



## **A MAGYAR MÉRNÖKAKADÉMIA AJÁNLÁSAI**

### **Energia- és klimatechnológia-menedzsment**

Dr. Bársony István, akadémikus

Dr. Berta István, professor emeritus

Dr. Csete Mária, egy. doc., BME Környezetgazdaságtan Tanszék

Dr. Kiss István, egy. doc., BME VET

Králik István, Videxim

Dr. Németh Bálint egy. doc., BME VET

Szűcs Róbert, Videxim

Készült az MMA INNOKATALIZÁTOR 2021 Programját támogató NKFIH ED\_18-1-2019-0016 számú Szerződés keretében

**Budapest, 2020. április 15.**

## 1. Bevezetés

Ez a tanulmány a Magyar Mérnökakadémia INNOKATALIZÁTOR 2021 projektjéhez való hozzájárulás az Energia- és klímatechnológia-menedzsment területén. Célunk a szakterülettel kapcsolatos nemzetközi (globális, európai, regionális) és hazai ismeretek, tapasztalatok, programok, tendenciák figyelembevételével annak áttekintése, hogy milyen innovációs lehetőségek jelentkeznek az aktuális kihívásokkal kapcsolatban, amelyek esetleges támogatás esetén, hosszabb távon anyagi előnnyel járnak (bevételtermelés és/vagy költségcsökkentés), tartósan sikeresek lehetnek.

Tekintettel arra, hogy a közelmúltban jelent meg több olyan kormányzati dokumentum, amely hasonló kéréseket is tárgyal (Nemzeti Energiastratégia 2030 (kitekintéssel 2040-ig); Magyarország Nemzeti Energia- és Klímaterve (NEKT); Klíma és Természetvédelmi Akcióterv) a fenti célkitűzés egyfajta látókör-bővítést jelent, néhány olyan téma, szempont felvetését, amely a stratégiai dokumentumokhoz illeszkedve többletinformációt nyújt az azokban foglaltakhoz képest. (Az említett dokumentumokban a „kutatás, az innováció és a versenyképesség dimenziója” megnevezéssel szerepel.) Ezt a dimenziót az összes további fejezetben szem előtt tartjuk, ezt a tényt külön nem fogjuk kiemelni a szövegben, ellenben megjelöljük, melyek azok a pontok, amelyek az ITM dokumentumokban foglaltakon túl innovációs lehetőséget jelenthetnek.

Maga a terület olyan nagy és szerteágazó, hogy célszerű a feladatot több részre bontani. Ebben a tanulmányban a villamos energetikát helyezük a középpontba. Első sorban a technológiára koncentrálunk, de figyelembe vesszük a fenntarthatósági és klímavédelmi vonatkozásokat. A klasszikus „termelés – szállítás – felhasználás” felosztás mellett célszerű figyelembe venni a NEKT-ben nevesített 5 dimenziót (amelyből az utolsót már idéztük, de a teljesség kedvéért itt is megismételjük):

- dekarbonizáció,
- energiahatékonyság,
- energiabiztonság,
- belső energiapiac (ez belül számunkra az infrastruktúra hangsúlyos),
- kutatás, az innováció és a versenyképesség.

A fentiek kapcsán megjegyezzük, hogy egy innováció sikerességét tehát nem kizárólag a bevételtermelő-képesség jellemezheti (bár általában kétségtelenül ez az elsődleges fokmérő), hanem más célok sikeres elérése is, például rendkívüli járványügyi helyzetben a nagy biztonságú villamosenergia-ellátás kulcsfontosságú. Az természetesen általános cél, hogy minél kisebb környezetterheléssel, kis veszteséggel, minél jobb eredőhatásfok mellett jusson el a megtermelt energia a fogyasztóhoz. Ez az egyes területeken a fenti dimenziók tükrében eltérő módon valósul meg.

## 2. Villamosenergia-termelés

Az öt dimenzió közül ezen a területen jelentkezik legerőteljesebben a dekarbonizáció, hosszú távú célkitűzésként a karbonsemlegesség elérése. A NEKT ezzel kapcsolatban két fő területet mutat be: az üvegház-hatású gázok kibocsátásának csökkentését (ill. azok eltávolítását), valamint a megújuló energiaforrások egyre nagyobb mértékű alkalmazását.

Hasonló célokat fogalmaz meg az a tanulmány is, amelyet a Euro-CASE (az mérnökakadémiák európai szervezete) készített 7 EU-tagország dekarbonizációs törekvéseinek bemutatására (Energy Transitions in Europe, Common Goals but Different Paths). Itt a különböző országok saját adottságai is megjelennek, a hasonló célokat eltérő módokon próbálják elérni. A „transition” az említett anyagban a fosszilis energiatermelésről a megújulóakra való átállást jelenti. Itt érdemes megemlíteni, hogy a 2019. évben Budapesten tartott International Symposium on High Voltage Engineering (ISH 2019) rendezvényen átfogó áttekintést kaptunk arról, hogy a megújuló energiák kiaknázási lehetősége mennyire eltérő Európában, a földrajzi adottságok jelentős mértékben meghatározzák, hogy milyen energiatermelési módokat érdemes alkalmazni az egyes országokban.

Visszatérve a Euro-CASE tanulmányra, a 21. ábra azért érdekes, mert – miközben világszinten az energiaigény folyamatosan nő – az EU-ban ez a tendencia nem igaz, és nem csak a korábbi gazdasági válság hatására (bár a diagramon ez is beazonosítható), hanem a növekvő energiahatékonyság miatt is. Nem véletlen a NEKT azon célkitűzése, hogy hazánk végső energiafelhasználása 2030-ra lehetőleg ne haladja meg a 2005. évi értéket.

Sajnos világszinten a helyzet nem ennyire kedvező. A fejlett iparral rendelkező nagy kibocsátók és a feltörekvő gazdaságok még huzamosabb ideig rákényszerülnek a fosszilis energiahordozók használatára. Ezen belül a kőszén szerepének növekedése várható (ld. Dr. Bársony István kéziratában a 3. ábrát, amit megerősít a mérnökakadémiák és technológiai tudományok akadémiaiának nemzetközi tanácsa /CAETS/ által kiadott „Pathways to Sustainability in the Energy, Mobility and Health Care Sectors” dokumentum is).

Ami miatt ezt megemlítjük, az egy sajátos ok az innováció szempontjából: olyan projekteknél való részvétel, amely ezen technológiák korszerűsítését, környezetbaráttá tételét célozzák. Példaként említhetjük a gáztisztítás, gázkezelés különböző módozatait, mint az elektrofilterek, vagy a hidegplazma eljárások, amelyekkel különböző veszélyes gázok kezelhetők.

Miközben Magyarországon a NEKT célkitűzéseivel összhangban csökken a villamos energiát fosszilis energiából termelő erőmű kapacitás, nemzetközi együttműködés keretében van lehetőség olyan innovációra is, amely ezen a területen képes bevételtermelésre. Az itt hasznosuló kutatási – fejlesztési – innovációs eredmények más iparágakban is felhasználhatók, ahol a jelentős porkibocsátás megakadályozása a cél. Ide értendő a biomassza tüzelés is.

A Euro-CASE kiadvány 10. ábrája egyre növekvő biomassza-felhasználást mutat. Ez a növekedés a magyarországi adatokban is jelentkezik (NEKT 4. táblázata). Ráadásul a technológia nem csak a biomassza tüzelésű erőműveknél alkalmazható (pl. Pécs), Nyugat-Európában terjedőben van a háztartási fűtési rendszerekben is, a pernyekibocsátás csökkentésére.

Itt emlíjtük meg azt a tanulmányt, amely GLOBÁLIS ÉS HELYI FENNTARTHATÓSÁG, KÖRNYEZTMENEDZSMENT témakörben készült Dr. Ligetvári Ferenc vezetésével. A szennyvízre alapozott energianövénytermesztés a tanulmányban részletezett módon a rezsicsökkentés eredményeinek fenntartását is szolgálja. (Figyelemre méltó, hogy a dokumentum 19. ábrája szerint Magyarországon 2017-ben a villamos energia ára a 3. legolcsóbb volt a bemutatott országok között.)

A megújuló energiaforrások vonatkozásában megemlítjük a CAETS-2020 Energy Report-ban (szerző Dr. Aszódi Attila) szereplő megállapítást, amely a jelenlegi három legfontosabb megújuló energiaforrásként a biomassza és hulladékfelhasználást, valamint a szélenergia hasznosítását nevezi meg.

Bár hazai vonatkozásban a NEKT leginkább a meglévő szélérőműpark fenntartásával számol (előtérbe helyezve a rohamosan növekvő fotovoltaikus villamosenergia-termelést), olyan lehetőségeket is vizsgál, amelyek további szélérőmű kapacitás beépítését teszik szükségessé.

A szélturbinák esetén nemzetközi tendencia a teljesítménynövekedés, amelyet jelentős méretnövekedéssel érnek el. Ez azonban olyan problémákat is felvet (pl. a szélturbinák villám- és túlfeszültségvédelmének fejlesztése), amelyek szintén nemzetközi együttműködésben kínálkozó innovációs lehetőséget jelentenek.

A NEKT hangsúlyosan foglalkozik a nukleáris energiatermeléssel, mint olyan technológiával, amely nem csupán a dekarbonizáció, hanem az ellátásbiztonság dimenziójából is fontos. Paks 2 szükségességéről a Mérnökakadémia korábban már nyilvánított véleményt, itt most azt szeretnénk megemlíteni, hogy a biztonságos üzemvitel elősegítését több olyan innováció is szolgálhatja, amely a villamos komponensek diagnosztikai módszereinek fejlesztéséhez kapcsolódik. (Együttműködés a Nemzetközi Atomenergia Ügynökséggel.)

Különösen érdekes az elektromobilitás kérdése, amelyre a villamosenergia-szállítással kapcsolatos fejezetben ki fogunk térni. A termeléssel kapcsolatban azért említjük, mert az egyre jobban elterjedő villamos meghajtású gépjárművek hozzájárulnak a villamosenergia-igény növekedéséhez. (Igaz, cserébe a szénhidrogén alapú üzemanyag-felhasználás csökken.)

Mind az elektromobilitás, mind a megújuló energiaforrások kapcsán megjelenik az energiatárolás szükségessége. Ezzel külön fejezetben foglalkozunk. Itt egy olyan vonatkozásra szeretnénk felhívni a figyelmet, mely sokszor elsikkad a megújuló energiák és az elektromobilitás elterjedésének vizsgálatakor, pedig döntően befolyásolja azok fenntarthatóságát.

Ez a vonatkozás az említett technológiák nyersanyag-háttérére. Dr. Bársony István Akadémikus Úr figyelemre méltó cikket jelentetett meg a Magyar Tudományos Akadémia folyóiratában, amely teljes terjedelmében itt érhető el:

[https://mersz.hu/hivatkozas/matud202007\\_f43925#matud202007\\_f43925](https://mersz.hu/hivatkozas/matud202007_f43925#matud202007_f43925)

Leglényegesebb megállapításait az alábbiakban idézzük.

„Évszázadunkban az emberiség túlélési dilemmáját az alábbi két szélsőséges opcióval jellemezhetjük:

- a folytonos gazdasági növekedés ökológiailag indokolt feladása - ami akár gazdasági és szociális összeomlással fenyegethet, vagy
- a gyorsuló technológiai fejlesztés töretlen folytatása – még létezésünk alapfeltétele, a globális ökoszisztéma lerombolásának a kockázata árán is.

Nyilvánvaló, hogy a gyakorlatban egyik út sem járható. Egyesek a rövidtávú szavazatszerzés érdekében lekicsinylik a veszélyt, és a második opciót helyezik előtérbe. Mások a klímaváltozást féken tartó nagyléptékű technológiai megoldások támogatására állami beavatkozást követelnek pl. a Green New Deal keretében (Cortez, O., 2019).

Modus Vivendit csakis a „fenntartható fejlődés” jelenthet mind gazdasági, mind társadalmi téren, amit természetesen a nagypolitika is felismert. Csakhogy mint láttuk, a voksok megszerzéséért folytatott versenyben a rendkívül komplex globális ökoszisztéma egy-egy elemének megalapozatlan, „kampányszerű” fejlesztésével a környezetben is nagyobb kárt okozhatunk, mint a kezelni kívánt probléma maga.

Az üdvözlendő napenergia-hasznosító (Gao, W. et al., 2019) nanotechnológiai fejlesztések mellett a technológiai lehetőségek mindenhatóságának túlhangsúlyozása a káros folyamatok megfékezésében, pl. nanorendszerek fejlesztése a légköri CO<sub>2</sub> koncentráció globális megkötésére (Han, Y. et al.; 2019), sokszor a legkézenfekvőbb természetes megoldásokat szorítja háttérbe.

A napokban ismertetett a Science (Bastin, J.F. et al., 2019) egy tudományos körökben sokat hivatkozott „felfedezést”, hogy erdősítéssel is meg lehetne kötni (időszakosan) a széndioxid felesleget! Bőven van még hasznosítható terület a glóbuszon, hiszen gyakorlatilag már csak Amazónia egy része borított 100%-ban őserdővel. Egymilliárd hektárnyi erdő ültetése a klímafélők szerint is akár már középtávon kezelhetővé tenné a CO<sub>2</sub> kibocsátás okozta globális felmelegedés eskalációját.

A „klímavédelmi megoldások” globális léptékű alkalmazásánál tehát helyénvaló a tudományosan megalapozott, megfontolt előrehaladás; a fenntartható fejlődés érdekében indokoltak az óvatos fenntartások.

### **3. A villamos energia szállítása**

Ebben a fejezetben az energiabiztonság és a belső energiapiac infrastruktúrára vonatkozó része kap hangsúlyos szerepet. Tulajdonképpen két, egymásnak ellentmondó szempont „viaskodik” napjainkban. Az egyik a fajlagos költség csökkentésének jól ismert törvényszerűsége: minél nagyobb teljesítményű erőművekben termeljük meg a villamos energiát, annál kisebb lesz a fajlagos költség. Ez a megújulóknál az egyre nagyobb méretű szél- és vízenergia, a minél nagyobb kiterjedésű napelem-parkok létesítésére ösztönöz, fenntartva a jelenlegi struktúrát, sőt fejlesztési igényt támasztva a jelenlegi távvezeték hálózattal kapcsolatban.

A másik elgondolás a decentralizált energiatermelés és fogyasztás, amely a NEKT-ben is megjelenik. Az USA-ban olyan vélemény is megjelent, amely szerint a nagyhálózatok elemeinek karbantartása felesleges, teljesen a villamos energia decentralizált termelése és felhasználása felé kell fordulni. Ez utóbbi felfogás kisközösségekben helytálló lehet, de nagyvárosban, jelentős iparterületeken létfontosságú a villamosenergia-energiaellátást biztosító hálózat megfelelő állapota.

Különösen fontos ez olyan esetben, amikor a megújuló energiát használó villamosenergia-termelés és a felhasználás helye nem esik egybe. A termelés növekedése ilyenkor vagy új létesítést igényel, vagy a meglévő távvezetéseket kell terhelni, amilyen mértékig csak lehet, megtalálva a létező hálózaton a legjobb útvonalat termelő és fogyasztó között.

Ezzel foglalkozott az egyik utolsó nagy EU FP7-es projekt, a BEST PATHS, amelyben magyar résztvevők is szerepeltek. A projekt 5 demonstrációs alprojektet tartalmazott, amelyek a következő ábrán láthatók. Az innováció szempontjából ez egyrészt azért lényeges, mert az itt szerzett tapasztalatok kamatoztathatók későbbi projektekben, megalapozzák (megalapozták) H2020-as projektek elnyerését. Másrészt itt szeretnénk illusztrálni azt, hogy a nagy projektek kapcsán is lehet olyan innovatív megoldást alkotni, amely viszonylag kis költségigényű, de nagy jelentőségű. (Itt jegyezzük meg, hogy a NEKT ösztönzi a hasonló nagyprojekteken való részvételt.)

A 4. demonstrációs projekt kapcsán jelent meg a NEKT-ben is említett dinamikus távvezetékterhelés (DLR), amely lényege, hogy adott környezeti körülmények között minél

jobban megközelítsék a távvezeték által még biztonságosan szállítható villamos energia mennyiségét. Természetesen ehhez megfelelő meteorológiai modellek is szükségesek, amint az a megújuló energia-termelés várható időbeli becslésénél is elengedhetetlen.



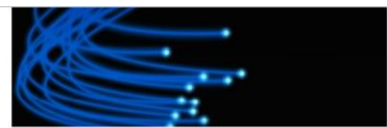
**DEMO 1**  
**HVDC links in offshore wind farms and offshore interconnections**

The aim of this demonstration is to reduce the risks of HVDC links connecting offshore wind farms and to foster new suppliers and sub-suppliers of HVDC technology.



**DEMO 2**  
**HVDC-VSC Multivendor Interoperability**

The goal of the demonstration is to outline the conditions to ensure maximum interoperability for HVDC-VSC converters connected to a DC system.



**DEMO 3**  
**Upgrading multi-terminal HVDC links using innovative components**

The demonstration aims to design, develop and test new technological solutions allowing to upgrade multi-terminal HVDC links.



**DEMO 4**  
**Innovative Repowering of AC Corridors**



**DEMO 5**  
**SUPERCONDUCTING CABLES FOR VERY HIGH POWER TRANSMISSION**

Az ellátásbiztonság dimenziója itt is érvényesül, a karbantartási és egyéb feladatok végrehajtásakor a folyamatos villamosenergia-ellátás érdekében nem szeretnénk kikapcsolni a vezetékét, ez azonban feszültség alatti munkavégzéssel (FAM) jár, amelyre különleges szabályok vonatkoznak. A projekt keretében a magyar kollégák olyan szerelő kocsit dolgoztak ki, amely a távvezeték sodronyon közlekedik és egyedülálló módon képes áthaladni a függőszigetelők rögzítési pontjain. Ezen a területen innovációs perspektívát jelent a drónok és robotok alkalmazása is.

A sikeres projekt kapcsán további nagyprojektekbe (H2020) való becsatlakozásra nyílt lehetőség, amelyek áttekintése a következő ábrákon látható.

A klímaváltozás hatása a távvezetéseken is jelentkezik. Egyrészt, nagyobb környezeti hőmérséklet esetén csökken a terhelhetőség, másrészt a Föld egyes területein megnövekszik a villámsűrűség. Ez indította a CIGRÉ-t (nagy energiahálózatokkal foglalkozó nemzetközi szervezetet), hogy külön munkabizottságot hozzon létre az elosztóhálózatok villámvédelmének és túlfeszültségvédelmének felülvizsgálatára.

(Megjegyezzük, hogy a LINET rendszerből származó információk szerint a klímaváltozás hatása sok esetben ellentmondásos. A Föld bizonyos területein valóban drasztikusan megnőtt az átlagos éves villámcsapások száma, másutt viszont nem tapasztaltak jelentős változást, ilyen hazánk területe is.)

A környezetvédelem szempontjából jelentős fejlesztést jelent bizonyos anyagok kiváltása a jelenlegi hálózati elemekből. Ilyen pl. a megszakítóknak, gázszigetelésű kapcsolóberendezésekben lévő SF6 gáz cseréje vagy a transzformátorok olaj-papír szigetelések ásványolaja. (Utóbbinak kiváltása észter alapú szigetelő olajokra folyamatban van.)

## FLEXITRANSTORE projekt (2017-2022)



**FLEXITRANSTORE** – An Integrated Platform for Increased FLEXibility in smart TRANSMission grids with STORAge Entities and large penetration of Renewable Energy Sources

H2020 felhívás: *LCE-04-2017: Demonstration of system integration with smart transmission grid and storage technologies with increasing share of renewables*



Konzorcium: **28 tag, 15,8 millió EUR keret**

A BME két demonstrációs program vezetése:

- Demo 3 – Increase resilience of the cross-border lines with sensors for de-icing solutions;
- Demo 5 – New wholesale market approach with flexibility services

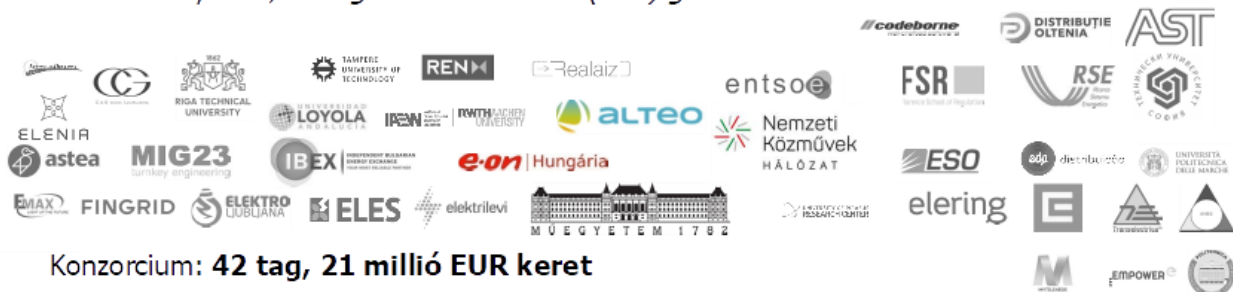
2020-04-01

<szám>

## INTERFACE projekt (2019-2021)

**INTERFACE TSO-DSO-Consumer INTERFACE architecture** to provide innovative grid services for an efficient power system

H2020 felhívás: *LC-SC3-ES-5-2018-2020: TSO-DSO-Consumer: Large-scale demonstrations of innovative grid services through demand response, storage and small-scale (RES) generation*



Konzorcium: **42 tag, 21 millió EUR keret**

A BME feladatai két demonstrációs program vezetése:

- Demo 4 – “Asset-enabled local markets” Microgrid local electricity markets using the assets capabilities;
- Demo 7 – “Spatial Aggregation of Local Flexibility” A EUPHEMIA-based market platform to engage local flexibility resources

2020-04-01

<szám>

## FARCROSS projekt (2019-2021)

**FARCROSS** Facilitating Regional CROSS-border Electricity Transmission through Innovation

H2020 felhívás: *LC-SC3-ES-2-2019 - Solutions for increased regional cross-border cooperation in the transmission grid*



A BME feladatai két demonstrációs program vezetése:

- Demo 1 – Complex grid management technology for handling cross-border transmission line capacity-related issues
- Demo 2 – Co-optimized cross-border capacity auction algorithm

2020-04-01

<szám>

A H2020 demói kapcsán már szó esett a nagy egyenfeszültségű hálózatok megjelenéséről. A velük kapcsolatos legújabb eredmények, működési tapasztalatok szintén megjelentek az ISH 2019 rendezvényen. Az itt elhangzottak alapján Magyarországon a belátható jövőben ezek elterjedése nem várható, ugyanakkor az ezekkel kapcsolatos szigeteléstechikai, villámvédelmi problémák nemzetközi együttműködésben szintén jelenthetnek innovációs lehetőséget.

Más a helyzet az épületen belüli egyenfeszültségű hálózatokkal kapcsolatban. A LED világítás, az IoT eszközök elterjedése, a DC törpefeszültségről üzemelő berendezések működtetése már megfontolandóvá teszi ilyen (épületen belüli) hálózatok kiépítését. Ez azért is elgondolkodtató, mert hazánkban az ITM anyaga a világításra fordított energia növekedését prognosztizálja.

Talán az egyik legnagyobb kihívást az e-mobilitás széles körű elterjedéséhez szükséges töltőállomások létesítésével kapcsolatos hálózatbővítési igény jelenti. Ha ehhez azt is hozzá vesszük, hogy nem csak a közlekedési, hanem a fűtési villamosenergia-felhasználás is növekedni fog, nyilvánvalóvá válik, hogy a hálózatfejlesztés valamilyen formája szükségszerű. Ez lehet új és/vagy nagyobb névleges átviteli teljesítményű távvezetékek v. kábelhálózatok létesítése, vagy a meglévők jobb kihasználása, például a DLR-nél említett módon. A NEKT 35. táblázatában ez a probléma nevesítve van és több, a digitalizációra épülő megoldás szerepel benne.

A decentralizáció a hálózati veszteségek csökkentésében is segítséget jelent. Ha kisebb energiamennyiséget kell kisebb távolságra továbbítani, akkor a távvezetékeket kisebb áram



fogja terhelni, tehát keletkező hálózati veszteség is csökken. Ugyanakkor ez a meglévő vezetékek kihasználtságát is csökkenti tehát itt is egymásnak ellentmondó kritériumok jelennek meg, amelyek között az optimumot megtalálni mindig az adott szituációhoz tartozó feladat. Szerencsére a DLR megoldások alapvetően a nagyfeszültségű hálózatokhoz kötődnek, a decentralizált energiatermelés pedig a kis- / közép feszültségű hálózatokhoz, így a feladatok közötti ellentmondás feloldható.

A fejezet végén említést szeretnénk tenni egy olyan dologról, amely az új vezetékek létesítésével kapcsolatban jelentkezik. Ez a lakosság túlzott aggodalma a távvezetékek villamos és mágneses erőtereivel szemben. Hiába született számos publikáció, közönségnek szánt tájékoztató anyag, még mindig sok téves információt találni a sajtóban és a világhálón. Az ezzel kapcsolatos tényszerű ismeretterjesztés megítélésünk szerint fontos lenne az elektromágneses környezet helyes értékelése érdekében.

A fejezet végén említést szeretnénk tenni egy olyan dologról, amely az új vezetékek létesítésével kapcsolatban jelentkezik. Ez a lakosság túlzott aggodalma a távvezetékek villamos és mágneses erőtereivel szemben. Hiába született számos publikáció, a lakosságnak szánt tájékoztató anyag, még mindig sok téves információt találni a világhálón. Az ezzel kapcsolatos tényszerű ismeretterjesztés megítélésünk szerint fontos lenne az elektromágneses környezet helyes értékelése érdekében.

A rendszerirányítás kérdéskörével most nem foglalkozunk, csakúgy, mint a villamosenergia-piacca. Megjegyezzük, hogy ezeken a területeken több olyan projekt is fut pl. FIEK együttműködés keretében, amelyekben a Magyar Mérnökakadémia Tagjai is részt vesznek.

## **A villamos energia felhasználása**

Ebben a fejezetben leginkább az energiahatékonyság áll előtérben az öt korábban említett dimenzió közül. Magyarországon az energiahatékonyság első sorban nem a villamos energia hatékonyabb felhasználásával függ össze, hanem az épületek hatékonyabb szigetelésével, hatékonyabb fűtési módok bevezetésével. Ugyanakkor, amint azt a NEKT is megállapítja, az energiafogyasztás átstrukturálódik és ebben a folyamatban a villamosenergia-részarány jelentősen megnő. Így már lényeges szerep jut a kellően hatékony felhasználásnak.

Ennek elsődleges módja a villamos energia felesleges felhasználásának kiküszöbölése. Az okos technológiák, az IoT elterjedése és a digitalizáció költségeinek csökkenése a közeli jövőben valószínűleg vonzóbbá teszik azoknak az épületinformatikai megoldásoknak a szélesebb körű alkalmazását, amelyeket eddig magas költségvonzatuk miatt főként csak nagyépületekben alkalmaztak, ahol viszont azok használata jelentős költségcsökkenést eredményezett.

A nagyépületeken belül további fejlődési irányok is körvonalazódnak, mint például a DC energiaellátás kialakítása olyan fogyasztók számára, amelyek a villamos energiát eddig is ilyen formában hasznosították, de a kisfeszültségű táphálózatokhoz egyedi AC/DC átalakítókkal csatlakoztak. Az egyik lehetséges irány a DC világítási hálózatok kiépítése, tekintettel az egyre jobban elterjedő LED alapú világításra.

Tulajdonképpen paradoxon: az energiahatékonyság növekedése mellett a háztartások energiaigénye is megnőhet, ha az e-mobilitás kapcsán az akkumulátoros személygépkocsik otthoni töltésére állnak át, a fűtőberendezéseket villamos fűtésűre cserélik stb. Ezért fontos a NEKT-ben említett „energiaközösségek” létrejötte, az elosztott energiatermelés. Valószínű azonban, hogy még ezek mellett sem spórolható meg a hálózat jelentős mértékű fejlesztése.

A NEKT az energiafelhasználással kapcsolatban részletesen vizsgálja az egyes energiahordozók felhasználásának alakulását a három legnagyobb szektor (ipar, közlekedés, háztartások) esetén, és különböző forgatókönyveket, lehetőségeket vizsgál a hatékonyság növelésére. Ezekkel kapcsolatban nem szeretnénk ismétlésbe bocsátkozni, ezért inkább egy olyan területre térünk át, amely szorosan összefügg az iméntiekkel, valamint az ellátásbiztonság szempontjából is hangsúlyos.

## **Energiatárolás**

Az energiatárolás különlegesen neuralgikus kérdés a megújuló energiaforrások kiaknázásának növekedésével. A hálózatstabilitás szempontjából fontos, villamosenergia-rendszerben működő energiatárolási lehetőségekkel több nemzetközi tanulmány is foglalkozik, amint az a mellékletekből „kiolvasható”. Az egyes energiatárolási módok rendelkezésre állása országonként változik, elég például arra gondolni, hogy legnépszerűbb szivattyús-tározós erőművek hazai létesítése milyen akadályokba ütközik.

Van azonban lehetőség arra, hogy ezen a területen is új, innovatív megoldások szülessenek, erre szeretnénk rávilágítani a mellékletben szereplő leírással: Mobilizálható szünetmentes energiatároló rendszer fejlesztése extrém környezeti feltételek melletti felhasználásra.