítésére.
- A fokozatos szimbólumrendszer a súlyozott többszempontú értékelés végeredményének vizualizációjához a legmegfelelőbb, mivel folytonos értékek alapján rendel színt az egyes pixelekhez.
- A szabályalapú szimbólumrendszer lehetővé tesz különböző egyedileg definiált, összetett logikai feltételek alapján történő színhozzárendelést.
- Hőtérkép létrehozásával bizonyos keresett adottságok síkbeli sűrűségét lehet vizualizálni.

A GIS-szoftverek egyik legnagyobb erőssége a kapott eredmények látványos és informatív megjelenítése, amely közvetlenül képes a döntéshozatal támogatására.

A programban eredményként különféle elrendezések létrehozásával professzionális formátumú térképek készíthetők. Beállítható és testre szabható ezáltal többek között jelmagyarázat, méretarányskála, fokhálózat, szintvonal-megjelenítés, áttekinthető térképbetét és égtáj szerinti tájolási jelzet is.

Gyakorlati példaként bemutatjuk, hogyan néz ki egy fiktív, leegyszerűsített, súlyozott többszempontú értékelés és annak végeredménye. A példa célkitűzése az, hogy beazonosítsuk, hol lenne optimális kijelölni egy 40 x 32 km nagyságú lehatárolt térségben egy 625 m² alapterületű általános telephelyet.

Az optimális elhelyezkedést meghatározóak előnyt, hátrányt vagy kizárást jelentő szempontok. Ezek közül a példában a teljesség igénye nélkül veszünk figyelembe néhányat. Előnyös szempont lehet a telephelyre tervezett létesítmény számára, ha van a közelben (megfelelő mennyiségű vízkivételre alkalmas) felszíni vízfolyás. Ugyanis sok esetben az elhelyezendő létesítmények vízigényei nem fedezhetők műszakilag megvalósítható vagy gazdaságos módon egyéb (pl. közművi vagy fűrt kutat) megoldással.

Előnyös szempontnak szokott számítani továbbá közlekedési út közelsége is, ami csökkenti a tervezett létesítmény építése és üzemeltetése által generált járműforgalom számára építendő utak költségeit.

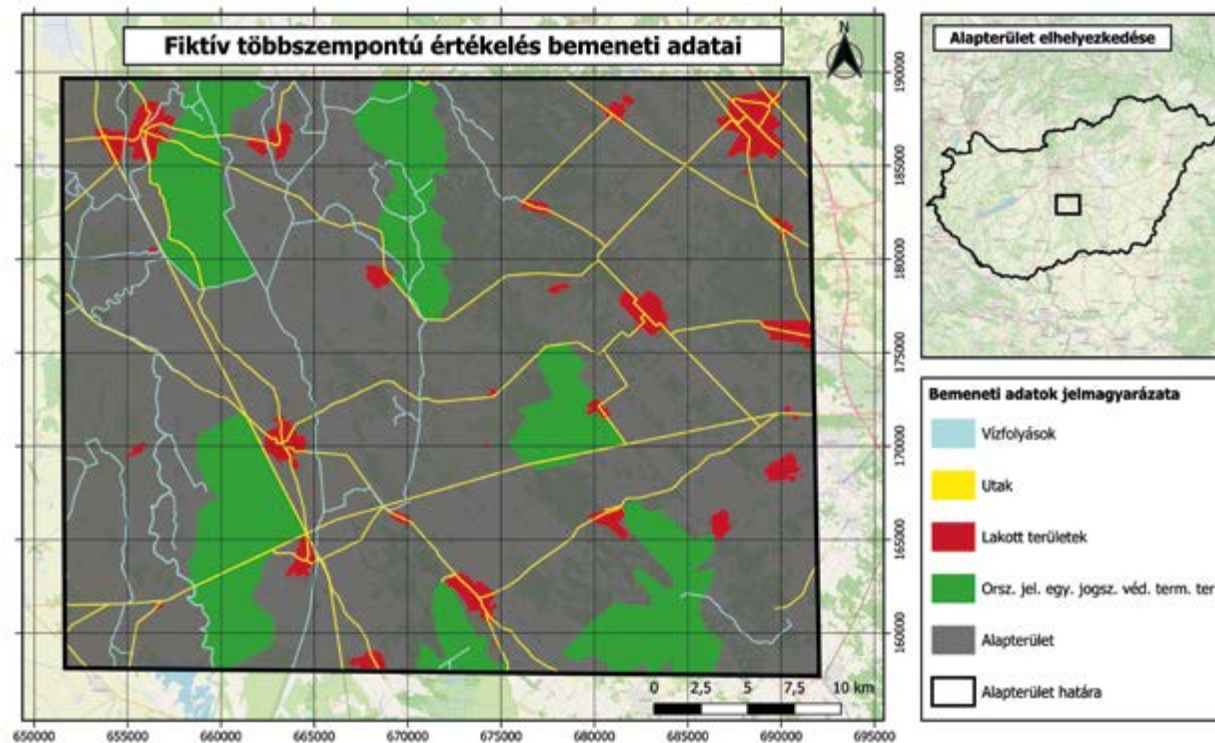
A valóságban jelen lévő hátrányos szempontok figyelembevételét a lakott területek közelségének példáján szemléltetjük. Ezen adottság hátránya sokféle módon jelentkezhethet, pl. társadalmi elfogadottsági problémák útján. A bemutatásra kerülő egyszerűsített értékelésben úgy tekintjük, hogy minél távolabb jelölünk ki telephelyet lakott területektől, annál kisebb mértékben lehet számítani kapcsolódó hátrányokra, kockázatokra.

Kizáró szempontokat a kijelölendő telephely által igényelt terület használatát, illetve az arra való építkezést jogilag vagy műszakilag ellehetetlenítő adottságok képeznek. Ilyenek többek között a vízfolyások vagy utak által elfoglalt, természeti védettséget élvező, lakott vagy túlzottan kedvezőtlen domborzati viszonyokkal rendelkező területek. A gyakorlati példában felsorolt szempontokat és a hozzájuk tartozó alkalmazott értékelési jellemzőket az alábbi táblázatban mutatjuk be:

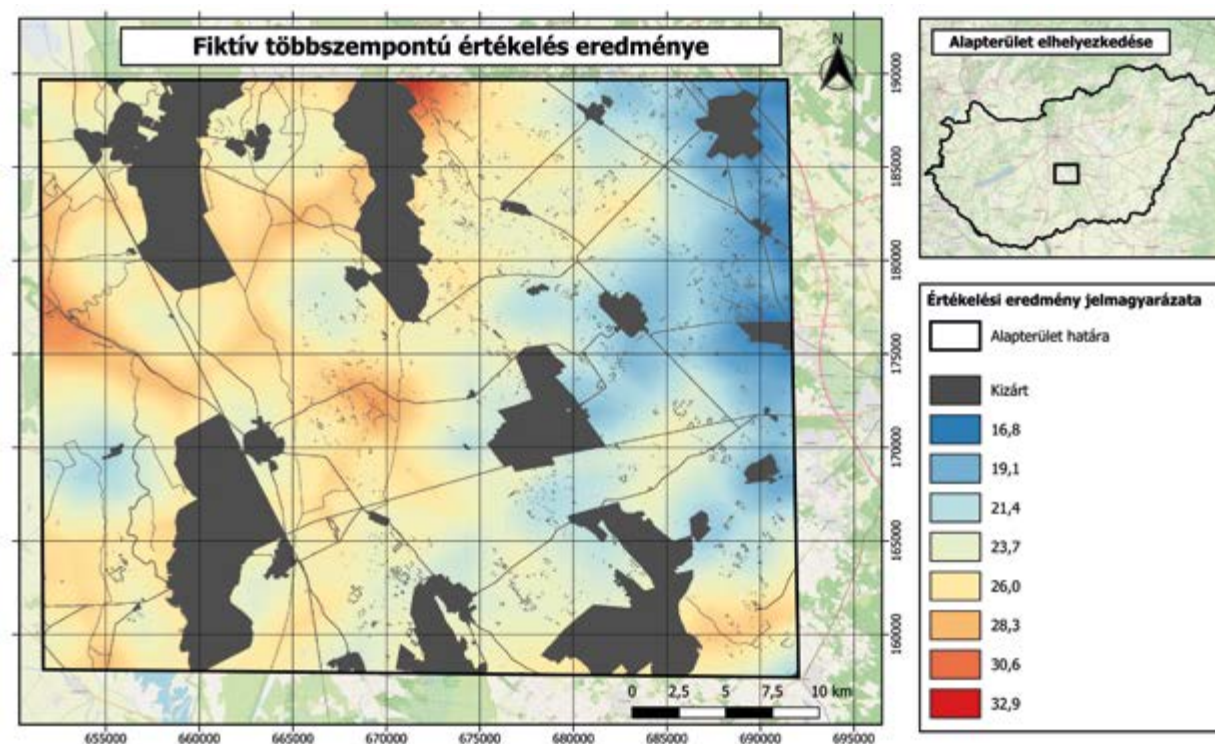
Területi adottság	Hatás	Értékelés	Súly (0-1)
Vízfolyás közelsége	Előny	$p = 20 - \frac{1}{1000} \left[\frac{1}{m} \right] \cdot d [m]$ A közvetlen szomszédság a maximális 20 pontot jelenti, ami a távolsággal lineárisan és folytonosan csökken 1 pont/km mértékben.	0,5
Út (első- és másodrendű főút, autópálya, vasút) közelsége	Előny	$p = 20 - \frac{1}{1000} \left[\frac{1}{m} \right] \cdot d [m]$ A közvetlen szomszédság a maximális 20 pontot jelenti, ami a távolsággal lineárisan és folytonosan csökken 1 pont/km mértékben.	0,75
Lakott területek közelsége	Hátrány	$p = \frac{1}{1000} \left[\frac{1}{m} \right] \cdot d [m]$ A közvetlen szomszédság a minimális 0 pontot jelenti, ami a távolsággal lineárisan és folytonosan nő 1 pont/km mértékben.	1
Vízfolyás	Kizárva		
Út	Kizárva		
Lakott terület	Kizárva		
Országos jelentőségű, egyedi jogszabállyal védett természeti terület	Kizárva		
Felszíni meredekség (min. 10°)	Kizárva		

1. táblázat: Példabeli értékelési szempontok és szabályok (p: pontszám [-], d: távolság [m])
Forrás: Saját szerkesztés

Az értékelés bemeneti adatait az 1. ábra jeleníti meg, az értékelési szabályok alapján kiszámított és összesített végeredményt pedig a 2. ábra.



1. ábra: Példabeli értékelés bemeneti adatai
Forrás: Saját szerkesztés



2. ábra: Példabeli értékelés végeredménye
Forrás: Saját szerkesztés

ÉRZÉKENYSÉGVIZSGÁLAT MINT A STRATÉGIAI RUGALMASSÁG ESZKÖZE

Egy térinformatikai modell nem statikus végeredmény, hanem dinamikus döntéstámogató eszköztár. A legtöbb GIS-szoftver általában és a példaként említett QGIS is lehetővé teszi érzékenységvizsgálatok elvégzését: a súlytényezők kismértékű módosításával, vagy újabb vizsgálati szempont hozzáadásával azonnal láthatóvá válik, hol és milyen mértékben változik az optimális helyszínek elhelyezkedése és száma. Ezáltal beazonosíthatók a legalkalmasabb helyszínek közül azok, melyek a legkevésbé érzékenyek a bemeneti adatok mérsékelt mértékű megváltozásaira. Továbbá a szoftver különböző moduljai pontos kimutatást tudnak adni arról, hogy összesen mekora és hol található területek érnek el egy meghatározott, potenciális alkalmasságot jelentő értékelési eredményt.

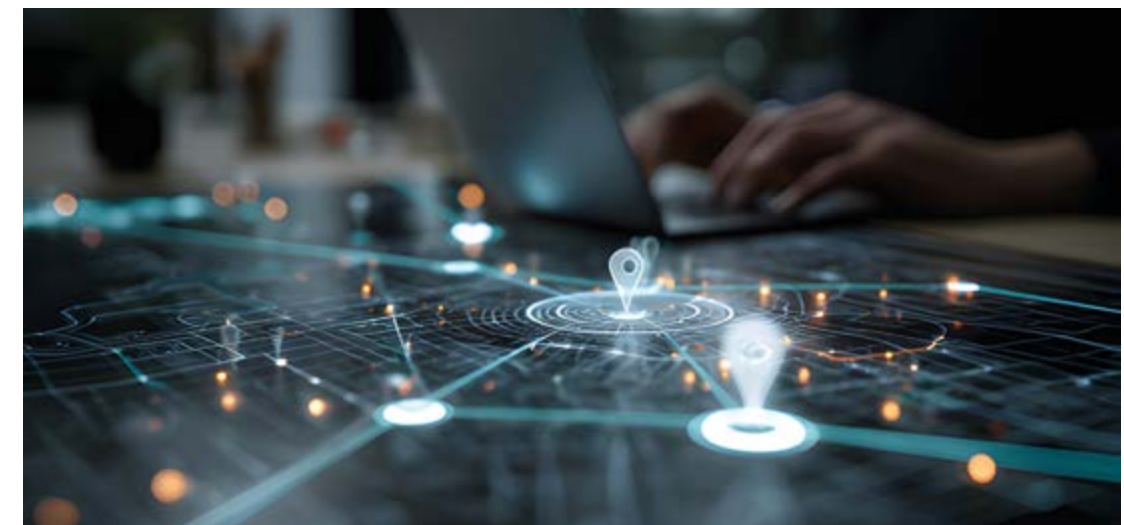
ÖSSZEGZÉS

A GIS térinformatikai szoftverek, különösen a gyakorlatban már bevált QGIS

energetikai telephelykiválasztásban való alkalmazása a stratégiai tervezés és az erőforrás-felhasználás hatékonyabbá tételének fontos eszköze lehet. Ennek tagvállalatunkban is használatos képességei, mint például a vektoros és raszteres adatok integrációja, a távolságalapú elemzések, valamint a változatos ábrázolási technikák együttesen teszik lehetővé a széleskörű szempontrendszeren alapuló, objektívítást célzó döntéstámogatást. Ezáltal megfelelő minőségű inputadatok és jól meghatározott kritériumok birtokában lehetőség nyílt a jövőbeni energetikai beruházások esetén GIS-megoldások alkalmazására.

Az MVM ERBE Zrt. hozzáadott térinformatikai tudásbázisával jelentősen nagyobb hatékonysággal valósulhat meg a tervezett létesítmények optimális helyszínének beazonosítása. A térinformatikai megközelítés révén a tagvállalatunk által hozott vagy támogatott döntések transzparenciája is fokozódhat, elősegítve az energetikai szektor hosszú távú fenntarthatósági és ellátásbiztonsági céljait.

A kép illusztráció
Forrás: Adobe stock



Fotovoltaikus erőműtípusok rövid ismertetése

Szerzők:

Kovács Gergely

villamos- és irányítástechnikai osztályvezető
MVM ERBE Zrt.

Kökény László

engedélyeztetési és megújuló csoportvezető
MVM ERBE Zrt.

Eőri Benedek Máté

gyakornok
MVM ERBE Zrt.

TÖRTÉNELMI KITEKINTÉS

Már a 19. században elindult az a gondolkodás, hogy a napenergia hasznosítását villamos energia előállítására alkalmazzák. 1839-ben Alexandre Edmond Becquerel francia fizikus felfedezte a fotovoltaikus hatást, majd az 1870-es években Willoughby Smith a szelén fényérzékenységét, ebből kiindulva Charles Fritts 1883-ban elkészítette az első napelemet. Ezek közel 1%-os hatásfokkal állítottak elő villamos energiát.^[1] A fotoelektromos hatás elméleti magyarázatát 1905-ben adta meg Albert Einstein, amiért később, 1921-ben fizikai Nobel-díjat kapott. Ez az elméleti áttörés tette lehetővé a későbbi félvezető-alapú fejlesztéseket.

A valódi áttörést az 1950-es években érték el, amikor a Bell Laboratories kutatói bemutatták az első szilícium-alapú napelemet, amelynek már 6%-os hatásfoka volt.^[2] A napelemeket kezdetben az űrtechnológiában alkalmazták, ahol a maximális hatásfok elérését tűzték ki célul annak érdekében, hogy minél több villamos energiát tudjanak vele előállítani, ennek költsége kevésbé volt lényeges. Az igazi mérföldkövet az 1958-ban pályára állított Vanguard-1 műhold jelentette, amely a világ első napelemmel felszerelt űreszköze volt. Ez a küldetés bizonyította be, hogy a napelemek képesek hosszú távon, karbantartás nélkül is megbízható energiát szolgáltatni extrém körülmények között is. Az 1960-as években a napelemek előállítási költsége kb. 100 USD/Watt volt, majd az 1973-as olajválság hatására 20 dollárra mérséklődött, ezen az árszinten már megkezdődhetett a tömeggyártása. A 20. század végétől a technológia

diverzifikálódott, a hagyományos kristályos szilícium mellett megjelentek a vékonyrétegű (amorf) napelemek is, amelyek ugyan kisebb teljesítményt nyújtottak, de olcsóbbak és rugalmasabbak voltak. A 2000-es évek környékén a hagyományos panelek ára 6-8 USD/Watt környékére apadt. A 2010-es évektől már a harmadik generációs megoldásokat, például a perovszkit cellákat fejlesztik a kutatók, melyen a jövőben tovább növelhetik a hatékonyságot, és csökkenthetik a gyártási költségeket. A legyártott és beépített napelemek száma azóta is évről évre nő, az előállítási költsége pedig folyamatosan enyhül. A napelemek – és az inverterek – technológiai fejlődésének és az előállítási költségük mérséklődésének köszönhetően a 2010-es években értünk el oda, hogy a naperőművek nagy számban elkezdhettek épülni, és a mai napig épülnek egyre nagyobb méretekben, amelynek eredményeként mostanra Magyarországon már több mint 9 GW beépített teljesítményű naperőmű létesült, világviszonylatban pedig több mint 2,5 TW. Mára a modern monokristályos napelemek beszerzési ára jóval 0,5 USD/Watt alá került, ezzel párhuzamosan a hatásfokuk 23% közelébe ért. Ennek a kettős folyamatnak az eredményeként a napenergia mára a világ egyik legolcsóbb áramforrásává vált.^{[1][2]}

NAPERŐMŰ FELÉPÍTÉSE ÉS ENERGIAÁTALAKÍTÁSI FOLYAMATA

Az ipari naperőművek többsége az országos villamosenergia-hálózatra termelő, szinkron üzemű, hálózatvezérelt rendszerek, melyek a saját villamosenergia-igényük ellátásán túl a fel nem használt energiát a közcélú hálózatba juttatják.

A naperőművekben az energia útja a közvetlen napsugárzástól kezdve több energiaátalakításon és feszültség szinten keresztül a hálózati csatlakozási pontig tart, amely során a napsugárzás energiája az országos villamos hálózat által befogadható villamos energiává alakul át.

A folyamat alapját a napelemmodulok képezik, amelyek közül az ipari projekteknél manapság legtöbbször a monokristályos technológiával készültet alkalmazzák a nagyobb hatásfokuk miatt. A napelemek a napsugárzás energiáját egyenáramú (DC) villamos energiává alakítják át. A napelem modulok – DC kábelekkel történő – soros kapcsolásával sztringeket hoznak létre. A hazánkban leginkább alkalmazott sztring inverteres kialakítás esetén a sztringek közvetlenül csatlakoznak az inverterbe párhuzamosan kapcsolva. A háromfázisú inverterek az egyenáramot háromfázisú váltakozó árammá (AC), jellemzően 800 V-os feszültségszintre alakítják át. A hatékony és nagy távolságra történő villamos energia szállításhoz ezt a feszültségszintet jelentősen meg kell emelni több lépésben. A nagyobb teljesítményű inverterek kisfeszültségű kábelekkel közvetlenül a transzformátorállomásban lévő kisfeszültségű

kapcsolóberendezéshez csatlakoznak párhuzamosan kapcsolva. Kisebb teljesítményű inverterek alkalmazása esetén kisfeszültségű gyűjtőszekrények használata is szükségessé válhat a transzformátorállomáshoz való csatlakozás előtt. Osztott elrendezésű naperőművek esetén több közép/kisfeszültségű transzformátorállomás kerül beépítésre, amelyek közép feszültségű kábelekkel egy központi kapcsolóállomásba csatlakoznak szintén párhuzamosan kapcsolva. Nagyfeszültségű hálózati csatlakozási pont esetén szükség van egy nagy/közép feszültségű transzformátorállomásra, amely a villamos energiát a hálózati csatlakozási pontnak megfelelő feszültségszintre emeli. Az így egy helyre integrált villamos energia csatlakozik az országos villamosenergia-hálózathoz.

A kapcsoló-, illetve transzformátorállomások nemcsak összegyűjtik a megtermelt villamos energiát, hanem itt kapnak helyet a védelmi és irányítástechnikai berendezések is, melyek folyamatosan felügyelik a rendszer biztonságát és stabilitását. A naperőmű termelését is távfelügyeleti rendszer koordinálja – hasonlóan a hagyományos erőművekhez – annak érdekében, hogy a villamosenergia-rendszerben a termelés

1. ábra: Naperőmű főbb szereplői és az energiaátalakítási folyamata
Forrás: Saját szerkesztés



és fogyasztás minden időpillanatban egyensúlyban legyen, és ezáltal biztosítsák a hálózat stabil működését.

Az 1. ábra egy 132 kV-os nagyfeszültségű hálózatra csatlakozó naperőmű főbb szereplőit és energiaátalakítási folyamatát mutatja be.

1. NAPELEMTÍPUSOK

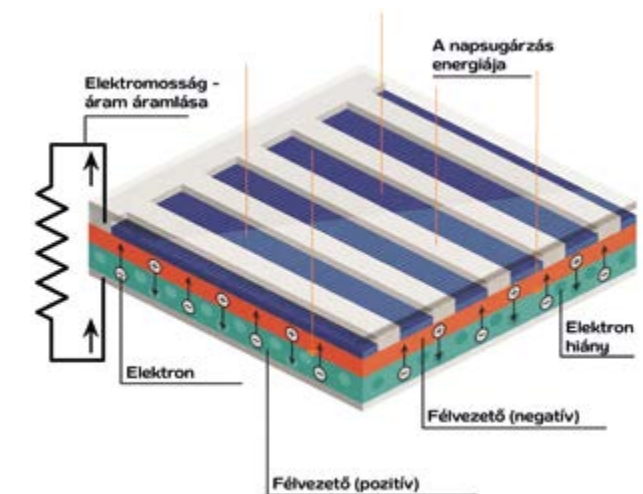
A fotovoltaiikus (PV) technológia a fényenergiát közvetlenül villamos energiává alakítja, ennek alapja a fotoelektromos hatás, mely félvezető anyagokban (pl. szilícium) megy végbe. Amikor a napfény részecskéi (fotonok) eltalálják a napelem cellát, energiát adnak át az elektronoknak, amelyek kiszabadulnak a kötésükből, így egyenáram (DC) jön létre.

A napelemek szerkezeti kialakítása kulcsfontosságú az energiahatékonyság és a környezetvédelem szempontjából is. Ahhoz, hogy maximálisan kihasználhassuk a napenergia nyújtotta lehetőségeket, folyamatosan fejleszteni kell a paneleket.

A napelem szerkezete több kulcsfontosságú rétegből áll. A legkülső réteg egy speciális, edzett üveg, amely nemcsak a mechanikai behatásoktól védi a törékeny cellákat, hanem biztosítja a fény maximális áteresztését és a minimális visszaverődést. Közvetlenül az üveg alatt és a cellák felett egy rugalmas, átlátszó ragasztóréteg, az úgynevezett beágyazó anyag található. Ez a réteg hermetikusan körbezárja a szilíciumcellákat, megvédve azokat a nedvességtől és az oxidációtól, miközben rugalmas rögzítést biztosít. A szerkezet magját maguk a szilíciumcellák alkotják, amelyek vékony fémvezetők, és ezek felelősek a napfény elektromos energiává történő

átalakításáért. Ezek a vezetők gyűjtik össze a fotonok hatására felszabaduló elektronokat, és továbbítják azokat a rendszer következő pontjára. A cellák hátoldalát egy újabb beágyazó anyagréteg, majd egy záró hátoldali lemez fedi le, amelyek a napelem villamos szigetelését és a hőleadást biztosítják, valamint védelmet nyújtanak a környezeti hatásokkal szemben.

A napelem szerkezeti rétegeit egy keret fogja össze, amely a szerkezeti stabilitást adja, és lehetővé teszi a panel rögzítését a tartószerkezethez. A panel hátoldalán található egy csatlakozódoboz, amely a villamos csatlakoztatást biztosítja.^[3]



2. ábra: Napelem működési elve
Forrás: www.aleronenergia.hu



3. ábra: Napelem szerkezete
Forrás: www.solargo.hu

A fotovoltaikus erőművek alapját a napelempanel adják, amelyek főbb típusait a következőkben ismertetjük.

1.1. Monokristályos napelem

A monokristályos napelempanel egymáshoz rögzített szilíciumrétegekből áll, és jól elkülönülő kristályszerkezetet képző cellákból épül fel. A legjobb hatásfokkal (18-23%)^[4] a monokristályos napelem bír, ugyanakkor a tájolásra és a dőlésszögre sokkal érzékenyebb. A szórt napfényt nem hasznosítja olyan jól, mint a polikristályos napelem, kis mértékben drágább is, de az egységnyi felületre vetített teljesítménye nagyobb. Napjainkban elsősorban ezt a típust alkalmazzák.

1.2. Polikristályos napelem

A polikristályos napelem gyártása jóval kevesebb energiát és időt igényel, mint a monokristályosé, így általában alacsonyabb az előállítási költsége is. Ennek a paneltípusnak a hatásfoka alig marad el az előzőekben ismertetett fajtától, ami általában 15-18%^[4]. A polikristályos napelem kevésbé érzékeny a dőlésszög és a tájolás beállításaira, mert a szórt fényt jobban hasznosítja. Hátránya, hogy a magas környezeti hőmérsékletre teljesítménycsökkenéssel reagál. A 2020-as évek elejéig ilyen típusú panelekből állt a háztartási méretű napelemes rendszerek többsége és a nagyobb erőművek is.

1.3. Vékonyrétegű napelem

A vékonyrétegű napelem gyártása merőben eltér a kristályos társaitól. Ennél a típusnál a hordozórétre gőzölik fel vékony filmréteggént a félvezető felületet. Az előállítása viszonylag rövid időt vesz igénybe.

Egyik legnagyobb előnye, hogy hajlékony, így akár domború felületeken is könnyedén telepíthető. További előnye, hogy az előzőeknél jobb a hőmérsékleti együttthatója, így a hőmérséklet növekedésével kevésbé veszít a teljesítményéből. Hatásfoka viszont elmarad a mono- és polikristályos napelemekétől, mindössze 10-16%^[4]. Alkalmazása inkább ott jellemző, ahol a hagyományos táblás napelempanel-kialakítás nem megoldható, és a különleges alkalmazhatóság, a rugalmasság, a könnyű súly vagy a szórt fényben való jó teljesítmény a fontos. Ilyenek például a homlokzatokba ágyazott napelemek vagy a kis méretű elektronikai eszközökben alkalmazott megoldások.

1.4. Hibrid napelem

A hibrid napelem igen speciális kategóriát képvisel a panelek között. Ahogy a neve is jelzi, két eljárás, technológia kerül benne ötvözésre. A hibrid napelem egyszerre működik hagyományos napelemként és napkollektorként, vagyis villamos energiát és meleg vizet is termel egyszerre. Működési elve, hogy a panelt érő napsugarak elsősorban a szilíciumrétegnek köszönhetően előállítják a villamos energiát, és ezzel párhuzamosan a panel hátuljára szerelt csőrendszerben áramló folyadék a panel passzív felmelegedését hasznosítja. Az áramló folyadék emellett hűti is a panelt, amely így nem melegszik túl, és stabil marad a teljesítménye.^[5]

2. TARTÓSZERKEZET-TÍPUSOK

A naperőművek egyik meghatározója a napelempanel tartószerkezete, mivel annak minősége és típusa nagyban meghatározza a naperőmű beruházási költségét, karbantartási igényét, éves energiatermelését és élettartamát.

2.1. Fix telepítésű tartószerkezet

A legelterjedtebb és leggazdaságosabb megoldás a fix telepítésű tartószerkezet, ahol egy állandó, meghatározott dőlésszögben rögzítik a napelemeket. Magyarországon déli tájolás esetén a napelem dőlésszög a legoptimálisabb esetben 35°, azonban a tervezési tevékenységünk során ettől gyakran eltérünk lefelé irányban (pl. 30° vagy 25°) a helykihasználás növelése érdekében, amely nem okoz jelentős termelt villamosenergia-csökkenést. A tartószerkezet műszaki meghibásodásának valószínűsége a legkisebb, mivel mozgó és elektronikus részeket nem tartalmaz, emellett a beruházási költsége a legalacsonyabb az itt felsorolt három tartószerkezeti típus közül.

2.2. Egyirányban forgató (egytengetyes) tartószerkezet

A naperőmű-hatékonyság növelésére fejlesztették ki a napkövető

rendszereket, melyek közül a legnépszerűbb az egyirányban forgató napkövető szerkezet. A napelemeket egy síkban helyezik el a tartószerkezeten, amely tartószerkezetre alulról észak-dél irányú forgató tengelyt szerelnek. A vezérlő elektronikával ellátott motoros hajtás ezen tengely mentén kelet-nyugati irányban tudja forgatni a paneleket a napot követve. Így a reggeli és a délutáni órákban is jobb hatásfokkal dolgozhatnak a panelek, mert kedvezőbb szögben érik a napsugarak a napelem felületét. A déli csúcstermelés alacsonyabb a fix telepítésű változathoz képest, de a magas termelési szint hosszabb ideig tart, így kedvezőbb a napi termelés eloszlása. A tartószerkezet hátránya, hogy a létesítése 10-20%-kal költségesebb a fix telepítésű tartószerkezethez képest^[6], továbbá magasabb az üzemeltetési és karbantartási költsége, illetve a meghibásodás valószínűsége is a mozgó részek miatt.

Egyirányban forgató (egytengetyes) tartószerkezet
Fotó: KSI Solar



2.3. Kétirányban forgatós (két-tengelyes) tartószerkezet

A napelempanelék legjobb kihasználtságát a kétirányban forgatós napkövetős rendszerek adják. Ez a berendezés két tengely mentén forog, vízszintesen és függőlegesen. Ez lehetővé teszi, hogy a nap járását úgy kövesse, hogy mindig a legpontosabban merőleges legyen a beérkező napsugarakra. Annak ellenére, hogy ez a tartószerkezet rendelkezik a legnagyobb hatásfokkal, kevésbé elterjedt az alkalmazása, mivel jelentős a beruházási költségigénye, folyamatos a karbantartás igénye és nagy a kockázata a mozgó alkatrészek kopásának és meghibásodásának.^[7]



Kétirányban forgatós (két-tengelyes) tartószerkezet
Fotó: Wikimedia Commons

3. EGYEDI MEGOLDÁSOK: INNOVATÍV ÉS KÜLÖNLEGES MEGOLDÁSOK A NAPENERGIA HASZNOSÍTÁSÁBAN

A napenergia villamosenergia-termelés célú felhasználása már nemcsak a háztetőkön, szántóföldeken és ipari létesítményekben elhelyezett rendszerekkel lehetséges, hanem a környezetbe

különböző módokon integrálással is az optimalizálás érdekében. Ezek még nem terjedtek el nagy számban az egyedi megvalósítási feltételek miatt, továbbá többnyire olyan megoldásokról van szó, amelyek jelenleg még a tapasztalatszerzés fázisában vannak.

3.1. Agráriumban alkalmazott megoldások

A mezőgazdaságban az agrofotovoltaikus (Agri-PV) rendszerek említhetők, melyek lehetővé teszik, hogy egy helyen egyszerre élelmiszertermelés és áramtermelés is megvalósuljon. A speciális, megemelt tartószerkezetek alatt a mezőgazdasági gépek el tudják

végezni a szükséges feladatokat, miközben a napelempanelék részleges árnyékolást biztosítanak.

Ez a mikroklíma csökkenti a talaj párolgását, megvédi a növényeket a hőhullámoktól vagy a jégesőtől, sőt, bizonyos fajtáknál még a hozamot is növelheti. Az állattenyésztésben a napelemek árnyékot adnak a legelő jószágoknak, a megtermelt energia pedig közvetlenül

fedezheti az istállók hűtését vagy a vízellátó szivattyúk működtetését. Az Agri-PV így egyszerre növeli a gazdaságok versenyképességét, és segíti a klímaváltozás elleni küzdelmet.^[8]



Agráriumban alkalmazott megoldások
Fotó: Illusztráció

3.2. Parkolóknál alkalmazott megoldások

A napelemes rendszerrel felszerelt autóparkolók (Solar Carport) a városfejlesztés egyik legpraktikusabb megoldását jelentik, mivel a parkolóhelyek feletti üres légteret használja ki energiatermelésre. Árnyékot, UV-sugárzás és időjárási viszontagságok (jégeső) elleni védelmet nyújt az autóknak, miközben a tetőn lévő panelek folyamatosan termelhetik az energiát.



Parkolóknál alkalmazott megoldás
Fotó: Adobe Stock

Az átalakított villamos energiát a helyszínen az autók töltésére és az épületek működtetésére fordíthatják. Ez a megoldás nemcsak csökkenti a vállalkozások rezsiköltségeit, hanem látványosan hirdeti az adott intézmény környezettudatosságát is.^[9]

3.3. Függőleges napelemek alkalmazása

A napelemek innovatív elhelyezési formája a függőleges telepítés, mely kivitelezése a kétoldalú (bifaciális) napelem-technológián alapul. Ezek a napelemek mindkét oldalukon képesek elnyelni a fényt és ebből villamos energiát termelni.



Függőleges napelemek alkalmazása
Fotó: Wikipedia

A technológia előnye az egyedi termelési görbe: míg a hagyományos napelemek délelőttben érik el csúcsteljesítményüket, a függőleges panelek a reggeli és a délutáni órákban termelnek kiemelkedően sokat. Ez különösen értékes a hálózat számára, hiszen pont akkor biztosít energiát, amikor a lakossági igények a legmagasabbak.

További előnyük, hogy kevésbé hajlamosak a túlmelegedésre a jobb légáramlás miatt, és a téli időszakban a környező felületekről (például óról) visszaverődő fényt, az úgynevezett Albedo-hatást is kiválóan hasznosítják. Mivel függőlegesek, a por és a hó sem tapad meg rajtuk, így karbantartási igényük általában alacsonyabb. A függőleges kétoldalú napelem költsége jelentősen magasabb a hagyományos napelemekéhez képest, így egyelőre nem terjedt el nagy számban, inkább ott alkalmazzák, ahol a speciális függőleges elhelyezés előnyt jelent. Telepítése történhet erkélyre, kerítésre vagy házfalakra szerelve, de különleges megoldások is elképzelhetők, mint a képen is látható Agri-PV kialakítás.^{[10][11]}

3.4. Napelemes tetőcserép alkalmazása

A lakossági megoldások közül az egyik érdekes fejlesztés a napelemes tetőcserép, amivel elkerülhető, hogy a tetőre külön napelemtáblákat kelljen szerelni. Itt maga a cserép funkcionál napelemként, így a technológia szinte láthatatlanul simul bele a ház szerkezetébe. Ez a megoldás különösen népszerű a műemlékvédelem alatt álló épületeknél vagy a modern, letisztult házaknál, ahol a hagyományos panelek sokat rontanának az épület megjelenésén.

Bár a rendszer telepítése a darabonkénti kábelezés és a speciális rögzítések miatt időigényesebb és drágább, mint a klaszikus táblás megoldásoké, a napelemes cserép teljes értékű védelmet nyújt az időjárás ellen, miközben még termeli is az áramot. Nagy előnye a rugalmasság: a tető bármelyik része energiatermelő felületté alakítható át anélkül, hogy megváltozna a ház eredeti karaktere.^[12]



Napelemes tetőcserép alkalmazása
Fotó: Wikimedia Commons

3.5. Úszó és lebegő naperőművek

A napenergia hasznosításának egyik újabb és látványos iránya a napelemek vízfelületre történő telepítése, az úszó, illetve lebegő naperőművek. Bár a köznyelvben gyakran szinonimaként használják ezeket az elnevezéseket, azonban van egy apró különbség a kettő között: az úszó naperőművek esetében a panelek közvetlenül a vízben úszó pontonokon helyezkednek el, míg a lebegő naperőműveknél a szerkezetet gyakran speciális tartórendszer vagy feszített kábelek emelik el kissé a víz felszínétől.



Úszó naperőmű
Fotó: Wikipedia

Ennek a technológiának az egyik legnagyobb előnye, hogy nem foglal értékes szárazföldi területet, így ideális megoldás olyan helyeken, ahol kevés a szabad földterület. A víz közelsége

természetes hűtést biztosít a paneleknek, ami megakadályozza a cellák túlmelegedését, és ezzel javítja a hatékonyságukat. Emellett a panelek árnyékolják a vizet, ami csökkenti a párolgást és gátolja az algásodást, ami a víztározók esetében külön környezetvédelmi előnyt jelent.

A technológia egyik legjelentősebb példája a kínai Shuangtan-tavon valósult meg. Ez a létesítmény több mint 120 ezer napelempanelből áll, amelyeket egy korábbi bányászati terület előtöltött tavára telepítettek. A projekt jól mutatja, hogyan lehet a korábban használhatatlannak hitt vízfelületeket modern energiatermelő központokká alakítani. A legfrissebb fejlesztések pedig már a függőleges úszó panelekkel kísérleteznek, amelyek a vízfelszínről visszaverődő fényt is hasznosítják, és jobban ellenállnak az időjárási viszontagságoknak.^{[13][14]}

Shuangtan-taván lebegő naperőmű
Fotó: Magyar Napelem Napkollektor Szövetség



3.6. Magaslati alkalmazás, az AlpinSolar projekt

Egy példa a különleges helyszínről naperőművekre a svájci Alpokban található AlpinSolar. Ez a rendszer nagy magasságban, 2500 méteren épült meg, és a már meglévő duzzasztógát déli falára szerelték fel a napelemeket. A kis helyigényen túl számos előnye van a magaslati telepítésnek, amely mind a termelt villamos energia mennyiségét növeli: kevésbé gyakori a köd, a hó visszaveri a napsugarakat, hidegben jobb a panelek hatásfoka. A duzzasztógát meglévő villamos hálózati csatlakozása alkalmas volt a naperőmű csatlakoztatásához is. A naperőmű üzembe helyezésével egy kutatási projekt is elindult a különböző napelempanelek tesztelésére, különböző dőlésszögek összehasonlítására, valamint a szél- és hőterhelési adatok gyűjtésére, amelyek alapul szolgálhatnak a jövőbeli naperőművekhez az alpesi régiókban. Hátrányaként említhető az egyedi tartószerkezet szükségessége, a megközelíthetőség és a karbantarthatóság.^[15]



FELHASZNÁLT FORRÁSOK:

- ^[1] Wikipédia (2025): Napelem. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Napelem> (Letöltés dátuma: 2026. 02. 21.)
- ^[2] Alternatív Energia.hu (2024): Ki találta fel a napelemet? Mikor készült az első? <https://alternativenergia.hu/ki-talalta-fel-a-napelemet-mikor-keszult-el-az-elso> (Letöltés dátuma: 2026. 02. 21.)
- ^[3] SOLARGO <https://solargo.hu/napelem-szerkezete> (Letöltés dátuma: 2026. 03. 17.)
- ^[4] ST SOLAR (2025): ST Solar. <https://stnapelem.hu/melyik-napelem-a-legjobb> (Letöltés dátuma: 2026. 03. 13.)
- ^[5] Eu-Solar (2021): Napelemfajták bemutatása és összehasonlítása. Napelemfajták bemutatása és összehasonlítása - EU-SOLAR SE (Letöltés dátuma: 2026. 02. 21.)
- ^[6] PVCASE (2026): Tracking solar panels vs fixed: How to choose the right mounting system for ground-mounted PV projects. <https://pvcase.com/blog/fixed-tilt-vs-tracker-system-comparison-for-ground-mounted-pv-systems> (Letöltés dátuma: 2026. 03. 17.)
- ^[7] Magyar Napelem Napkollektor Szövetség (2020): Napelem tartószerkezet típusok. <https://www.mnnsz.hu/napelem-tartoszerkezet-tipusok> (Letöltés dátuma: 2026. 02. 27.)
- ^[8] Magyar Napelem Napkollektor Szövetség (2025): Napelemek a mezőgazdaságban: a jövő fenntartható útja a természetben. <https://www.mnnsz.hu/napelemek-a-mezogazdasagban-a-jovo-fenntarthato-utja-a-termesztesben> (Letöltés dátuma: 2026. 02. 25.)
- ^[9] Solar Napelem Nagyker : Napelemes autóparkoló. <https://solarnapelemnagyker.hu/napelemes-auto-parkolo> (Letöltés dátuma: 2026. 02. 25.)
- ^[10] Villanyautósok (2024): A vártnál többet termelnek a függőleges napelemek, most az is kiderült, hogy miért. <https://villanyautosok.hu/2024/09/01/a-varnal-tobbet-termelnek-a-fuggoleges-napelemek-most-az-is-kiderult-hogy-miert> (Letöltés dátuma: 2026. 02. 23.)
- ^[11] Villanyautósok (2026): Megéri függőlegesen telepíteni a napelemeket? Egy tulajdonos számolt be a tapasztalatairól. <https://villanyautosok.hu/2026/01/18/megeri-fuggolegesen-telepiteni-a-napelemeket-egy-tulajdonos-szamolt-be-a-tapasztalatairol> (Letöltés dátuma: 2026. 02. 23.)
- ^[12] Solar Kit (2024): Napelemes tetőcserep, avagy cserep helyett napelem? <https://solar-kit.hu/napelemes-tetocserrep-avagy-cserep-helyett-napelem> (Letöltés dátuma: 2026. 02. 23.)
- ^[13] Interesting Engineering (2025): 'World's first' vertical floating solar power plant commissioned in Germany. <https://interestingengineering.com/energy/worlds-first-vertical-floating-solar-power-plant> (Letöltés dátuma: 2026. 02. 27.)
- ^[14] Magyar Napelem Napkollektor Szövetség (2025): Lebegő naperómű Kínában: a jövő energiája Shuangtan-taván. <https://www.mnnsz.hu/lebego-naperomu-kinaban-a-jovo-energiaja-shuangtan-tavan> (Letöltés dátuma: 2026. 02. 27.)
- ^[15] Axpo (2023): AlpinSolar im Überblick. <https://www.axpo.com/ch/de/energy/generation-and-distribution/solar-power/alpinsolar.html> (Letöltés dátuma: 2026. 02. 23.)

TUDOMÁNY. ÉRTÜNK

Kövesd az Atomenergetikai Múzeumot, és légy részese az interaktív élményeknek!



atomenergetikai
múzeum



Paksi
Atomerőmű



Atom-biztos jövő

Atommal vagy nélküle? Szükséges rossz vagy a jövő záloga? Ez a kérdés régóta megosztja a mérnököket, a döntéshozókat és a társadalmat, miközben az energiaigény folyamatosan és jelentősen növekszik. Az atomenergia szükségességéről, fejlődési lehetőségeiről és társadalmi megítéléséről a zürichi születésű, de magyar származású nemzetközi szakértővel, Matthias Horvath atomfizikussal és reaktormérnökkel beszélgettünk.

Szerző:
Csohány Domitilla
szerkesztő

Tökéletesen beszél magyarul, pedig Svájcban született. Mesélne a családjáról és a gyökereiről?

Szüleim magyar származásúak, apám 1956-ban menekült Svájcba, édesanyám 1969-ben hagyta el Magyarországot. Itt ismerkedtek meg, én pedig 1974-ben már Svájcban születtem. Otthon kizárólag magyarul beszéltünk. Gyerekkoromban a nyarakat a Balatonnál töltöttem, mert nagyanyámnak Balatonalmádi közelében volt nyaralója, és nagyon szerettem ott lenni. A családom múltja mindig nagyon fontos volt számomra, ezért 2003-ban a magyar állampolgárságot is igényeltem.

Svájcra elsősre mindenkinek a gyönyörű táj, a természet, a hatalmas hegyek és gleccserek jutnak eszébe, sokan nem is tudják, hogy atomerőművek is működnek ott.

A kettő egyáltalán nem zárja ki egymást. Svájc bruttó villamosenergia-termelésében 2024-ben a nukleáris energia aránya 30,7%, a vízenergia 63,2%, a termikus erőművi termelés 4,6%, a napenergia 7,8%, a szélenergia pedig 0,3% volt.

Az atomenergiának évtizedeken át nagyon rossz volt a társadalmi megítélése, pedig nélkülözhetetlen része az ellátásnak. Fiatalabb koromban én magam is sokáig elleneztem, részben személyes élmény miatt. Az 1986-os csernobili baleset után azon a nyáron nem mentünk a Balatonra, ami gyerekként mélyen megérintett. Később, amikor az egyetemen fizikát kezdtem tanulni, ez is hozzájárult ahhoz, hogy jobban meg akarjam érteni a nukleáris energiát. Minél többet tanultam róla, annál inkább váltam az ellenzóből támogatóvá.



Ez végül nemcsak érdeklődési terület, hanem hivatás lett. Mivel foglalkozott, és mivel foglalkozik ma?

Fizikát tanultam az ETH Zürichben, majd az ETH-n és a Paul Scherrer Intézetben szereztem doktori fokozatot nukleáris tüzelőanyagokkal foglalkozó analitikai kémiából. A PSI-n sugárvédelmi szakértői képesítést is szereztem, emellett az Egyesült Államokban, a RETAQS program keretében a forralóvízes reaktorokra (BWR) vonatkozó reaktormérnöki minősítést is megszereztem.

Pályám elején négy évet töltöttem Spanyolországban, ahol az ENUSA-nál, a nukleáris fűtőelemgyártónál terveztem fűtőelemcseréket. Ezt követően visszatértem Svájcba, és több mint hat és fél éven át a BKW AG alkalmazásában álltam, a Mühleberg Atomerőműben dolgoztam reaktorfizikusként és reaktormérnökként egészen röviddel az erőmű 2019 végén történt végleges leállításáig. Azóta az Alpiq-nál dolgozom

projektmenedzserként a Gösgeni Atomerőműben. Az évek során dolgoztam laboratóriumokban radioaktív mintákkal, kutatás-fejlesztési és mérnöki területen, erőmű-üzemeltetésben, sugárvédelmi és biztonsági elemzésekben, valamint vészhelyzeti felkészítésben és reagálásban is. A hadseregben jelenleg is tagja vagyok egy olyan polgári védelmi egységnek, amely nukleáris baleseti forgatókönyvek hatásait modellezi a lakosság védelme érdekében. Részt veszek nemzeti és nemzetközi szabályozó testületek munkájában is. Az elmúlt három évben a Gösgeni Atomerőmű kirendelt képviselőjeként dolgoztam a Nukleáris Üzemeltetők Világszervezeténél (WANO), ez a megbízatás 2026 áprilisában járt le. 2019 és 2023 között a Svájci Nukleáris Társaság elnöke voltam.

És ez a felsorolás nem is teljes körű. Ezek alapján joggal mondhatjuk, hogy szinte minden oldalról ismeri az iparágat. Hogyan látja ma az atomenergia helyzetét? Van, ahol nélkülözhetetlenek tartják, máshol viszont már kivezették.

Az egyik ilyen ország a mi északi szomszédunk, és ennek a következményeit mi is nagyon közvetlenül érezzük. Természetesen minden ország szuverén döntését tiszteletben kell tartani. Ugyanakkor kockázatosnak tartom az ilyen lépéseket, ha az adott ország a kieső kapacitást nem pótolja előzetesen egy másik, megbízható energiaforrással. Hadd hozzak egy konkrét példát. Amikor Németország 2023-ban leállította az utolsó atomerőművét, a következő évben közel 20 TWh villamos energiát importált Franciaországból. Korábban gyakran exportőr volt, mára viszont egyértelműen importőrre vált. A 2000-es évek elején a hálózat stabilitásának fenntartásához évente

pár száz beavatkozásra volt szükség az 50 Hz-es frekvencia megőrzése érdekében. Az is fontos, hogy a túl sok beavatkozás ugyanúgy veszélyes lehet, hiszen akár rendszerleálláshoz is vezethet – erre láttunk példát a közelmúltban Spanyolországban. Az elmúlt években azonban Németországban jelentősen megnövekedett a technológiai beavatkozások száma a hálózat stabilan tartásának érdekében, 2024-ben közel 20 000 ilyen eset volt (hózzávetőlegesen napi 55). Ez jól mutatja, milyen feszültségeket okozhat a rendszerben egy ilyen mértékű átalakítás.

Európában egyáltalán elképzelhető stabil energiaellátás atomenergia nélkül?

Amikor a megújulók kiesnek – a legkézenfekvőbb példa a napenergia éjszakai hiánya –, akkor szükség van egy másik megoldásra.

Nem vagyok a megújuló energiaforrások ellen. Ugyanakkor el kell ismernünk, hogy a megújulók nem állnak rendelkezésre az év minden napján, a nap 24 órájában.

Ma már rengeteg családi ház rendelkezik napelemes rendszerrel, amelyek betáplálnak a hálózatba, de még ha nyáron többlet is keletkezik, azt nem tudjuk egyszerűen eltárolni télre. Közép-Európában a téli napenergia-termelés körülbelül huszadrésze

a nyárinak. Nyáron viszont – mivel a jogszabályok előírják a megújuló energia kötelező betáplálását – előfordult, hogy a hálózatot korlátozni kellett, vagy a felesleges villamos energiát negatív áron voltak kénytelenek értékesíteni. Svájc ebből a szempontból kedvező helyzetben van, hiszen rendelkezünk vízerőművekkel és hegyvidéki tározókkal. A szivattyús energiátárolóink körülbelül 2 GW teljesítmény biztosítására képesek, ami hózzávetőlegesen a paksi atomerőmű teljesítményének felel meg, a tárolókapacitásuk azonban csupán körülbelül egy napra elegendő. De mi történik akkor, ha több héten át ködös az idő és szinte nincs szél? Ilyenkor honnan érkezik az áram? Svájc sem lehet Európa akkumulátora, hiszen a tározókapacitásunknak is vannak korlátai. Jelenleg sem Svájcban, sem Európában nem létezik nagy léptékű, szezonális energiátárolási megoldás.

Kiszoríthatják a megújulók az atomenergiát az energiamixből?

Meggyőződésem, hogy a diverzifikáció elengedhetetlen. A monokultúrák soha nem működtek – erre a történelem számos példát szolgáltat.

Egy kiegyensúlyozott energiarendszerre van szükség, amelyben az atomenergia és a megújuló energiaforrások egyaránt helyet kapnak.

Emellett figyelembe kell venni az egyes országok természeti adottságait is. Svájc hegyvidéki ország, gleccserekkel és víztározókkal; Spanyolország kiváló

adottságokkal rendelkezik a napenergia hasznosításához. De még ott sem lehet kizárólag a napenergiára építeni. A jövőben a fosszilis energiaforrásoknak is marad bizonyos szerepük, például a gyorsan indítható és leállítható, rugalmas gázerőművek formájában. Ennek azonban ára van. Az összképben tehát az atomenergiának továbbra is fontos szerepe van. Az Európai Unióban az áramtermelés mintegy 25-30%-a ma is nukleáris alapú, miközben tudjuk, hogy a társadalom energiaigénye folyamatosan növekszik – ezt a többletet valahonnan elő kell állítani.

A közvélemény atomellenességét gyakran a biztonsági aggályok táplálják. Csernobil máig élénken él az emberek fejében, és később ott volt Fukusima is.

Minden új technológia erős társadalmi kritikát vált ki, ami bizonyos szempontból érthető is. Gondoljunk csak a modern orvoslásra: a középkorban a tudományos alapú gyógyítást és a műtétet tiltották, sőt üldözték. A radioaktivitástól való félelem különösen erős, mert ez egy olyan jelenség, amely közvetlenül nem érzékelhető az emberi érzékszervekkel. Hasonló volt a helyzet a 19. században az elektromossággal is. A saját dédnagymamám sem hitt benne. Bizonyos fokú egészséges szkepticizmus minden esetben szükséges, de az irracionális félelem nem segít. Ugyanakkor a biztonság kérdését soha nem szabad elbagatelizálni – én magam sem teszem.

Lehet még tovább fejleszteni az atomerőművek biztonságát? Ha igen, hogyan? A WANO rendszereiben új ajánlásokat fogalmaz meg.

A természettudományban és a technológiában nem létezik sem 0%, sem

100%. Repülőgépek is lezuhannak, mégis emberek milliói utaznak nap mint nap. Az atomenergiában is ugyanaz a célunk, a lehető legközelebb kerülni a 100%-os biztonsághoz. Ha azonban Csernobilra vagy Fukusimára tekintünk, mindkét esetben szerepet játszott az emberi tényező – még akkor is, ha az érintettek rendkívül nehéz körülmények között dolgoztak. Minél jobban képezzük az embereket, és minél alaposabban készítjük fel őket az ilyen helyzetekre, annál kisebb az emberi hiba kockázata. A WANO keretében rengeteg tapasztalatot szereztem ezen a téren, és a feladatom most az, hogy a különböző országokban látott jó gyakorlatokat átültessem a göszeni erőmű működésébe. Nincs egyetlen tökéletes modell, de a cél közös: biztonságosan és megbízhatóan energiát termelni a társadalom számára.

A másik nagyon fontos eszköz, amin javítanunk kell, az a kommunikáció. Ez az egyik legnagyobb mulasztása az iparágaknak. A nukleáris szektor évtizedeken keresztül elhanyagolta megfelelően elmagyarázni a társadalomnak, mi is az atomenergia, és mennyire biztonságos valójában. Ezt az ellenzők nagyon hatékonyan használták ki. Ezért nekünk

most ki kell jönnünk a csigaházunkból, és aktívabban kell kommunikálnunk. Az atomenergia nem ördögtől való.

Én ezt helyi szinten már korábban is elkezdtem: a PSI Hotlabjában és a Mühleberg Atomerőműben is részt vettem látogatások vezetésében. Csoportokat fogadtunk, önkéntes kollégák mutatták be az

erőmű működését, és részletes magyarázatot adtak az ott zajló munkáról.

A környezetvédelem és különösen a radioaktív hulladék kérdése szintén kulcsszerepet játszik a megítélésben. Fenntarthatósági szempontból mit hozhat a jövő?

Amikor Spanyolországban dolgoztam, soha nem neveztük az elhasznált fűtőelemeket „hulladéknak”, mert elvileg nem azok. Az új generációs reaktorok ebben kulcsszerepet játszhatnak: képesek arra, hogy az elhasznált fűtőanyagból további energiát nyerjenek ki, ezáltal a visszamaradó tömeg tovább csökken. Már most is rendkívül kis mennyiségről beszélünk, ami közvetlenül összefügg az atomenergia rendkívül nagy energiasűrűségével – ez nagyságrendileg egymilliószor nagyobb, mint a fosszilis energiahordozóké. A IV. generációs reaktorok esetében a visszamaradó anyag veszélyessége is jelentősen csökkenthető lenne, még a plutónium veszélyességi időtartama is számottevően lerövidíthető, miközben az anyag továbbra is hasznosítható marad energiatermelésre. Franciaország például újrafeldolgozással hozzávetőlegesen harmadára csökkenti a nagy aktivitású hulladék mennyiségét.

Finnországban nemrég helyezték üzembe a világ első hosszú távú mélygeológiai radioaktív hulladék-tárolóját, az Onkalót. Svédország jelenleg épít egy hasonló létesítményt, és Svájcban is már ismert a tervezett tároló helyszíne. A skandináv országok kiválóan kezelik a társadalmi kommunikációt is – ott a lakosság döntő többsége elfogadja az atomenergia szükségességét. Ebben sokat tanulunk tőlük.

Mit lehet tenni azért, hogy ezt a kérdést a jövőben jobban kezeljük?

A technológia természetesen tovább fog fejlődni, de legalább ilyen fontos, hogy biztosítsuk a kutatás feltételeit is. Még azok az országok sem követhetik el azt a hibát, amelyek kritikusak az atomenergiával szemben, hogy betiltják a kutatást. A már meglévő radioaktív anyag itt van, és ezzel kezdenünk kell valamit – függetlenül attól, hogy a jövőben milyen energiapolitikai irányt választunk. Radioaktív hulladék nemcsak az energetikában keletkezik. A tudományos kutatásban – például a CERN-ben – és az egészségügyben, az orvosi diagnosztikában és terápiában is keletkeznek ilyen anyagok. Ezekkel is foglalkozni kell. Néha, főként a német nyelvterületen, hallani olyan véleményeket, hogy kutatás csak akkor folytatható, ha ezek a tevékenységek teljesen megszűnnek. Ezt a gondolatmenetet én kategorikusan elutasítom. Ez nem konstruktív megközelítés.

Milyen technológiai fejlődést lát a következő években? Sok szó esik az SMR-ekről. Valóban ekkora jelentőségük lesz, vagy inkább túlértékeltek?

Mindig vannak olyan technológiák, amelyek éppen divatosak. A kis moduláris reaktoroknak, azaz

az SMR-eknek meglesz a maguk helye, de nem fogják leváltani a nagy atomerőműveket.

A diverzifikáció a nukleáris technológián belül is kulcsfontosságú. Kína erre nagyon jó példa: párhuzamosan épít nagy teljesítményű reaktorokat, SMR-eket és IV. generációs reaktorokat is

– sőt, az első működő IV. generációs erőművet, a HTR-PM-et is ők valósították meg. Egy erőmű teljesítményét nem lehet a végtelenségig növelni; nagyjából 1,5–2 GW környékén már elérjük a gyakorlati határokat. Ma már az egyik legfontosabb szempont a rugalmasság. Az atomerőműveknek egyre inkább képesnek kell lenniük követni a terhelést, ahogyan azt Franciaországban már most is teszik. Az SMR-eket eleve ilyen üzemmódra tervezik. A IV. generációs reaktorok nemcsak villamos energiát termelnek majd. Alkalmasak lehetnek például hidrogén előállítására nagy hőmérsékletű technológiai folyamatok révén, és a vegyipar is hasznosítani tudja az általuk biztosított magas hőmérsékletet. Ez új távlatokat nyit az atomenergia ipari alkalmazásában.

Mit tanácsolna a fiataloknak, különösen a pályakezdő mérnököknek?

A legfontosabb, hogy maradjanak kíváncsiak. Gondolkodjanak kritikusan, őrizték meg a szellemi nyitottságukat, tegyenek fel kérdéseket, és néznek utána dolgoknak saját maguk is. Fontosnak tartom azt is, hogy ne csináljunk ebből generációs konfliktust. Tanulnunk kell az idősebbektől, miközben azt is meg kell vizsgálnunk, mit lehetne jobban csinálni. Az eredményekért dolgozni kell – méghozzá sokat. Útközben hibázni fogunk, ez elkerülhetetlen, de mindig a lehető legjobb megoldásra kell törekednünk. Végző soron azok jutnak előre, akik kitartóak és szorgalmasak. És soha nem szabad szem elől téveszteni az önkritikát sem. Én magam mindig kritikus vagyok – saját magammal szemben is.

Az MVM Csoport hírei

2026. 1. félév

Hibrid erőmű a Bakonyban: Az MVM Balance akkumulátoros energiatárolót épít Ajkán

61,46 MW névleges teljesítményű és 79,67 MWh névleges kapacitású akkumulátoros energiatároló létesül

Az MVM Csoport a fenntartható és innovatív energetikai megoldások iránti elkötelezettségének megfelelően az MVM Balance Zrt. Ajka iparterületén található Bakonyi Gázturbinás Erőművét 61,46 MW névleges teljesítményű és 79,67 MWh névleges kapacitású akkumulátoros energiatároló egységgel bővíti. A projekt Magyarországon elsőként valósítja meg ipari méretű villamosenergia-tároló rendszer és gázturbinás erőmű teljes körű összehangolását, ezzel létrehozva egy környezetbarát hibrid erőművet.

A beruházás tervezett összköltsége 13,629 Mrd Ft, amelyhez Magyarország Helyreállítási és Ellenállóképességi Terve a „Hálózati energiatárolók telepítése energiapiaci szereplőknél” program keretében, az Európai Unió finanszírozásában, előreláthatólag 2,4 Mrd Ft vissza nem térítendő támogatással járul hozzá.

Az energiatároló beépítésével lehetővé válik a megújuló energiaforrások nagyobb arányú integrációja a villamosenergia-hálózatba, csökkentve ezzel a fosszilis energiahordozók felhasználását és a szén-dioxid-kibocsátást. Az új hibrid erőmű néhány másodpercen

belül képes a névleges teljesítményének a leadására, így hatékonyan támogatja a villamosenergia-rendszer szabályozhatóságát és a megújuló energiaforrások időjárásfüggő termeléséből adódó ingadozások kiegyenlítését.

A Hibrid Erőmű projekt energiatároló építésének várható befejezése 2026. június 30.

Az új fejlesztések fontos célja volt, hogy ne csak az energiatároló egységek, hanem a Bakonyi Gázturbinás Erőmű funkcionalitása is bővüljön, valamint a műszaki és gazdasági megtérülés ne csak az energiatároló egységek tekintetében jelentkezzen, hanem a gázturbinás gépegység szempontjából is működési többletet jelentsen.

A projekt koncepciója

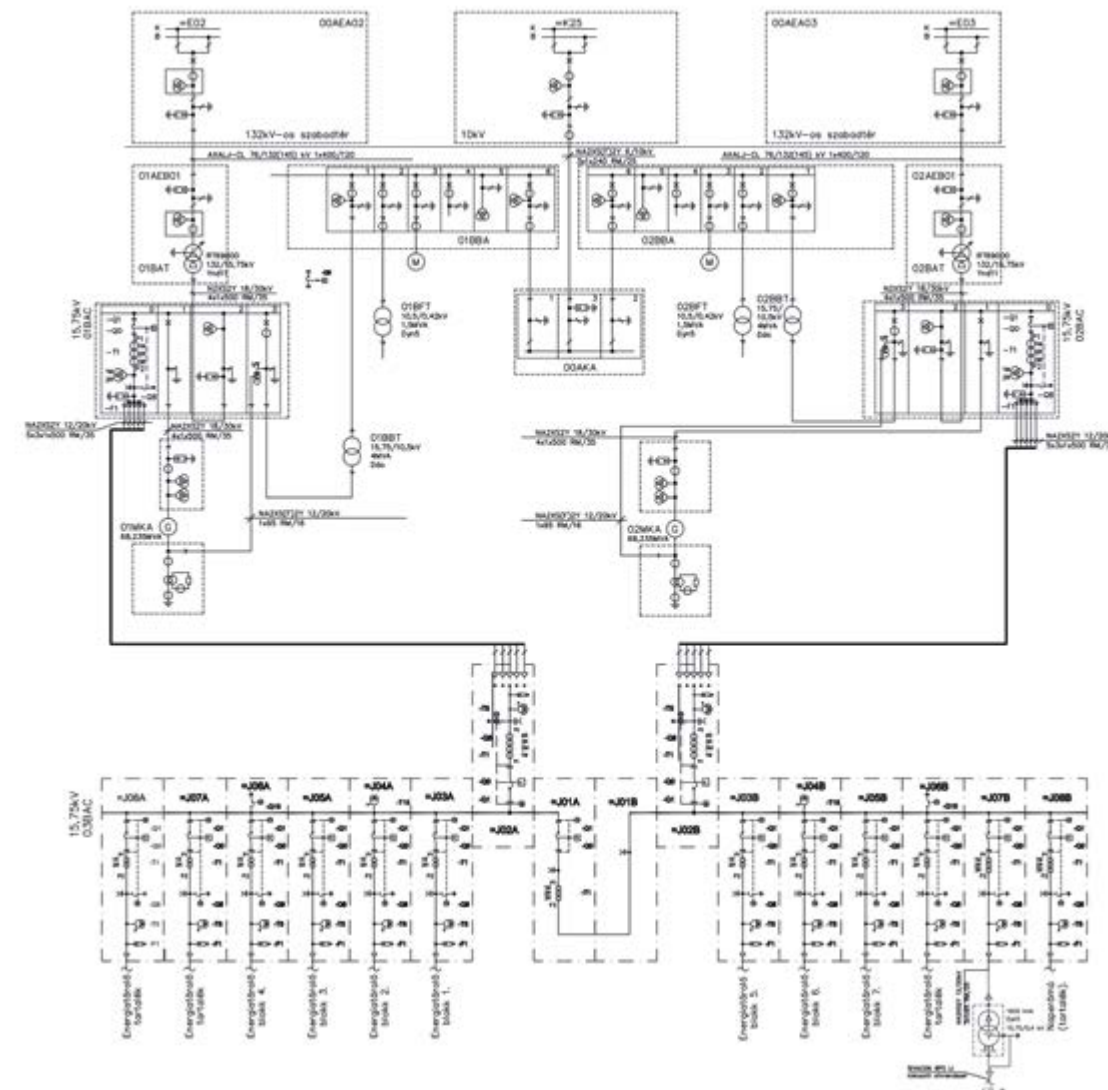
A 61,46 MW beépített teljesítményű és 79,67 MWh névleges kapacitású energiatároló 7 db, egyenként 8 780 kW/11 381,76 kWh névleges teljesítményű/kapacitású egyforma energiatároló egységből épül fel. Ezen kiépítéssel a beépített teljesítmény rendelkezésre állási ideje legalább egy óra teljes teljesítményen.

Egy darab energiatárolói egység főbb elemei:

- Power Electronics TWIN SKID COMPACT berendezés
 - Középfeszültségű csatlakozás 15,75 kV-os megszakító felé,
 - ELTAS transzformátor (15,75/0,69/0,69 kV, 8 780 kVA),
 - 2 db inverter egység (4 db inverter modul / inverter egység),
- 3 db CATL EnerC-IP (3 793,92 kWh) akkumulátor konténer (1 inverter egységhez csatlakozik 1,5 akkumulátor konténer).

A létesülő energiatároló akkumulátorai által tárolt energia a Power Electronics FP 4390K invertereihez kerülnek továbbításra. Az inverterek alakítják át a 3 db konténerből érkező 1 331,2 VDC feszültséget 3 fázisú, 690 V-os, 50 Hz-es váltakozó feszültségre, amit a 15,75/0,69/0,69 kV-os transzformátor 15,75 kV-ra alakít. A 8 780 kVA-es teljesítményű transzformátorok 15,75 kV-os oldalon közvetlenül kábelen keresztül csatlakoznak a Bakonyi Gázturbinás Erőmű új kapcsolóépületben lévő 15,75 kV-os kapcsolóberendezéshez.

Bakonyi Hibrid Erőmű egyvonalas rajza
Forrás: MVM Balance Zrt.



A segédüzemi energiát az új 15,75 kV-os új kapcsolóépületben lévő 1,6 MVA segédüzemi transzformátor biztosítja az összes energiatároló és az energiatárolóhoz tartozó minden végberendezéshez, valamint az új kapcsolóépületben található fogyasztók számára. A segédüzem teljes körű kiváltása megvalósítható a gázturbinás gépegyeségek segédüzeméből is.

A felsőszintű irányítástechnikai rendszer fogja össze a Power Electronics TWIN SKID COMPACT részét képező inverter modulok, a 2 db PPC PRO hibrid vezérlő és az új kapcsolóépület

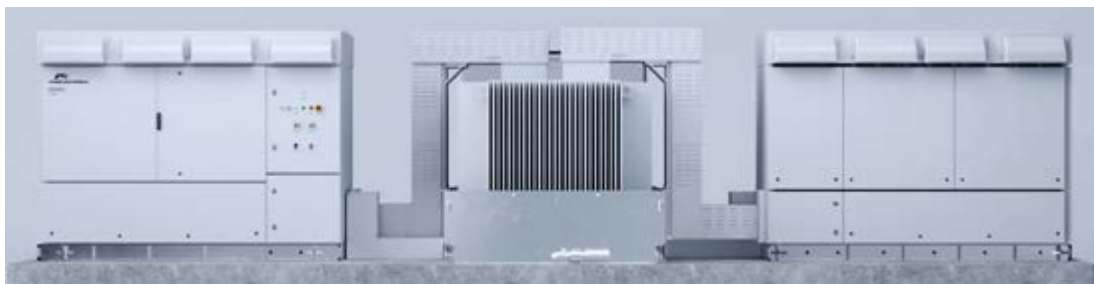
irányító berendezéseit. A hibrid erőműves működés a projekt keretében kerül lefejlesztésre a gázturbinás erőmű gépegyeségeinek és az energiatároló egységek előnyös tulajdonságait egyesítve.

Az energiatároló egység főbb berendezései részben konténerekben, részben szabadtéri elhelyezéssel kerülnek telepítésre. A LiFePO4 (Lítium-vas foszfát) akkumulátorok 21 db konténerben kerültek elhelyezésre.

A transzformátorok és inverterek szabadtéri kivitelben kerülnek telepítésre.



Bakonyi Hibrid Erőmű energiatárolójának első akkumulátor konténere
Fotó: MVM Balance Zrt.



Bakonyi Hibrid Erőmű transzformátor és inverter tervezett kialakítása
Fotó: power-electronics.com

Az energiatárolók villamos csatlakozása a gázturbinás erőműben létesítendő új villamos kapcsolóépületen keresztül valósul meg.



A már megépült Kapcsolóépület villamos berendezéseinek beépítése
Fotó: MVM Balance Zrt.

Az építkezés nehézségei, barnamezős beruházás a környezetünk védelme érdekében

A Bakonyi Gázturbinás Erőmű területén az új energiatároló egység nem volt elhelyezhető, ezért a terület bővítése vált szükségessé. A megvalósításhoz szükséges 3 500 m² területhez a szomszédos, több helyrajzi számmal rendelkező, gyárterületekről nagyságrendileg 2 000 m² területet vásárolt meg az MVM Balance Zrt., a rajtuk levő bontásra váró épületekkel együtt. Az épületek és a már nem használt vasúti iparvágányok bontását követően a talajmechanikai terv alapján a terület megközelítőleg 10%-án talajcserét kellett végezni. Ezen munkálatok során egyértelművé vált, hogy a közelben futó Csinger-patak miatt a területen a talajvíz nagyon magasan van, ezért szükségessé vált a vákuumos talajvízszintsüllyesztés.

A kibővített, rendelkezésre álló területen 7 m szintkülönbség volt tapasztalható. Az energiatároló egységek gyártói elvárásai, a jogszabályok és a szabványok



Vákuumos talajvízszüllyesztés a területen
Fotó: MVM Balance Zrt.

előírásai a berendezések vonatkozásában védőtávolságokat rendelnek el. A védőtávolságok betartása érdekében a munkaterületen és közvetlen közelében 255 m támfal építése vált szükségessé, melynek során legalább 10 000 m³ talaj megmozgatását kellett elvégezni.

Az energiatároló egységek a gázturbinás gépegyeségek és annak villamos



Megépített támfalak, részben feltöltött munkaterület
Fotó: MVM Balance Zrt.

alállomásának közvetlen közelében helyezkednek el. A villamos hálózati topológiából adódóan nem volt elegendő a középvezetési hálózatokon megszokott 20 kA-es zárlati szilárdságú 17,5 kV-os tokozott kapcsolóberendezések használata, hanem 50 kA-es vált szükségessé. Az energiatároló egység földelőhálózatának áramütés elleni védelme és transzferpotenciál szempontjából való megfelelése is megvizsgálásra került, és a földelési hálózatot a villamos alállomásokon is alkalmazott kivitelben kellett megvalósítani. A gázturbinás erőmű és az új kapcsolóépület kábelösszekötése kábelcsatornában, kábeltartó oszlopokon és kábeltartó betonelemekben valósul meg. Ezt a többféle kialakítási módot és a különösen nehéz terepviszonyok miatt a kivitelezést több ütemben és egyedi műszaki megoldással lehetett elvégezni.

A kivitelezést nehezíti, hogy a gázturbinás erőmű készenléti állapotát és üzemét a beruházás nem, vagy csak kis mértékben befolyásolhatja. A nem elkerülhető, a Bakonyi Hibrid Erőmű kialakításához szükséges a gázturbinás erőmű gépegységeinél jelentkező

üzemszüneti napok száma 9. A feladatok túlnyomó részét az üzemviteli személyzettel együttműködve valósítják meg a kivitelezők.

Összegzés

A Bakonyi Hibrid Erőmű megvalósítása fontos mérföldkő az MVM Csoport energiarendszer-fejlesztési törekvéseiben, hiszen egyszerre támogatja a megújuló energiaforrások hatékonyabb integrációját és a villamosenergia-rendszer rugalmasságát. A beruházás hozzájárul egy korszerűbb, fenntarthatóbb és stabilabb hazai villamosenergiarendszer kialakításához. A projekt megvalósítása jól példázza, hogy az innovatív technológiák és a stratégiai fejlesztések kulcsszerepet játszanak a jövő energiaellátásában. Az MVM Csoport ezzel is megerősíti elkötelezettségét a modern, környezetbarát energetikai megoldások mellett.

*Farkas Viktor
MVM Balance Zrt. site manager
Jámbor István
MVM Balance Zrt. vezérigazgatói
főtanácsadó*

Bővülő partnerségi háló: fókuszban az energiatudatossági együttműködések

Az MVM Csoport egyik célkitűzése, hogy az energiatudatosság és a versenyképes, fenntartható működés területein egyre több vállalkozást és intézményt megszólítson és támogasson. Ennek érdekében partnerségi együttműködések köre folyamatosan bővül.

Az MVM Csoport célzott, edukációs tartalmakkal és gyakorlati tapasztalatokra épülő megközelítéssel segíti

együttműködő partnereit és azok tagjait, hogy megalapozottabb döntéseket hozhassanak energiahatékonysági

és energiabeszerezési kérdésekben. Ezek fókuszában azok a kérdések és lehetőségek állnak, amelyek ma a vállalkozások energiafelhasználását leginkább befolyásolják: a világítás-korszerűsítés, az elektromobilitásban rejlő potenciál, valamint a megújuló energiahasznosítás.

A partnerségi programok célja, hogy értéket teremtsenek: naprakész, alkalmazható üzleti ismereteket adnak a kamarai- és szövetségi tagoknak, másrészt hatékonyan hozzájárulnak az MVM Csoport tagvállalatainál rendelkezésre álló képességek, megoldások és szaktudás széles körű megismertetéséhez. A programok mellett a résztvevők az aktuális beszerzési eljárásokról is értesülhetnek.

Az MVM Csoport több kereskedelmi és iparkamarával – köztük Heves,

Bács-Kiskun és Borsod vármegyei szervezetekkel – kötött együttműködési megállapodást, és a partnerségek köre további szakmai szervezetekkel is bővült. Ennek keretében nemrég együttműködési megállapodást kötöttünk a Települési Önkormányzatok Országos Szövetségével, valamint a Fiala Vállalkozók Országos Szövetségével is.

Az elmúlt időszakban számos szakmai rendezvényen vettek részt az MVM Csoport vezetői és szakértői kollégái meghívott előadóként, ahol energiatudatosság, energiahatékonyság és energiaközösségek témákban tartottak informatív előadásokat. Az együttműködési kapcsolatrendszer bővítése továbbra is célunk.

Forrás: MVM Services Zrt.

A kép illusztráció



Az MVM Csoport új alállomásokkal erősíti az észak-magyarországi villamosenergia-hálózatot

Az MVM Csoport újabb jelentős hálózatfejlesztési beruházásokat valósított meg, amelyek célja a villamosenergia-ellátás biztonságának növelése és a növekvő fogyasztói igények kiszolgálása. A fejlesztések keretében egy új alállomás létesült Miskolcon, valamint egy másik Makláron, Eger közelében.

Miskolcon, a Bogánics utcában átadott 132/22 kV-os alállomás mintegy 2,7 milliárd forintos beruházással valósult meg, részben európai uniós és

kormányzati támogatással. A létesítmény két, egyenként 25 MVA teljesítményű transzformátorral működik, és jelentősen növeli a térség hálózati kapacitását. Az alállomás nemcsak a miskolci déli ipari park energiaellátását biztosítja, hanem több városrész – köztük Szirma, Görömböly, Tapolca és Hejőcsaba – lakossági fogyasztóinak ellátását is stabilabbá teszi, sőt a jövőben további települések bekapcsolását is lehetővé teszi. A beruházás a növekvő energiaigényekre és a megújuló energiatermelés



Miskolc, Bogánics utca alállomás
Fotó: MVM Émász Áramhálózati Kft.

bővülésére is reagál, akár 25 MW új kapacitás integrálását támogatva.

Ezzel párhuzamosan Makláron egy több mint 5 milliárd forintos, zöldmezős beruházásban épült meg egy új, szintén 132/22 kV-os alállomás. A fejlesztést elsősorban a helyi ipar növekvő villamosenergia-igénye indokolta, ugyanakkor a beruházás révén Eger és tágabb térsége – beleértve Heves és Mezőkövesd környékét is – biztonságosabb ellátást kap. A projekthez kapcsolódóan új távvezetési szakasz is létesült, valamint folyamatban van a középvezetési hálózat

átrendezése, amely további fogyasztók ellátását kapcsolja az új alállomáshoz.

A fejlesztések jól illeszkednek az MVM Csoport országos hálózatfejlesztési programjába, amelynek célja a villamosenergia-hálózat teljesítőképességének növelése, az ellátásbiztonság erősítése, valamint a megújuló energiaforrások egyre nagyobb arányú integrációjának biztosítása. A beruházások egyben hozzájárulnak a térségek gazdasági fejlődéséhez és az ipari beruházások ösztönzéséhez is.

Forrás: MVM Émász Áramhálózati Kft.

Zöld, intelligens és energiatakarékos: ilyen lesz az MVM Neuron Irodaház

Az okosmegoldásokkal felszerelt új irodaház várhatóan 2027 végétől teremt majd modern és fenntartható, egyben inspiratív munkakörnyezetet a cégcsoport mintegy 1200, korábban főként külső bérleményekben dolgozó munkavállalójának. Tervezésekor az energiahatékonyság, a környezettudatosság és a modern technológiai megoldások együttes alkalmazása egyaránt kiemelt szempont volt. Az egészségtudatos épülettervezés melletti elkötelezettséget a 2026 első negyedévében megszerzett WELL előminősítése is kiválóan jelzi.

A cégcsoport stratégiájának egyik legfontosabb szempontja a fenntarthatóság, amelyre az MVM az újonnan épülő irodaház tervezése, kivitelezése és üzemeltetése során is kiemelt figyelmet fordít. Ennek érdekében környezettudatossági és energiatakarékosági szempontból is magas szintű technológiai megoldások bevezetésére törekszik – a legmagasabb fokozatú fenntarthatósági minősítések megszerzésével.

Neuron Irodaház nemzetközi szinten is mérföldkő lesz a fenntartható építészeten, miközben figyelembe veszi az EU Taxonómia fenntarthatósági kritériumait is. A 2026 első negyedévében megszerzett WELL előminősítése nemcsak annak visszaigazolása, hogy az irodaház már a tervezési szakaszban elkötelezte magát az egészséges és inspiráló munkakörnyezet létrehozása érdekében, hanem egyúttal a hazai ingatlanpiac számára is mércét állít.

A LEED és WELL minősítések Platinum szintjének elérését célozva az MVM



Az MVM Neuron Irodaház látványterve madártávlatból
 Forrás: MVM Csoport

Korszerű gépészeti rendszerek, időalapú vezérlés

Az épület hűtés-fűtését, valamint a központi melegvízellátásához szükséges hőt olyan korszerű **gépészeti rendszerek** biztosítják majd, mint a víz-víz hőszivattyú, illetve a geotermikus energia hasznosítása céljából az épület alaplemeze alá telepített, illetve a telek területén kialakított talajszondák. A többlet hűtési igény kiszolgálásáról folyadékűtő gondoskodik, a használati meleg víz keringetése a vízcsapok és a melegvíz-tároló között energiatakarékos módon, időprogram-alapú vezérléssel történik majd.

Az épület a tervek szerint döntően mesterséges szellőztetésű lesz

a legszigorúbb előírásoknak megfelelő, energiahatékony légellátással: a frisslevegő-befúvás nyáron hűtött, télen pedig fűtött, szűrt, tiszta levegővel biztosítja majd a legmagasabb szintű komfortérzetet a használók számára. Az iroda és a közösségi terek vizes helyiségeiben az érintésmentes szerelvények a higiénikus munkakörnyezetről, a termosztatikus keverős csaptelepek pedig a megfelelő vízhőmérsékletről gondoskodnak majd közvetlenül a felhasználás előtt.

Komfortvezérlés, személyre szabott digitális funkciók

Az épületet támogató **smart rendszerek** átfogó felügyeletet (monitorozást) és a gyors beavatkozás lehetőségét egyaránt biztosítják majd. A **mindenre**

kiterjedő komfortvezérlésnek köszönhetően az épület mindig annyi energiát használ fel, amennyire ténylegesen szükség van: a fűtés-hűtés, a szellőzés, a világítás és a külső árnyékolás egyaránt valós felhasználási adatokon alapuló, öntanuló algoritmusok szerint üzemel majd.

Az épület hőterhelésének, bevilágításának és fényviszonyainak ideális szabályozását az alacsony mellvéd magasságú, sávablakos homlokzati felületek biztosítják – részben fix, részben mozgatható zsalus külső árnyékolással és belső rolóval. A külső árnyékolókat az időjárásnak és a napfény beesési szögének megfelelően az épület automatikusan vezérli, így optimalizálva az épület hőterhelését és üzemeltetési költségeit. A belső rolókat – saját okos-eszközökön keresztül – az épületben dolgozók maguk állíthatják majd, saját komfortérzetük szerint. Az épületet lezáró lapostető napelemekkel felszerelve egyúttal megújuló energia előállítását is biztosítja.

Az MVM Neuron Irodaház látványterve
 Forrás: MVM Csoport



A telken keletkező eső- és talajvíz az irodaház körüli parkban telepített tó töltését szolgálja majd. Amennyiben a tó megtelik, az összegyűlt víz a telken belül szikkasztásra kerül, és nem terheli a közcsatornahálózatot.

A Neuron Irodaház intelligens, adatvezérelt épületként a kellemes munkahelyi környezetet és a költséghatékony zöld üzemeltetést összehangoltan biztosítja majd.

Az irodaház okosépület-rendszere a különböző alrendszerek (fűtés, szellőzés és légkondicionálás, világítás, árnyékolás) összehangolt vezérlése révén jelentős energiamegtakarítást eredményezhet. A személyre szabott digitális funkciók pedig (mint például az okos parkolás, beléptetés, látogatókezelés, vagy akár a foglalási rendszerek, okos-szekrények integrációja, a belső navigáció, valamint a zsúfoltsági elemzés a közös területeken) pedig észrevétlenül teszik majd gördülékenyebbé az épületet használók mindennapjait.



A természet hangulatát idéző kávézó látványterve
Forrás: MVM Csoport

Az épülő MVM Neuron Irodaház kiváló példája lesz annak, hogy a fenntarthatóság és a digitalizáció valójában nem különálló célok, hanem egymást erősítő tényezők. A talajszondás hőszivattyús rendszer, az aktív és passzív árnyékolók és az intelligens vezérlés együttesen biztosítják az alacsony energiafelhasználást és a magas komfortszintet.

Az okosépület-konceptió pedig lehetővé teszi, hogy az épület ne csak a jelenlegi igényeknek feleljen meg, hanem képes legyen alkalmazkodni a jövő kihívásaihoz is. Ez a szemlélet teszi a beruházást valóban fenntarthatóvá – nemcsak energetikai, hanem gazdasági és használati értelemben is.

Forrás: Neuron projekt



Letisztult, harmonikus belső terek: a lobby látványterve
Forrás: MVM Csoport

Innovatív AI-megoldások a lakossági energiaszolgáltatásban

Gyakorlati tapasztalatok a REZSIÓR és az AI telefonos kampányról

A mesterséges intelligencia (AI) alkalmazása az energetikai szektorban mára nem csupán technológiai lehetőség, hanem stratégiai jellegű kérdés. Az MVM Csoport digitális fejlődésének egyik kulcseleme az AI-alapú megoldások tudatos, üzleti célok mentén történő bevezetése. Ezek a fejlesztések egyszerre támogatják az ügyfélműködés javítását, a belső működés hatékonyságának növelését, valamint a gyorsan változó szabályozási környezethez való alkalmazkodást.

Az elmúlt időszakban az MVM több, egymást kiegészítő AI-pilotprojektet indított, amelyek valós ügyféligényekre adtak választ, és kézzelfogható tapasztalatokat szolgáltatottak a technológia gyakorlati alkalmazhatóságáról. Kiemelkedik közülük a REZSIÓR AI ügyféltámogató megoldás, valamint az Otthon Energiatároló Programhoz kapcsolódó AI-alapú telefonos pilotkampány.

REZSIÓR AI – digitális ügyféltámogatás új alapokon

A REZSIÓR AI pilot program 2025 szeptemberében indult, az MVM Next oldal felületén szerzett tapasztalatokra építve. A kezdeményezés célja az volt, hogy értékelje az AI-alapú ügyféltámogatás hatékonyságát, és megalapozza a szolgáltatás hosszú távú alkalmazását és célzott fejlesztését. A kiinduló helyzet egyértelmű volt: az ügyfélmegkeresések jelentős része nem egyedi ügyintézés, hanem



magyarázatot és általános tájékoztatást igényel. A számlázással, fogyasztással, mérőállással vagy a Rezsistoppal kapcsolatos ismétlődő kérdések nagy volumenben jelennek meg – különösen kampányidőszakokban –, miközben az ügyfelek egy része a digitális csatornák használata során elakad. Bár az MVM számos kommunikációs felületen, különböző tartalomtípusokkal – többek között online tájékoztatókkal és videós útmutatókkal – támogatja az ügyintézés, továbbra is erős igény mutatkozik az azonnali, közvetlen és érthető válaszokra.

E kihívásokra válaszul a REZSIÓR AI-t úgy alakítottuk ki, hogy önállóan kezelje a nagy tömegű, alacsony komplexitású kérdéseket, egységes és közérthető magyarázatokat nyújtson, valamint gyorsan reagáljon a tartalmi változásokra, aktuális információkra. A szolgáltatás az MVM Next online és offline ügyfélszolgálaton keresztül érhető el.

A pilot eddigi eredményei visszaigazolják az előzetes elvárásokat. A REZSIÓR AI-t már több mint 28 ezer felhasználó próbálta ki, közel 29 ezer beszélgetés zajlott le, a pozitív visszajelzések aránya pedig meghaladta a 92%-ot. A leggyakoribb témák a számlázás,

a fogyasztás és a mérőállás voltak – vagyis azok a területek, amelyek hagyományosan jelentős terhelést jelentenek az ügyfélszolgálat számára.

Különösen tanulságos volt a Rezsistop témakör kezelése: a tartalom gyors frissítésének köszönhetően a REZSIÓR AI rövid idő alatt több száz megkeresést tudott naprakészen és egységesen megválaszolni, érdemben csökkentve az ügyfélszolgálati munkatársak terhelését. Ez jól mutatja, hogy a megoldás alkalmas hirtelen megugró érdeklődés kezelésére, és kiemelt, időszakos témák esetén is hatékonyan skálázható.

A REZSIÓR AI az ügyféltájékoztatás és az eligazodás támogatásával nemcsak gyors és egységes válaszokat biztosít az ügyfelek számára, hanem hozzájárul az ügyintézői munka hatékonyabb szervezéséhez is. A megoldás elősegíti az ügyfélélmény javítását, és a digitális ügyfélszolgálat új, magas színvonalú szintjét képviseli.

AI-alapú hívások az Otthon Energiatároló Program támogatására

A mesterséges intelligencia alkalmazása nem korlátozódott az online ügyintéző ügyfelek támogatására. Az Otthon Energiatároló Program kapcsán egy AI-alapú telefonos pilotkampány is elindult, amelynek célja a gyors, egységes lakossági tájékoztatás és az ügyfélérdeklődés felmérése volt.

A projekt egyik legnagyobb eredménye a gyors megvalósítás: közel két hét alatt sikerült előkészíteni és eleresíteni a pilotot, reagálva a program időérzékeny jellegére. Az AI-hívások során az ügyfelek tájékoztatást kaptak a pályázati lehetőségről, valamint visszajelzést adhattak

arról, hogy hallottak-e már a programról, és terveznek-e pályázni.

A pilot sikeresen zárult: összesen 82 826 hívás zajlott le, a megkeresett ügyfelek 64,7%-a felvette a telefont, és az információs folyamat végéig eljutók 55%-a jelezte pályázási szándékát. Az eredmények azt mutatják, hogy az AI-alapú hívások hatékony eszközt jelentenek nagy ügyféltömegek gyors és egységes elérésére, különösen olyan esetekben, ahol rövid idő alatt kell releváns információt eljuttatni az érintettekhez.

Tudatos AI-stratégia és hosszú távú jövőkép

A REZSIÓR AI és az Otthon Energia-tároló Programhoz kapcsolódó pilotok közös tanulsága, hogy a mesterséges intelligencia akkor teremt valódi üzleti értéket, ha világos célok mentén, jól definiált keretek között használják.

A gyakorlati tapasztalatokra építve cél egy olyan hosszú távú AI-ökoszisztéma kialakítása, amely egyszerre támogatja az ügyfelek digitális önkiszolgálását, segíti az ügyintézők napi munkáját, valamint hozzájárul a belső tudásmegosztáshoz és döntéstámogatáshoz. Az eddigi tapasztalatok alapján az AI-megoldások fokozatosan bővíthetők, és szervesen illeszkednek az MVM digitális stratégiájához.

A mesterséges intelligencia az MVM számára nem öncélú technológia, hanem egy olyan eszköz, amely kezelhető módon segíti az ügyfeleket, támogatja a munkatársakat, és hozzájárul a jövőálló, rugalmas működéshez. Az eddigi pilotprojektek ezt már egyértelműen bizonyították – a következő lépés a megoldások tudatos

továbbfejlesztése és stratégiai szintre emelése.

Az AI-megoldások bevezetése minden esetben alapos szakmai előkészítést és szoros együttműködést igényel a társ-területekkel. Ezúton is köszönet illeti

mindazokat a kollégákat, akik szakmai tudásukkal és elkötelezett munkájukkal hozzájárultak az AI-projektek megalapozásához és sikeres elindításához.

Forrás: MVM Next Energiakereskedelmi Zrt.

Új villamosenergia-tárolót telepítettünk Sopronkövesden

Áprilisban megkezdte működését az MVM Zöld Generáció Zrt. első, 20 MWh kapacitású villamosenergia-tárolója, amelyet a társaság a Sopronkövesd-Nagylózs szélerőmű-parkjával azonos csatlakozási pont mögött létesített.

Az MVM Zöld Generáció Zrt. – összhangban az MVM Csoport stratégiai célkitűzéseivel – az elmúlt években több helyszínen indított előkészítési projektet akkumulátoros energiatárolók létesítésére. A fejlesztések célja a megújuló alapú termelési portfólió diverzifikálása, az időjárásfüggő termelőegységek menetrendtől való eltéréseinek mérséklése, ezzel együtt a kiegyenlítésből származó költségek optimalizálása. Az energiatárolók lehetővé teszik a rendszerszintű szolgáltatások piacán való aktív részvételt is.

A most átadott létesítmény egy 10 MW teljesítőképességű, 20 MWh névleges kapacitású lítium-ion bázisú akkumulátor, amely egy szélerőműpark mellett, Sopronkövesd község területén kapott helyet. A beruházás magában foglalta az energiatárolóhoz kapcsolódó négy darab, egyenként 3,15 MVA névleges teljesítményű transzformátort, egy új 22 kV-os kapcsolóállomást és mintegy 900 méternyi földkábel létesítését is, ugyanakkor a hálózati csatlakozás a szélerőművet

kiszolgáló, meglévő 132/22 kV transzformátor állomásban történik.



Az eBlock 418 energiatároló-egységek (egy része), háttérben az egyik 3,15 MVA teljesítményű lemezházás transzformátorral
Fotó: MVM Csoport

A beruházás összköltsége 3 milliárd forint volt, amelyből 1,35 milliárd forintot az Európai Unió biztosított a Magyarország Helyreállítási és Ellenállóképességi Terve keretében, vissza nem térítendő támogatás formájában.

Forrás: MVM Zöld Generáció Zrt.

Új korszak a hazai energiatermelésben – megkezdődött a tiszaujvárosi gázturbinás erőmű építése

Az ünnepélyes alapkőletétellel új szakaszba lépett a hazai energiarendszer egyik legjelentősebb fejlesztése, megkezdődött a tiszaujvárosi kombinált ciklusú gázturbinás erőmű kivitelezése. A beruházás az MVM Csoport hosszú távú stratégiájának kulcseleme, amely a növekvő villamosenergia-igények kiszolgálása mellett a megújuló energiaforrások biztonságos integrációját is szolgálja.



A tiszaujvárosi gázturbinás erőmű látványterve
Forrás: Calik Enerji

A tiszaujvárosi erőmű egy tudatos építkezés része: olyan energiarendszer készül, amely egyszerre stabil, rugalmas és fenntartható. Ez a beruházás minőségi ugrást jelent a hazai villamosenergia-termelésben, és azt a célt szolgálja, hogy a rendszer hosszú távon is képes legyen alkalmazkodni a változó piaci és technológiai környezethez.

A Tisza Erőmű telephelyén megvalósuló létesítmény két, egyenként 499 MW teljesítményű blokkból áll majd, amelyek várhatóan évente átlagosan 7 500 GWh villamos energiát fognak biztosítani a magyar villamosenergia-rendszernek. Az első egység

2029-ben, a második 2030-ban léphet üzembe. A gyorsan szabályozható, nagy hatásfokú technológia révén az erőmű kulcsszerepet tölt be az energiarendszer rugalmasságának növelésében, különösen az időjárásfüggő termelés kiegyensúlyozásában.

A beruházás a legkorszerűbb nemzetközi műszaki elvárások mentén valósul meg: kiemelt szempont a hatásfok, a gyors fel- és leterhelhetőség, a magas rendelkezésre állás, valamint a szigorú környezetvédelmi határértékek teljesítése. A kivitelezést és a gázturbinák hosszú távú karbantartását a török Çalik Enerji és az olasz Ansaldo Energia

alkotta konzorcium végzi, amelyet nemzetközi közbeszerzési eljárás keretében választottak ki.

A projekt megvalósítását a tiszaujvárosi telephely kedvező adottságai – többek között a meglévő hálózati kapcsolatok, a hűtővízrendszer és a földgáz-infrastruktúra – is támogatják, lehetővé téve a hatékony és ütemezett kivitelezést.

Az MVM Csoport a tiszaujvárosi beruházással párhuzamosan a Mátrai Erőmű visontai telephelyén is azonos technológiájú erőművet épít, tovább erősítve a hazai villamosenergia-rendszer rugalmasságát és biztonságát.

Mindeközben Tiszaujvárosban, az erőmű területén további fejlesztés is folyamatban van, amely 2026 nyarára készül el. Az MVM Tisza Erőmű Kft. egy közel 10 milliárd forintos beruházást valósít meg: egy 31 MW teljesítményű, ugyanakkor 62 MWh kapacitású

energiatároló épül, amelyhez több mint 4 milliárd forint uniós támogatás társul a Magyarország Helyreállítási és Ellenállóképességi Terve a „Hálózati energiatarolók telepítése energiapiaci szereplőknel” program keretében.

A lítiumion technológián alapuló rendszer a meglévő erőművi infrastruktúrához illeszkedik, és egy már működő kisebb energiatarolóval együtt növeli a telephely rugalmasságát. A beruházásnak köszönhetően egy helyszínen találkozik két korszerű technológia: a telephelyen megvalósuló, nagy hatásfokú, 1 000 MW-os kombinált ciklusú erőmű és egy modern, kémiai alapú energiataroló rendszer. Bár a két létesítmény egymástól függetlenül üzemel majd, közös céljuk, hogy támogassák a megújuló energiaforrások kiegyenlítését, és erősítsék a villamosenergia-rendszer rugalmasságát és stabilitását.

Forrás: MVM Tisza Erőmű Kft.

Az áramszolgáltatás jövője: új üzemirányítás az MVM Démásznál

2026 márciusában éles üzemben elindult az MVM Démász kifizetésű üzemirányítása, amely mérföldkő az áramszolgáltatás fejlődésében. Az új technológiák, a megújuló energiaforrások és a változó fogyasztói igények idején ez a fejlesztés nemcsak gyorsabb és átláthatóbb működést tesz lehetővé, hanem a jövő energiarendszerének alapjait is lefekteti.

Az elmúlt években jelentős változások indultak el a villamosenergia-rendszerben, amelyek a jövőben tovább gyorsulnak. A megújuló energiaforrások térnyerése, a háztartási méretű kiserőművek elterjedése, az elektromos autók megjelenése és a fogyasztási szokások átalakulása új kihívások elé

állítják az elosztóhálózatokat. Ebben a dinamikus környezetben az üzemirányítás szerepe is átalakul: a hangsúly a gyors reagálásra az előre tervezett, adatvezérelt működésre helyeződik át.

Ezt a szemléletváltást szolgálja egy új, egységes üzemirányítási rendszer



Az új, egyéges üzemirányítási rendszer
 Forrás: MVM Démász Áramhálózati Kft.

bevezetése, amely egy platformon kezeli a különböző feszültség szinteket. A korábban elkülönülten működő rendszerek integrációja lehetővé teszi, hogy a teljes hálózat egy egységként váljon átláthatóvá és irányíthatóvá. Ez a megoldás Magyarországon és a régióban is egyedülálló és nemcsak gyorsabb döntéshozatalt eredményez, hanem hosszú távon jelentős hatékonyságnövekedést is biztosít.

A fejlesztés egyik legfontosabb eleme a kiefeszültségű hálózat bevonása az üzemirányításba. Ez a hálózati szint áll legközelebb a fogyasztókhoz, mégis sokáig korlátozott láthatósággal működött. Az új rendszerrel azonban valós idejű felügyelet és irányítás valósul meg, amely lehetővé teszi az események azonnali észlelését és a gyors beavatkozást. A korábban háttérként működő hálózati szint így aktív és irányítható elemmé válik.

Az üzemirányítás működése ezzel párhuzamosan intelligensebbé válik. A döntések már nem pusztán reakciók, hanem valós idejű adatokon és hálózatszámításokon alapuló, előre tervezett lépések. A rendszer képes nemcsak követni, hanem optimalizálni is a hálózat működését.

Kulcsszerepet kap az integráció: a különböző rendszerek – például a térképi megjelenítés, a terhelés-előrejelzés

és a flexibilitási megoldások – együttműködése új szintre emeli az energiamenedzsmentet. A hálózat így nemcsak reagál a változásokra, hanem előre is jelzi azokat, és szükség esetén külső erőforrásokat is képes bevonni.

Az innováció kézzelfogható eredményei közé tartozik a Békési Smart Grid projekt keretében telepített több mint ezer kiefeszültségű szenzor alkalmazása, amelyek folyamatos adatokat szolgáltatnak a hálózat állapotáról. Ezek segítségével a hibák akár már az ügyfélbejelentések előtt felismerhetők, amely jelentősen csökkenti a kieséseket és a hibaelhárítás idejét.

A SMART mérők közvetlen lekérdezése szintén új lehetőségeket nyit meg, különösen havária helyzetekben. A rendszer gyorsan képes meghatározni az érintett területeket, így a beavatkozás pontosabbá és hatékonyabbá válik.

A jövő hálózata egyre több intelligens eszközt alkalmaz: korszerű megszakítókat, okos modemeket és szabályozható transzformátorokat. A fejlesztések eredménye egy olyan rugalmas, adatvezérelt rendszer, amely nemcsak alkalmazkodik a változásokhoz, hanem aktívan alakítja is az energiarendszer jövőjét.

Forrás: MVM Démász Áramhálózati Kft.

Folytatódik az MVM Csoport irodafejlesztési projektje – Győrben tágasabb helyszínre költözött az ügyfélszolgálat

Lényegesen nagyobb irodát kapott az MVM győri ügyfélszolgálat, ahol egyszerre akár 16 ügyfélpult is üzemelhet. Az eddiginél szebb és komfortosabb környezetben kényelmesebb és gyorsabb lett az ügyintézés. Az ügyfeleknek ráadásul új címet sem kell megjegyezniük, hiszen házon belül költözött, ugyanabban az épületben maradt az ügyfélszolgálat, amit április 2-án hivatalosan is felavatott a Társaság.



A győri ügyfélszolgálat a költözés után
 Forrás: MVM Ügyfélkapcsolati Kft.

A győri ügyfélszolgálati iroda 2021 tavaszán költözött jelenlegi épületébe, a Wesselényi utca 6. szám alá. Működését akkor tíz munkatárssal és kilenc ügyintézői pulttal kezdte meg e helyszínen. 2024-ben az E.ON villamosenergia-ügyfélkörének átvételét követően az iroda tovább bővült. Mára Győrben a villamosenergia- és földgázszolgáltatáson kívül a gázelosztói és a MOHU-rendszerben is segítik az ügyintézés az MVM munkatársai. Havonta mintegy 4500 ügyfél keresi fel az irodát. A megnövekedett ügyfélforgalom és a bővülő feladatkörök miatt az alkalmazotti létszám mostanra elérte a 21 főt, ezért vált szükségessé a költözés. A kollégák az épületen belül maradván, egy 140 négyzetméterrel nagyobb irodában, magasabb minőségű munkakörnyezetben látják el feladataikat.

A jelentős területbővítés révén az új hely kényelmesebb ügyfélfogadást és az ügyfelek gyorsabb, hatékonyabb kiszolgálását teszi lehetővé. Komplex légtechnikai

rendszer garantálja folyamatosan a friss levegőt és az optimális hőmérsékletet, zajvédő panelek csökkentik a háttérzajt. A háttérfeldolgozás hatékonyságát egy back office helyiség növeli, ahol egyszerre négyen tudnak dolgozni.

Az MVM Csoport célkitűzései között kiemelt szerepet kap az ügyfélkapcsolatok megerősítése és az ügyintézés egyszerűsítése. A társaság folyamatosan fejleszti digitális csatornáit annak érdekében, hogy az ügyfelek ügyeiket minél gyorsabban, kényelmesebben, akár otthonról is intézhessék. Miközben a digitalizáció továbbra is fókuszban van, az MVM számára fontos, hogy személyes ügyfélszolgálatain keresztül is magas színvonalú, teljes körű ügyintézés legyen lehetővé kényelmes környezetben. Az elmúlt években a társaság átfogó fejlesztési programot indított ügyfélszolgálati hálózatának megújítására. A meglévő irodák többsége már megújult, és több új helyszín is megnyílt országszerte.

2026-ban is folytatja az MVM Csoport az irodafejlesztési programját, Győr mellett további helyszíneken találkozhatnak az ügyfelek új vagy megújult ügyfélszolgálatokkal, többek között Érden, Cegléden, Jászberényben, Miskolcon és 5 budapesti helyszínen.

Forrás: MVM Ügyfélkapcsolati Kft.

Hírek az energetikáról

Mayer György
újságíró

Először előzték meg a megújuló energiaforrások a fosszilisokat

Az Európai Unióban 2025-ben termeltek első alkalommal több villamos energiát együtt a szél- és a naperőművek, mint a fosszilis tüzelőanyagok. A fordulatot a napenergia gyors bővülése hozta, miközben a szén szerepe történelmi mélypontra esett, az EU ugyanakkor továbbra is jelentős mértékben támaszkodik a földgázra – derült ki az EMBER Energy Research honlapján publikált elemzésből.

A jelentés szerint a nap- és a szélenergia 2025-ben az EU villamosenergia-termelésének valamivel több mint 30%-át adta, míg a fosszilis energiahordozók – szén, gáz és kisebb részben olaj – részesedése 29% volt. A megújuló energiaforrások összességében – beleértve a vízenergiát és

a biomasszát – 47,7%-os arányt értek el, miközben a nukleáris energia 23,4%-kal járult hozzá az áramtermeléshez.

A napenergia önmagában 13%-ot tett ki, és immár negyedik éve 20%-ot meghaladó ütemben bővült. A termelés



A kép illusztráció

növekedését nagyrészt a telepített kapacitások emelkedése indukálta. A napenergia több országban – köztük Magyarországon, Spanyolországban és Hollandiában – már az áramfogyasztás több mint egyötödét fedezi.

A jelentés rámutat arra is, hogy miközben a megújulók rekordévet zártak, a vízenergia-termelést aszály sújtotta, a szélenergia kibocsátása pedig enyhén csökkent. Ennek következtében a gázalapú áramtermelés 8%-kal nőtt, így részesedése 16% fölé emelkedett. Az angol energetikai szervezet szerint ez növelte az importált gáz költségeit, és hozzájárult az áram nagykereskedelmi árának emelkedéséhez.

A szén részaránya mindazonáltal történelmi mélypontra, 9,2%-ra süllyedt. A Reuters hírügynökség emlékeztetett arra, hogy Németország és Lengyelország – az EU legnagyobb szénfelhasználóiként – szintén rekordalacsony szintet értek el, ami a szén kivezetésének visszafordíthatatlan folyamatát jelzi.

A think tank szakértői szerint a villamosenergia-hálózatok fejlesztése, a nagy kapacitású akkumulátoros tárolás bővítése és a keresletoldali szabályozás erősítése tenné lehetővé a szél- és napenergia még nagyobb arányú integrálását, ami egyszerre javítaná az ellátásbiztonságot, és hozzájárulna a stabil, kiszámítható energiaárakhoz.

Forrás: MTI

Összefogás Európa legnagyobb szélenergia-projektjéért

Tíz ország csatlakozott ahhoz az Északi-tengeren folyó energetikai projekthez, amelynek célja, hogy a 2030-as években felgyorsítsák a tengeri szélenergia-beruházások kiépítését.

Január végén Hamburgban írták alá a projektben résztvevő országok – Belgium, Dánia, Franciaország, Németország, Izland, Írország, Luxemburg, Hollandia, Norvégia és az Egyesült Királyság – azt a nyilatkozatot, amelyben vállalják, hogy az északi-tengeri vizeken 2050-ig 300 GW teljesítményű, közös tengeri szélenergia-parkok valósulnak meg.

A projekt ütemezése szerint az érintett kormányok 2031 és 2040 között évente összesen 5 GW tengeri szélenergia-kapacitást építenek ki, amely

Malgosia Bartosik, a WindEurope iparági szövetség ügyvezető igazgatója szerint 1 billió euró értékben ösztönözhet tengeri szélenergia-beruházásokat Európába.

A legtöbb energia-közgazdász egyhangúlag kiállt amellett, hogy az Egyesült Királyság és Európa között húzódó villamosenergia-hálózatok számának növelése csökkenti a lakossági energiaköltségeket. Az Egyesült Királyságnak már 10 ilyen kábele van, és a mostani együttműködéssel egyre több EU-s országhoz tud kapcsolódni: a januári brit aukción nyolc

szélerőműpark kapott 22 milliárd font értékben támogatást.

A britektől egyébként sem áll távol a szélturbinapark-létesítés, ugyanis az északnyugat-angliai Yorkshire

partvidékétől közel 90 kilométerre felépített tengeri szélerőműpark, a Hornsea 2 már 2022-ben több mint 1,4 millió háztartás energiaellátását fedezte.

Forrás: qubit.hu



Hornsea 2 szélerőműpark az Egyesült Királyság partjainál
Fotó: Acloglobal.com

Sorra épülhetnek új atomerőművek Európában

Szerbia első atomerőművének megépítését tervezi, amelynek költsége elérheti a 10 milliárd eurót. A cél, hogy már 2040-re stabil alapkapaacitást biztosítsanak az ország energiatermelésében, amellyel párhuzamosan folyamatosan csökkentenék a foszszilis energiahordozók használatát. Bár az atomreaktorok rendkívül tökéletesek, de hosszú élettartammal rendelkeznek: megfelelő karbantartással akár 50-70 évig is üzemelhetnek, magas, 95% körüli kihasználtsággal. A szerbiai beruházás nem csupán a jelenlegi energiaigények kielégítését szolgálja, hanem a jövő generációinak is biztosítaná a stabil és biztonságos

energiát. A szerb kormány így hosszú távon, stratégiai lépésként kívánja megerősíteni az ország energiafüggetlenségét, miközben a klímavédelmi célokhoz is hozzájárul. Az atomerőmű terve fontos mérföldkő lehet Szerbia energetikai politikájában: nemcsak az ország elektromosenergia-termelését biztosítaná, hanem regionális szinten is stratégiai szerepet kaphat a stabil energiaellátásban.

Szlovéniában szintén új atomerőmű fejlesztésén gondolkodnak. A szlovén kormány arról döntött, hogy megkezdik a krskói atomerőmű új blokkja, a Krsko 2 elhelyezésére vonatkozó országos

területrendezési terv kidolgozását. A tervet várhatóan 2028-ban fogadják el, amelyhez több mint harminc szakértői tanulmány készül majd. Az új blokk részletes terveit jövőre hozzák nyilvánosságra, ennek elfogadását követően kezdődhetnek meg az operatív lépések, köztük a népszavazás előkészítése is.

Szlovákia egy új, 1200 megawattos atomerőmű-blokk építését tervezi amerikai segítséggel. A két ország év elején kötött nukleáris együttműködési megállapodást. Szlovákia jelenleg öt atomreaktorot üzemeltet két erőműben, és tavaly óta tárgyal Washingtonnal, valamint az amerikai Westinghouse vállalattal egy nagy kapacitású erőmű-blokk megépítéséről. Az új blokkot az amerikai partnerekkel együttműködésben, teljes egészében állami tulajdonban építenék fel a Jaslovské Bohunice-i atomerőmű területén.

Olaszország – közel negyven évvel az utolsó atomerőművének bezárása után – ugyancsak az atomenergia újbóli bevezetését fontolgatja. Erre azért került sor, mert az ország energiaárai Európa legmagasabbjai közé emelkedtek. Az olasz kormány szakértői egyeztetéseket folytat, és konkrét terveket készít az atomenergia-termelés újraindítására. Előzetesen Kanadában és Franciaországban folytattak tanulmányokat, emellett dél-koreai és amerikai technológiai megoldásokat is megvitatottak. A tervezet ugyanakkor kétséges: míg a jelenlegi kormány az atomenergia bevezetésében látja az olasz gazdaság versenyképességének javulását, a társadalom ellenzi azt, korábban kétszer is elsöprő többséggel szavaztak a nukleáris energia kivezetése mellett, először 1987-ben, majd 2011-ben.

Forrás: saját szerkesztés

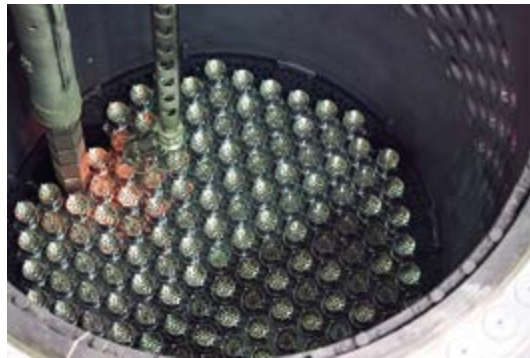
Sikerrel zárult az orosz balesetálló nukleáris üzemanyag ötéves tesztüzeme

A Rosztovi Atomerőmű 2. blokkján sikeresen befejeződött az úgynevezett balesetálló üzemanyag (angol rövidítéssel ATF - Accident Tolerant Fuel) teljes üzemanyagciklust lefedő tesztelése. A Roszatom nukleáris üzemanyaggyártó üzletága, a TVEL szakemberei fejlesztették ki az atomreaktorok üzemzavari és vészhelyzeti állapotainak ellenálló innovatív üzemanyagot. A balesetálló tesztüzemanyagot 2021-ben helyezték be a rosztovi 2-es blokk VVER-1000-es reaktorába, ahol három, 18 hónapos teljes üzemanyagciklust teljesítettek. Az egység

szokásos tervezett leállása során az üzemanyagot most eltávolították a reaktorból, és további vizsgálatoknak vetik azt alá.

Az üzemi körülmények között végzett teszteléshez három TVSZ-2M típusú üzemanyag-kazettát használtak, amelyek mindegyikében 12 innovatív üzemanyagpalcát helyeztek el. Hat közülük króm-nikkel ötvözetből készült 42HNM típusú volt, a másik hat anyaga krómzott cirkóniumötvözet volt. Az új anyagok használata lehetővé teszi súlyos üzemzavari helyzetben a gőz-cirkónium

reakció kialakulásának megelőzését, illetve jelentős lassítását a reaktorban, elejét véve a robbanásveszélyes hidrogén képződésének.



Öt éven át voltak a Rosztov Atomerőmű 2-es blokk reaktorában a nikkell bevonattal ellátott cirkónium-nióbium üzemanyagpálcákat tartalmazó kazetták
Fotó: Roszatom

A balesetálló üzemanyag sorozatgyártásához a Glazovban található Csepecki Gépgyárban létrehoztak egy olyan részleget, ahol krómbevonatokat lehet felvinni a hagyományos cirkóniumötveztből készült üzemanyagpálcákra. Ez lehetővé tette a vállalat számára a sorozatgyártást, amelyekből kazetták

készültek, ami azt jelenti, hogy mind a három kazetta egyenként 312-312 krómozott cirkónium üzemanyagpálcát tartalmaz. Bevett gyakorlat a világon, hogy az új típusú nukleáris üzemanyag bevizsgálásához és minősítéséhez előbb vegyesen helyeznek el hagyományos és innovatív üzemanyagpálcákat, majd a sikeres teszt után teljesen az új típusú üzemanyagpálcákból álló kazettákat tesztelik.

A balesetálló üzemanyag a nukleáris üzemanyag-biztonság szempontjából új generációt képvisel. Még hűtőközeg veszteséssel és a hőelvonás leállításával járó súlyos baleseti helyzetben is képesek a kazetták kellően hosszú ideig sértetlenek maradni és megakadályozni a gőz-cirkónium reakciót és a hidrogénfejlődést. A balesetálló üzemanyag bevezetése kulcsfontosságú ahhoz, hogy az atomenergia rendszerbiztonságát és megbízhatóságát minőségileg új szintre lehessen emelni.

Forrás: Roszatom közlemény

Bekapcsolták Európa legnagyobb vanádiumakkumulátorát

Folyékony elektrolitokat tartalmaz az az újfajta akkumulátor, amelyet Spanyolországban teszteltek. Az élettartama akár 20 éves is lehet, és jelentős előrelépést hozhat az energiatárolás terén.

Fordulópont jöhet a fenntartható, hosszú távú energiatárolásban: Spanyolország nemrégiben befejezte a kontinens legnagyobb vanádium-áramlásos akkumulátorának üzemi tesztelését – számolt be róla március végén az Interesting Engineering.

A tesztelést az ország északnyugati részén fekvő Fundación Ciudad de la Energía nevű, kormányzati támogatott technológiai intézetben végezték. Az úgynevezett vanádium redox áramlásos akkumulátort (VRFB) 1 MW / 8 MW teljesítményre tervezték, ami annyit

tesz, hogy 1 megawatt teljesítményt tud leadni, 8 megawattot pedig eltárolni.

Az intézmény közlése szerint az akkumulátort nemcsak energiatárolásra tervezték: kísérleti platformként is szolgál különböző tárolótechnológiákhoz is.

A VRFB-akkumulátorok hosszú élettartamú, újratölthető energiatároló rendszerek, amelyek folyékony elektrolitban

vanádiumionokat alkalmaznak az energia tárolásához, külső tartályokban – nem szilárd elektródákban.

Az egyedi kialakítás tartósabbá is teszi az akkumulátort: a hagyományos lítium-ion telepekkel szemben az új rendszer akár napi 15 órán keresztül is képes energiát biztosítani, és elérheti az akár 20 éves élettartamot is.

Forrás: interestingengineering.com



A vanádium-áramlásos akkumulátoros tárolórendszer
Fotó: interestingengineering.com

Kínában sikerült az eddigi lehetetlen

Kína nukleáris fúziós reaktora, az úgynevezett "mesterséges Nap" jelentős mérföldkőhöz érkezett: a kutatóknak sikerült a plazmát a megszokott működési tartományon túl is stabilan tartaniuk, ezzel közelebb kerülve a gyakorlatilag korlátlan, tiszta energia megvalósításához – számolt be a Livescience.

A Kísérleti Fejlett Szupravezetős Tokamak (EAST) a plazmát – az anyag nagy energiájú, negyedik halmazállapotát – extrém magas sűrűségeen tudta stabilan fenntartani. Ez korábban komoly akadálynak számított a fúziós kutatásokban.

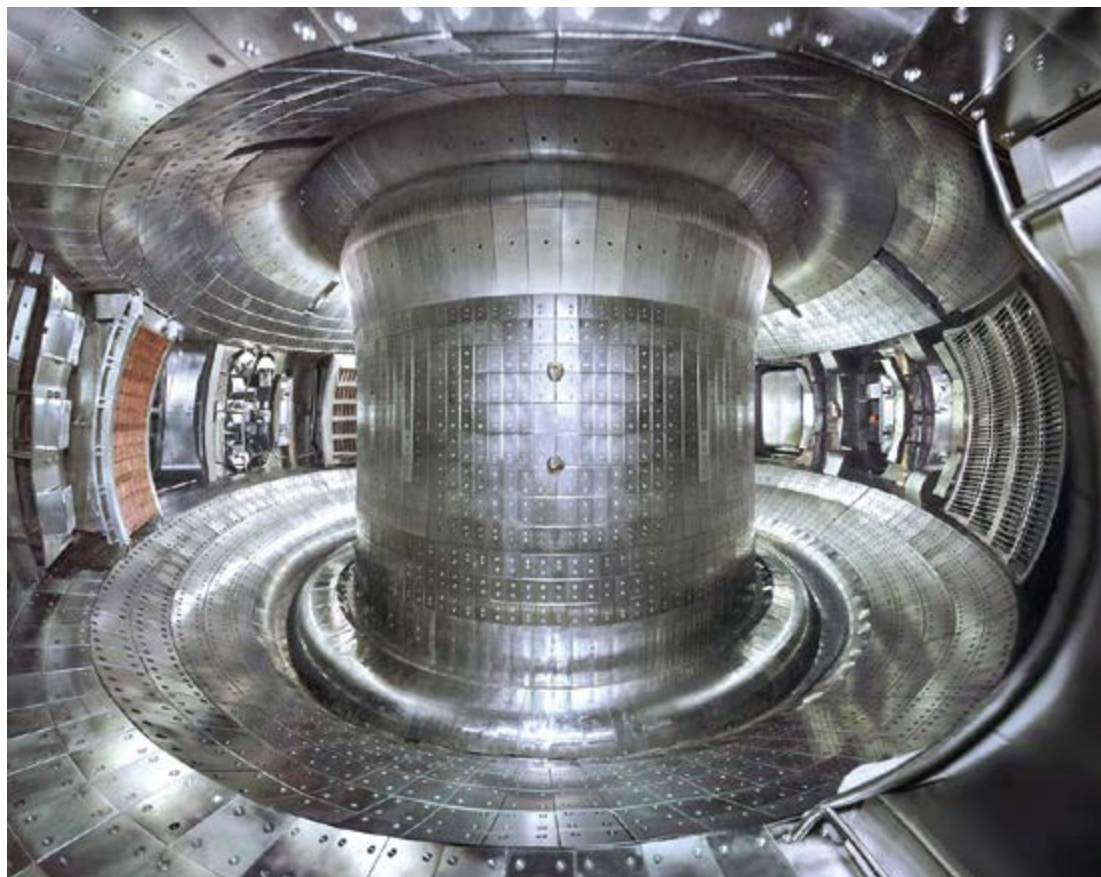
A január elején a Science Advances folyóiratban megjelent tanulmány

szerint az eredmények gyakorlati és skálázható megoldást kínálnak a sűrűségi korlátok kiterjesztésére a tokamakok és a következő generációs fúziós berendezések tervezésében.

A nukleáris fúzió gyakorlatilag kimeríthetetlen, tiszta energiaforrást ígér minimális mennyiségű nukleáris hulladékkal és üvegházhatású gázok kibocsátása nélkül. A technológia fejlesztése azonban több mint hetven éve tart, és a reaktorok ma is jellemzően több energiát fogyasztanak, mint amennyit termelnek. A klímaváltozás hatásainak mérséklésére ezért a fúzió egyelőre nem kínál azonnali megoldást, hosszabb távon viszont kulcsszereplővé válhat az energiatermelésben.

A fúziós reaktorok két könnyű atommagot olvasztanak össze egyetlen nehezebb atommá, nagy hőmérséklet és nyomás mellett – hasonlóan ahhoz, ahogyan a Nap is termeli az energiáját. Mivel a Földön nem állítható elő a Nap belsejében uralkodó óriási nyomás, a tudósok ezt azzal kompenzálják, hogy a plazmát a Nap maghőmérsékleténél is jóval forróbbra hevítik.

Az EAST egy úgynevezett tokamak, vagyis mágneses összetartású fúziós reaktor. A plazmát egy fánk alakú vákuumkamrában tartja fogva, rendkívül erős mágneses mezők segítségével. A tokamak típusú berendezések még nem érték el a fúziós begyűjtést – azt a pontot, amikor a folyamat teljesen



Az EAST plazmakamrája, ahol rendkívül erős mágneses tér tartja egyben a sok millió fokos plazmát, amelyben a fúzió végbemegy

Fotó: Robert Mumgaard / Wikimedia Commons

önfenntartóvá válik –, az EAST azonban fokozatosan, egyre hosszabb ideig tud stabilan bezárt plazmát fenntartani.

A fúziós kutatások egyik kulcsakadálya az úgynevezett Greenwald-határ: e sűrűségi küszöb felett a plazma általában instabillá válik. Ez azért gond, mert a nagyobb plazmasűrűség több ütközést tesz lehetővé az atommagok között, ami csökkentené a begyűjtáshoz szükséges energiát. Ha azonban az instabilitás fellép, a fúziós reakció összeomlik.

Az EAST kutatói ezt az akadályt úgy hidalták át, hogy nagyon pontosan szabályozták a plazma és a reaktor belső falának kölcsönhatását. Két kulcsfontosságú paramétert finomhangolva sikerült a plazmát a Greenwald-határ 1,3–1,65-szörösén stabilizálniuk.

Ez jelentős előrelépés a korábbi, nagyjából 0,8–1,0 közötti szokásos működési tartományhoz képest.

Az EAST-nél és az amerikai laboratóriumokban elért áttörések közvetlenül hozzájárulnak az új generációs reaktorok tervezéséhez. Kína és az Egyesült Államok egyaránt részt vesz a Nemzetközi Termonukleáris Kísérleti Reaktor (ITER) programban, amelyben több tucat ország működik együtt a világ legnagyobb tokamakjának felépítésén Franciaországban. Az ITER – amely várhatóan 2039-ben kezdi meg a teljes értékű fúziós kísérleteket – szintén kutatási célú kísérleti reaktor lesz, de megnyithatja az utat a jövő kereskedelmi fúziós erőművei előtt.

Forrás: Portfolio.hu

Folytatódik a Paks II. Atomerőmű oktatóinak képzése

A Paks II. Atomerőmű majdani személyzetének kiképzésében részt vevő betanuló szimulátor instruktorok gyakorlati képzése a Leningrádi Atomerőmű II. kiépítés oktatási központjában zajlik – közölte március elején a Roszatom.

A képzés egy teljes hónapon át tartott az atomerőmű blokkvezénylőjében, illetve a blokkvezénylő szimulátorban. Ennek részeként a Paks II. Atomerőmű leendő oktatói megismerkedtek a blokkvezénylőben az egyes üzemiállapotokra történő átállásokkal, és nemcsak a normál üzemiállapot helyzeteket, hanem a tervezési alaphoz tartozó és a tervezési alapon túli baleseti helyzetek kezelését is gyakorolták. A záróvizsga előtti utolsó gyakorlat során a magyar

betanuló oktatók valós átállásokat figyelhettek meg a blokkvezénylőben, és közvetlenül a szimulátorban gyakorolhatták be azokat. A résztvevők a folyamatban lévő képzési szakasz végén blokkügyeletesi szerepben adtak számot a Roszatom Műszaki Akadémián kapott képzés során szerzett elméleti ismeretek elsajátításáról. Emellett a majdani paksi kiképzők fejlesztették a gyors és pontos döntéshozatal, valamint az utasításkövetés képességét és a vezetői kompetenciákat is.

Forrás: Roszatom közlemény

Felpörgeti a kis reaktorépítéseket az EU

Az Európai Bizottság március 10-én bejelentette új stratégiáját a kis moduláris atomreaktorok (SMR-ek) telepítésének felgyorsítására. A lépést kényszer szülte, mert az ipar jelentősen növekvő energiaéhsége azonnali, stabil alaperőműveket követel, aminek a kiépítésében Közép-Európa és hazánk is lépéselőnybe kerülhet.



Kis moduláris atomreaktor illusztráció
Fotó: Adobe Stock

Az Európai Bizottságnak a kis moduláris atomreaktorok térnyerését célzó stratégiája egyértelmű beismerése annak, hogy az eddigi zöldenergia-politikai irányvonalak kiegészítésre szorulnak. A közzétett program szerint az első európai SMR-projektek már a 2030-as évek elején termelésbe állhatnak, a kontinens teljes beépített SMR-kapacitása pedig 2050-re elérheti a 17 és 53 gigawatt közötti sávot.

Ez a volumen abszolút értékben nem lebecsülendő, hiszen a legfelső határérték mintegy 26 darab mai Paksi Atomerőmű (mind a négy blokkot ideértve) teljesítményének felel meg, és az 53 GW a mai európai atomerőművi kapacitás erejének durván a fele. Bár az ezer gigawattos teljes uniós energiamixben ez a kapacitás arányaiban csupán 5% körüli szelet,

a hálózati jelentősége óriási, mert ezek a reaktorok az időjárás szeszélyeitől függetlenül, a nap huszonnégy órájában képesek stabil zsinóráramot biztosítani.

Az európai atomerőművi tervek teljes körű megvalósítása ugyanakkor gigantikus tehertétel, mintegy 241 milliárd eurós beruházást igényel a következő évtizedekben.

Forrás: makronom.eu

AZ MVM 2025. ÉVI OKTATÁSI EREDMÉNYEI SZÁMOKBAN



FELSŐOKTATÁS



3

MVM ipari tanszék
(ÓE, ME, PTE)



200+

mérnökhallgató
számára
üzemlátogatás



1

önálló
tantárgy

2

energetikai
MVM specializáció

35

duális hallgató
szerzett gyakorlati
tapasztalatot
az MVM-nél

SZAKKÉPZÉS



260

tanuló

Épületgépészet ágazatban
Szakma Sztár döntős tanuló



7

MVM Energetikai
Ágazati Képzőközpont
tanműhely



4

ágazatban

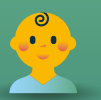
15

szakmában
duális képzés

141

hallgató vett részt az
Energiaszektor Alapismeretek
interdiszciplináris tantárgyunk
oktatásán 3 egyetemen

KÖZNEVELÉS



3

munkahelyi
bölcsőde



15.000

diákot értünk el
pályorientációs
programokkal



18

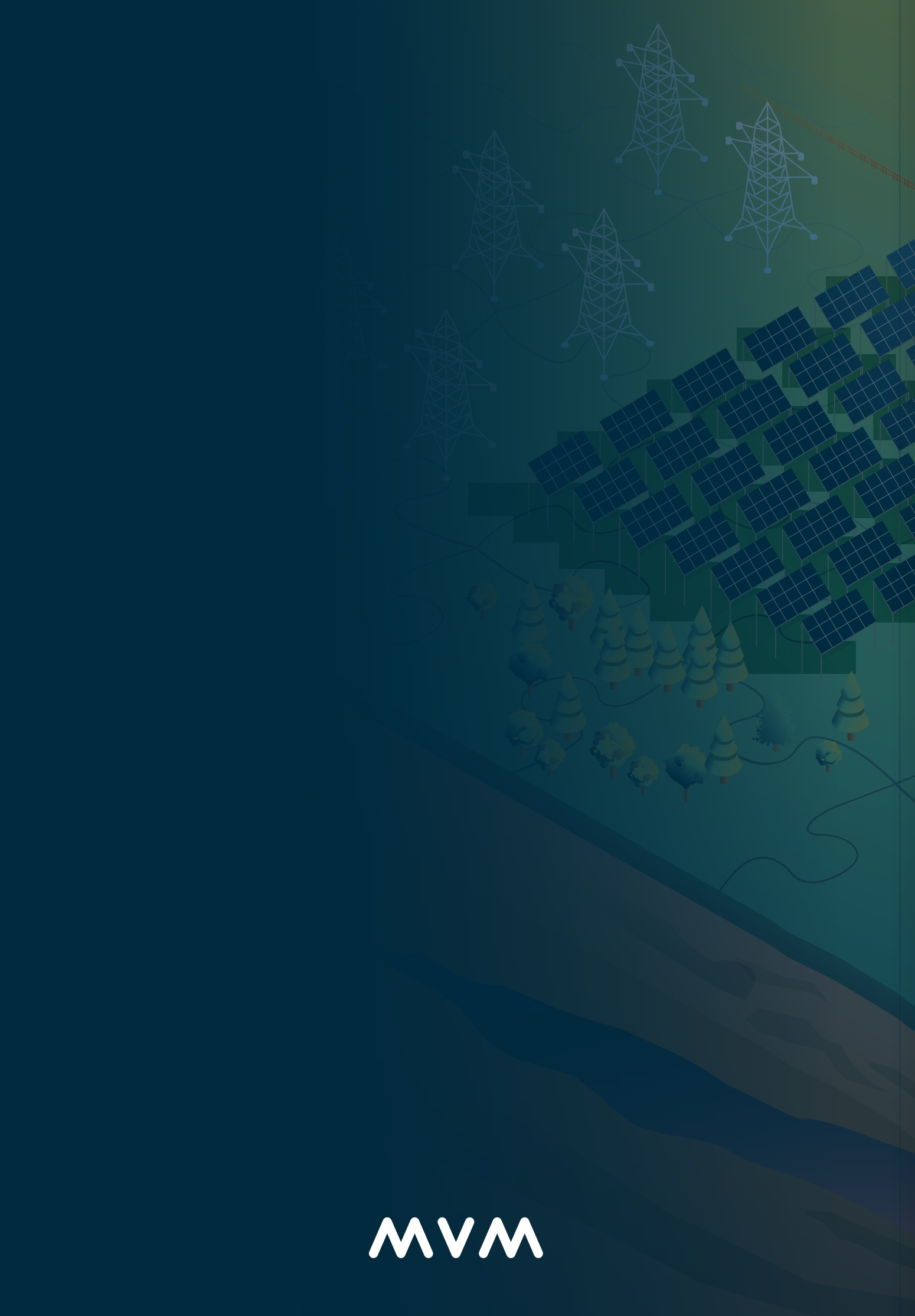
stratégiai
partneriskola

6

megyében

15

MVM Energetikai
Kiválósági Ösztöndíjas
projektmunka
kiválasztása



MVM