

A működő smart grid tanulságai egy magyar önkormányzati példán keresztül

Piricz, Noémi

Óbudai Egyetem

piricz.noemi@kgk.uni-obuda.hu

Révész, Balázs

Szegedi Tudományegyetem

reveszb@eco.u-szeged.hu

ÖSSZEFOGLALÓ

Az elektromos áram iránti növekvő globális kereslet, a fenntarthatósági elvárások, a globális Covid-járvány és az orosz–ukrán háború is befolyásolja az elektromos áram ellátási láncát. Tanulmányunkban a közeljövő modern intelligens áramhálózatával, a smart griddel foglalkozunk a menedzsment megközelítésével. Magyarország legújabb és legkomplexebb smart gridjét elemezzük az esettanulmány módszerével. A smart grid szereplőit vizsgáltuk, hogy milyen volt az együttműködés, milyen tanulási folyamatokat tapasztaltak, milyen kockázatokat láttak és látnak most. Eredményeink szerint a megrendelők és a kivitelezők kölcsönösen elégedettek; a számszerű előnyök mellett mindegyik fél fontosnak tartja a különböző területeken megvalósult tanulási folyamatokat is. A kockázatok a modern technológiából, a komplexitásból, az újszerű megoldásokból és működési mechanizmusokból erednek, de a geopolitikai és világgazdasági bizonytalanságok, hiányjelenségek is hatást gyakorolnak.

KULCSSZAVAK: smart grid, technológiai innováció és K+F menedzsment, technológiai változás; választások és következmények, alternatív energiaforrások,

JEL-KÓDOK: O32, O33, Q42

DOI: https://doi.org/10.35551/PSZ_2022_3_5

2021-ben Marybel Batjer, Kalifornia állam áram- és közüzemi szervezeteinek az elnöke bejelentette lemondását (Hoeven, 2021), mivel 2020 augusztusában, Kaliforniában bekövetkezett az elmúlt 20 év első állami szintű áramszünete; egy rekkenő hőhullám és más tényezők veszélybe sodorták Kalifornia villamosenergia-rendszerét. „Nem tudtuk megjósolni és kiküszöbölni ezeket az áramszolgáltatási kieséseket, és ez egyszerűen elfogadhatatlan” – mondta Gavin Newsom, Kalifornia kormányzója.¹ 2021-ben a kaliforniai rendszerirányító 8 állami riasztást adott ki, amelyek arra szólították fel az ügyfeleket, hogy önként csökkentsék energiafelhasználásukat, amikor a rendszer a legnagyobb igénybevételnek van kitéve, azaz 16-tól 21 óráig.

A Global Energy Trends legfrissebb, 2021-es jelentése szerint a G20-ak elektromosáram-fogyasztása 2018-ról 2019-re 0,9 százalékkal nőtt, egy évvel később 2,3 százalékkal csökkent, és 2021 végére 5,3 százalékkal nőtt.² A 2020-as visszaesést a globális Covid-járvány okozta, ahogy ezt a szerzők is megemlítik (a világgárvány gazdasági hatásairól bővebben Czeczeli et al., 2020). Az áram iránti kereslet folyamatosan növekszik mind az ipar, mind a háztartások oldaláról. A kérdés az, miként tud erre a kínálati oldal reagálni. A téma aktualitását sajnos az orosz–ukrán háború kiváltotta energiaválság még nyilvánvalóbbá teszi, ami Európát még érzékenyebben érinti. Az EU vezető politikusai már nem is a magas energiaárak miatt aggódnak, hanem elsősorban a – gáz – mennyisége miatt.³ Ezért tanulmányunkban röviden bemutatjuk az elektromos áram jelenlegi és jövőbeli ellátási láncának legjellemzőbb tulajdonságait. A smart gridekhez kapcsolódóan megemlítünk az innovációval, ill. innovációs hálózatokkal kapcsolatos néhány szakirodalmi felvetést. Ezzel előkészítjük empirikus kutatásunkat, melyben az esettanulmány módszertánát felhasználva a békéscsabai intelligens hálózatot elemeztük a menedzsment oldaláról és hálózati megközelítésben.

Kutatási kérdéseink a következők voltak:

▶ Milyen motivációkkal indultak a smart grid résztvevői?

▶ Hogyan működött a közreműködők hálózata a smart grid létrehozása, ill. működtetése alatt?

▶ Történt-e, történik-e tanulási folyamat az intelligens hálózat szereplőiben? Ha igen, hogyan, és ennek mi a végeredménye?

▶ Milyen működési kockázatot vártak/látnak/tapasztalnak (bizalmi, technológiai, kapcsolati/hálózati, viselkedési, egyéb)?

Kutatásunk újszerű több szempontból is. A működő smart gridek gazdasági, a menedzsment szempontjából történő tanulmányozása nemzetközi szinten is még viszonylag ritka. Tudásunk szerint működő magyar smart gridről gazdasági, társadalmi megközelítésben eddig csak egy-két tudományos tanulmány jelent meg (pl. Piricz, 2021). Fontosnak tartjuk a hálózati szemléletet, illetve a téma hálózati szintű vizsgálatát.

SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az üzleti hálózatoktól a smart gridekig

A Hakanson és Snehota (1995) által megfogalmazott ún. hálózati nézet szerint egy cégnek el kell fogadnia, hogy nem független, hanem kölcsönösen függ és beágyazódott környezetébe, és ez korlátozza mind a gondolkodási, mind az önálló cselekvési képességét. Megközelítésükben tehát az üzleti hálózat egymással összefüggő üzleti kapcsolatok rendszere. „Az üzleti hálózatok egyik nagy csoportja az ellátási lánc, amely minden tevékenységet magában foglal, ami a termék előállításával és kiszállításával kapcsolatos, a beszállító beszállítójától kezdve a végső fogyasztóig bezárólag.” (Idézi Szegedi és szerzőtársa (2017;360) az egyesült államokbeli Supply Chain Council 1997-es definícióját.) Az ellátási lánc menedzsmentje pedig az

előbbi folyamatok hálózati szintű összehangolásával kapcsolatos feladatokat, funkciókat foglalja magában, amely egyfajta végponttól végpontig történő szemléletet takar (Mangan et al., 2008).

Az elektromos áram hagyományos ellátási láncá hűzórendszerként működik, a végtermék jelentős tárolási lehetősége nélkül. Az erőművek és egyéb generátorok pillanatról pillanatra termelik meg (valódi just-in-time rendszerben) a szükséges villamos energiát. Ellenkező esetben a rendszer elveszti egyensúlyát, a szolgáltatás megszakad, magas kiegyenlítési költséget és óriási újraindítási költségeket generálva (Bajor, 2007).

A smart grid olyan villamos hálózat, amely költséghatékonyan képes integrálni a hozzá csatlakozó összes felhasználó – termelők, fogyasztók – viselkedését és tevékenységét annak érdekében, hogy gazdaságosan hatékony, fenntartható energiarendszert biztosítson alacsony

veszteséggel és magas energiaszinttel (The European Union Commission Task Force for Smart Grids). Ezek az intelligens hálózatok (smart gridek) öngyógyító, rezilienciára képes (bővebben pl. Halmi, 2021) rendszerek, amelyek magukba foglalják a fogyasztókat, tolerálják a támadásokat, biztosítják a 21. századi felhasználók számára szükséges áramminőséget, a kereslet és a kínálat széles skáláját alkalmazzák, és a versenypiacok teljes mértékben lehetővé teszik és támogatják őket (Amin és Giacomoni, 2012).

Ahogy az 1. táblázatban is látható, a smart gridekben megváltoznak, illetve megnövekednek az érintett szereplők feladatai. Az áramtermeléssel például nemcsak a hagyományos erőművek foglalkoznak, hanem a (szervezeti vagy magán) fogyasztók megújuló erőművei, ezért ezek a végfogyasztók termelők is egyben, azaz prosumerek (a producer és a consumer szavak összevonásával). Tehát fontos különbség, hogy

1. táblázat

AZ ELEKTROMOS ÁRAM HAGYOMÁNYOS ELLÁTÁSI LÁNCA ÉS A SMART GRID ÖSSZEHASONLÍTÁSA FŐ TEVÉKENYSÉGEK SZERINT

	Az elektromos áram hagyományos ellátási láncá	Smart grid
Áram termelése	<ul style="list-style-type: none"> • döntően hagyományos erőművek • központosított generálás 	<ul style="list-style-type: none"> • hagyományos erőművek (tömegtermelés) • megújuló energiát felhasználó erőművek • el/megosztott termelés (V2G, G2V)
Nagykereskedelem	<ul style="list-style-type: none"> • szabadpiaci műveletek 	<ul style="list-style-type: none"> • szabadpiaci műveletek • az országok közötti nemzetközi kereskedelem növekvő szerepe
Szállítás, raktározás	<ul style="list-style-type: none"> • természetes monopólium 	<ul style="list-style-type: none"> • természetes monopólium? • a V2G és a G2V új szerepe
Elosztás és mérés	<ul style="list-style-type: none"> • természetes monopólium 	<ul style="list-style-type: none"> • természetes monopólium? • a V2G és a G2V új szerepe
Kiskereskedelem	<ul style="list-style-type: none"> • szabadpiaci műveletek 	<ul style="list-style-type: none"> • szabadpiaci műveletek • az energiaközösségek új szerepe

Forrás: Piricz, 2020;395

a hagyományos rendszerben a termelés és a fogyasztás elkülönül, az intelligens hálózatokban nem, ezért ezeket a tevékenységeket optimalizálni kell.

Az elmúlt évtizedekben az energiaellátás erősödő piaci sajátosságokat mutatott (Verbong et al. 2013). Ez a tendencia valószínűleg folytatódik az intelligens hálózatokban is. A növekvő nemzetközi energiakereskedelem mellett tapasztalható az egyéni felhasználók energiaszövetkezetekbe, energiaközösségekbe való tömörülése.

A smart gridek Magyarországon

Magyarországon a 2000-es évek elején kezdtek el az intelligens hálózatokkal foglalkozni, és mára sokféle hálózat működik. (Számukról még nem található hivatalos összesített adat. Noha a Lechner Tudásközpont Példatára igyekszik a fenntarthatósággal, okos környezettel, okos gazdasággal kapcsolatos minden projektet, információt összegyűjteni, ezek sok esetben nem tekinthetők intelligens hálózatnak.) A szakértők szerint Magyarország áramhálózata jól megtervezett, azonban ez a kiterjedt hálózat elavult,⁴ amire egy lehetséges megoldás a smart gridek elterjedése. Ezt az irányt erősítik a fenntarthatósággal, valamint a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésével kapcsolatos egyre erősödő elvárások, vagy az az EU-s döntés, mely szerint 2035-től csak elektromos járművet lehet forgalomban hozni új autóként⁵.

A magyar smart gridek egyik finanszírozási forrása jelenleg a Modern Városok Program, noha ennek célrendszere sokkal szélesebb körű, és a helyi igények szerint változik.⁶ Most csak néhány megvalósult smart grid elemre térünk ki, az ötletgyűjtés, célmeghatározás, szándéknyilatkozat vagy tervezés fázisaiban lévő projekteket mellőztük.

Nem szeretnénk összemosni a smart city és a smart grid fogalmát, de megjegyezzük, hogy

szorosan kapcsolódnak egymáshoz. Budapest régóta verseng a világ nagyvárosaival az okos városok listáján, amit egy meghatározott, ún. Smart City Index alapján számolnak ki. A legfrissebb Smart City Index 2021 listájában Budapest a 99. helyen áll (2020-ban a 77. volt).⁷ Miskolc az Új Széchenyi Terv – Digitális Város című program segítségével diszpécserközpont létrehozását és rendszámfelismerő rendszer kiépítését valósította meg.⁸

Az Európai Bizottság Klímasemleges és Okos Városok Missziójába Budapest és Miskolc mellett Pécs került be, amelyeknek „klímavárosi szerződéseket” kell kialakítaniuk.⁹ Pécs emellett csatlakozott a Fenntartható Energia és Klíma Akciótervhez, melyben vállalják az energiafelhasználási részarány és a szén-dioxid-kibocsátás csökkentését. Szolnok a Magyar Telekommal együtt alakítja ki az ún. T-Cityt, amelynek célja a legkorszerűbb távközlési, informatikai és tartalmi szolgáltatások kipróbálása.¹⁰

A városok után egy-egy magyar példán keresztül mutatjuk be a smart gridek további fajtáit. Az Élhető Jövő Park a Nemzetközi Gyermekmentő Szolgálat Lovasterápiás Központjában található, elsősorban a Lovasterápiás Központ igényeit szolgálva (Piricz, 2021). Az Élhető Jövő Parkban a prosumer megnövekedett szerepe a speciális körülmények miatt nem volt tudatos, mivel a szolgáltató számos feladatot átvett a végfelhasználótól (Piricz, 2021).

A működő BÜKK-MAK, a Magyar Virtuális Mikrohálózatok Mérlegköri Klaszter termelési kapacitásai házon belüli, kis és közepes termelőegységekből és saját irányítási rendszerből állnak. A közép- és nagyfeszültségű hálózat saját koordinációs és felügyeleti központtal rendelkezik, saját termelési és fogyasztási rendszerre 44 észak-magyarországi település lakosait, vállalkozóit, önkormányzatait és a helyi civil szférát szolgálja ki. Ez a hálózat forradalmian új teret nyit a jelenlegi villamosenergia-gazdálkodási rendszer számára, hogy összehozza a

„kellemetlen kicsiket” anélkül, hogy az országos hálózatot „rángatná”.¹¹

Az Alternatív Energiaforrások Kutatóközpont (Óbudai Egyetem) napelemeket, tározós vízerőműmodellt, szélturbinákat és hőszivattyút foglal magában.¹² Mindez kutatási és energiaoptimalizálási célokat is szolgál. Az Infoware Zrt., amely a világelsők között van az akkumulátoros energiátárolásban, gyártóként saját gyártócsarnokát és elektromos laboratóriumának berendezéseit is igénybe veszi.¹³

Az energiapiacok mélyebb, határokon átnyúló integrációját célzó Duna InGrid (Danube Intelligent Grid) projektet az Európai Bizottság indította el (2020 és 2025 között 291 millió euró a tervezett költségvetése).¹⁴ A Danube InGrid projekt célja, hogy elősegítse a megújuló villamosenergia-termelés növekedésének intelligens technológiákkal történő hálózati integrációját, valamint az ellátás biztonságának garantálását intelligens hálózat kiépítésével és üzemeltetésével,¹⁵ ennek keretében megújul az észak-dunántúli és a nyugat-szlovákiai elosztóhálózat.

Innovációs hálózat és elektromos hálózati innováció

A technológiai vívmányok manapság már egyre kevésbé születnek meg csupán egyetlen piaci szereplő által létrehozott teljesítményként. A legtöbb esetben heterogén összetételű szereplők (Corsaro et al., 2012) összekapcsolódása vezethet sikeres innovációhoz (Csizmadia, 2004). A technológiai fejlődés előrehaladtával a legtöbb vállalat külső „tudásforrásokhoz” fordul, kihasználja a hálózatban együttműködő szereplők egyedi képességeiből, speciális tudásából fakadó előnyöket. Az így létrejövő, közös fejlesztést célzó hálózatokat nevezhetjük innovációs hálózatnak, ahol a különböző hálózati tagok által birtokolt erőforrások közös cél érdekében történő felhasználása valósul meg

(Corsaro et al., 2012). A tudás és az erőforrások megszerzésében pedig a felek közötti interakció játszik kulcsszerepet (Mandják et al. 2021) Az evolúciós közgazdaságtani megközelítéssel összhangban (Pyka, 2002) a szereplők azért törekednek az együttműködésre más, heterogén kompetenciákkal rendelkező szereplőkkel, mert a felgyorsult versenyhelyzetben így tudják a fejlődéshez szükséges tudást megszerezni a leginkább hatékony módon.

Az innovációs folyamatok kockázatos voltát számos szerző részletesen bemutatta már (pl. Cantù et al. 2013, Weiss és Dale 1998). Az új technológia alkalmazása, az új partnerek kiválasztása vagy éppen az új piacok megcélzása is kockázattal jár, hogy csak a leggyakoribbakat említsük. Tanulmányunk az innováció egy speciális területével, a fenntarthatóság-hoz kapcsolódó innovációk körével, a megújuló energiaforrások felhasználásával foglalkozik, melyek esetében komoly kockázatot jelent, hogy „kettős externália” hatás (Ramkumar et al. 2022) érvényesül. Ez gátat jelenthet az ilyen jellegű innovációk fejlesztésének, mivel az ökoinnovációk esetén tudás- és környezeti externáliák is keletkeznek. Miközben a vállalat társadalmi értéket is létrehoz az innováció által, ez együtt jár olyan tudásalapú externáliák előállításával, ami lehetővé teszi a versenytársaknak, hogy megismerjék a megvalósítással kapcsolatos nehézségeket, és így megkönnyíti számukra az innováció átvételét. A fenntarthatóságot is szem előtt tartó fejlesztés emellett pozitív környezeti externáliát is eredményez a vállalat költségén, amely így előnyös helyzetbe hozza a vállalatot a szennyező magatartást folytató versenytárral szemben.

MÓDSZERTAN

A kvalitatív módszertan célkitűzése a mögöttes okok és motivációk alapvető megértése, mi pedig a hogyanra, miertre keressük a vá-

laszt. Kiszámú esettel dolgozik (nem reprezentatív), viszont alkalmas a problémák feltárására és megismerésére (Miles, 1994), ezért ez nagyon elterjedt kutatási módszertan például B2B-problémák vizsgálata során. A kvalitatív módszertan kiváló lehetőséget biztosít a hálózatban betöltött szerepek (Yeung et al., 1995), helyzetek, megoldások bemutatására. Yin (2018) megfogalmazásában az esettanulmány egy olyan empirikus módszer, amely egy kortárs jelenséget (az „esetet”) mélyrehatóan vizsgál, ha a jelenség és a kontextus közötti határok nem egyértelműek. Hozzáteszi, hogy egy esettanulmány megbirkózik azzal a technikailag sajátos szituációval, amelyben sokkal több változó lehet, mint adatpont, és ennek egyik előnye az adatgyűjtés, és az elemzés több bizonyítékforráson alapul. Az esettanulmány esetén a „mintát” nem az „eset” és nem az esettanulmány jelenti, hanem a megtapasztalás, a kirajzolódott komplex kép, ennek megfelelően a következtetések levonása a megértett folyamatok/körülmények/jellemzők összességéből történik (Lauckner et al. 2012).

Az egy esetből álló (klasszikus) esettanulmánynak megvan az a hátránya, hogy „minden tojást egy kosárba kell tenni” (Yin, 2018:108), azonban az elemzés menete alapvetően ugyanolyan, mint a több esetet magában foglaló esettanulmánynál. Mi azért választottunk egy esetet, mert a Békéscsabai Smart Grid minden tekintetben megfelel az intelligens hálózat definícióinak, nem átmeneti, kísérleti jelleggel működik, hanem folyamatosan, továbbá a szakértők szerint ma Magyarországon ez műszakilag a legkomplexebb, működő intelligens hálózat.

A mi esettanulmányunk egyrészt ún. feltáró esettanulmány, mivel célunk a smart gridek működésének megértése, ami alapján talán ajánlásokat, megfelelő kérdéseket tudunk majd megfogalmazni a további vizsgálatokhoz, illetve tájékoztató anyagokhoz. Másrészt kutatásunk az ún. kinyilatkoztatás esetéhez tartozik (revelatory case) (Yin, 2018); ez a helyzet

akkor áll fenn, amikor a kutatónak lehetősége van megfigyelni és elemezni egy olyan jelenséget, amely korábban nem volt elérhető a társadalomtudományi vizsgálat számára.

A kvalitatív adatok ellenőrzésére a trianguláció az egyik javasolt megoldás. A kifejezés a tengeri navigáció szótárából származik, és arra utal, hogy a pozíció pontos meghatározását három különböző irányból történő bemérés alapján végzik (Denzin, 1978). Az esettanulmányhoz kapcsolódó mélyinterjúk során az ún. módszer-triangulációt alkalmaztunk, azaz többféle megközelítésben tettük fel ugyanazon kérdéseket. Emellett alkalmaztuk a személyi triangulációt, hiszen több tapasztalt kutató vett részt a mélyinterjúk elkészítésében, és tapasztalatainkat folyamatosan megosztottuk.

Az adatgyűjtés négy szabálya (Patton, 2015):

① Több bizonyítékforrás használata, melyeket ellenőrzünk. Idetartozik az alkalmazott módszer- ill. személytrianguláció.

② Egy esettanulmány – adatbázis létrehozása. (Ennek ránk vonatkozó részletezése a következő bekezdésben található.)

③ A bizonyítékok láncolatának fenntartása: Az esettanulmány folyamatának logikusnak kell lennie, valamint a korábbi szakaszokban lévő „bizonyítékoknak” (pl. kutatási kérdéseknek, tapasztalatoknak, eredményeknek) tükrözniük kell a későbbi szakaszban lévő fogalmakat (pl. megállapítások).

④ Vigyázni kell a közösségimédia-forrásokból származó adatok felhasználásakor. (Esetünkben ez nem releváns.)

„A kutatás menete progresszív fókuszálás” – írja Szokolszky (2004) a kvalitatív kutatásról, és mi is ezt tapasztaltuk. Egy vonatkozó dán kutatás (Ma et al., 2018) módszertanát felhasználva mélyinterjúkat kezdtünk készíteni a smart grid magyarországi szakértőivel az intelligens hálózat menedzsmentoldaláról, s a résztvevők együttműködési tapasztalatairól.

Az adatgyűjtés e szakaszában azt tapasztaltuk, hogy többen is a Békéscsabai Smart Gridről beszélnek. Ekkor döntöttünk úgy, hogy ezt az új projektet fogjuk esettanulmány formájában elemezni a félig strukturált mélyinterjú vázlatát megtartva és kiegészítve. Amikor újra beszélgettünk a legfontosabb szereplőkkel, egyrészt néhány témát pontosítottunk, másrészt az eltelt időszak működési tapasztalatairól is sokkal több információt sikerült szerezni. Összességében szakértői mélyinterjúkat készítettünk két körben (külső szakértőkkel, kivitelezővel, tulajdonosokkal és felhasználókkal), helyszíni látogatást tettünk, és felhasználtuk az adott smart gridről szóló primer, valamint szekunder forrásokat is (lásd 1. ábra).

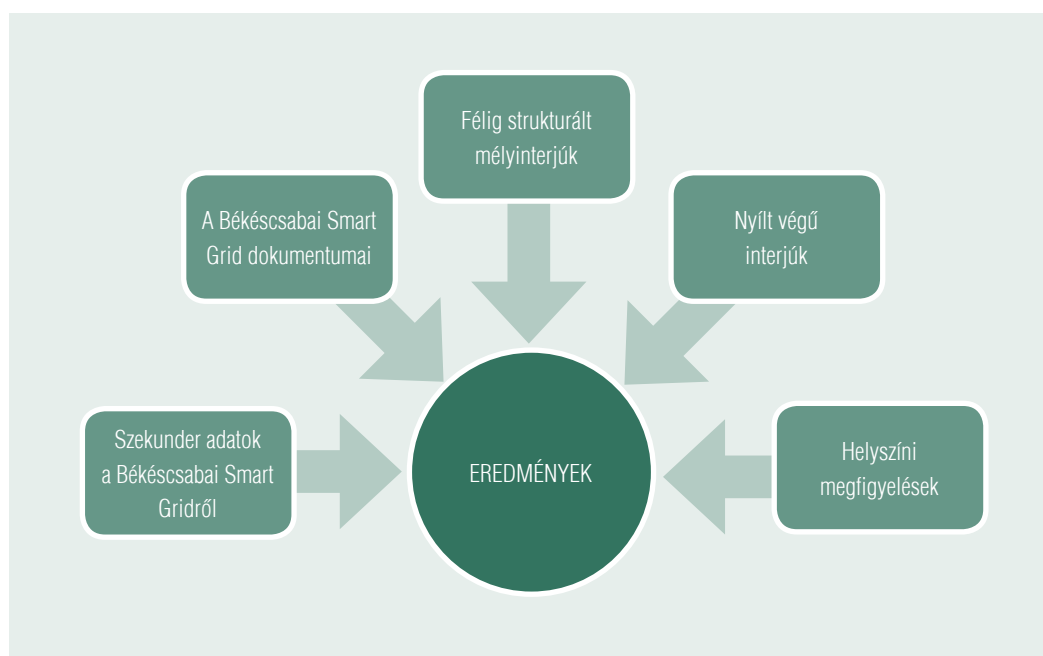
Az adatelemzés három klasszikus feladata: az adatredukció, az adatmegjelenítés, valamint a következtetések levonása és érvényesí-

tése. A megvalósult mélyinterjúkat rögzítettük, majd többször visszahallgattuk. Ennek során egyrészt kialakult bennünk egy általános kép az érintett témákról, másrészt egy részletes Excel-táblázatba beleírtuk a legjellemzőbb – vagy éppen különleges – kifejezéseket, mondatokat. Így megvalósult a teljes dokumentáció és az átláthatóság. A kategóriákba csoportosított gondolatokat, valamint a konkrét smart griddel kapcsolatos adatokat, információkat (adatredukció) ábrákba foglaltuk a problémák és a jelenségek minőségi megértésének céljából (adatmegjelenítés).

Az adatfeldolgozás során az ún. „ground up” (Yin, 2018) stratégiát alkalmaztuk, azaz nem egy előzetesen kialakított koncepciót vizsgáltunk, hanem fordítva, az adatok ismeretében, valamint mélyebb megértés után elemeztünk a releváns modellek felhasználásával.

1. ábra

A BIZONYÍTÉKOK KONVERGENCIÁJA A KONKRÉT ESETTANULMÁNY SORÁN



Forrás: saját szerkesztés

Tehát követtük az esettanulmány szokásos módszertani folyamatát:

① behatároltuk az esettanulmányt: a Békéscsabai Smart Grid vizsgálata a résztvevők és a szakértők szemszögéből;

② bemutatjuk az „esetet” a következő részben;

③ adatainkat a fentiekben leírt módokon ellenőriztük;

④ az „Eredmények” és a „Következtetések” című részekben térünk ki elemzésünkre.

AZ ESETTANULMÁNY BEMUTATÁSA

A vizsgálat tárgyát képező, hazánkban egyedülálló energetikai fejlesztési beruházás a Modern Városok Program támogatásával valósulhat meg. A megyei jogú város vezetése olyan komplex programot álmódott meg, amely hosszabb távon is fenntarthatóvá teszi a város bizonyos létesítményeinek üzemeltetését. Mi több, akár az elektromos tömegközlekedési rendszer kialakítását is támogatni tudja a napelemparkból származó elektromos áram vételezésének lehetőségével. *„Az energetikai fejlesztések célja a fenntarthatóság és az energiahatékonyság szempontjainak erőteljesebb érvényesítése a városban SMART GRID rendszer, épületenergetikai beruházások, geotermikus hőhasznosítás, SMART közvilágítási rendszer, valamint intelligens közlekedésvezérlő és környezetkímélő közösségi közlekedési rendszerek megvalósítása révén.”*⁶

A felsorolt öt fejlesztési terület közül is kiemelkedik az intelligens hálózat kialakítása, hiszen ez központi összekapcsoló szerepet tölt be a programban a többi terület energiaellátásának biztosítása révén. További különlegessége a smart grid rendszer fejlesztésének, hogy ilyen méretű, alhálózatként kialakított energiatermelő és tároló rendszer hálózaton belüli közvetlen felhasználók kiszolgálására optimalizálva még nem található Magyarországon.

A rendszer összetevői az 1,364 MWp teljesítményű napelemes erőmű, a 2,4 MWh kapacitású akkumulátoros villamosenergia-tároló, a hozzá kapcsolt fogyasztók okos hálózati végponti eszközökkel ellátva, valamint a rendszer optimális működését szolgáló okos hálózati központ (adatgyűjtő és vezérlő rendszer).

Az innovációs hálózat szereplői

Kutatásunk során vizsgáltuk, hogy a fejlesztési projekt során milyen szervezetek és milyen funkciók ellátása érdekében működnek közre. Az innovációs folyamat a projekt tekintetében három szakaszra bontható. A kezdeményezés fázisában a projekt tervezésére került sor. Ebben az időszakban kulcsfontosságú a – hosszú távú fenntarthatósági és gazdaságossági célokat szolgáló – településfejlesztési szándék a városvezetés részéről, amelynek eredményeképpen a program megvalósításához szükséges képességekkel, tudással rendelkező projektmenedzsment-teamet alakították ki. Elsősorban a megújuló energiaforrások miatt elengedhetetlenek továbbá a település megfelelő természeti adottságai (napsütéses órák száma, geotermikus energia elérhetősége), valamint a finanszírozási forrás, amelyet állami támogatás formájában, a Modern Városok Program keretében tervezett biztosítani a város.

A kivitelezés időszakában a kulcsszerepet a technológiai megvalósító és alvállalkozói kapták. A projektmenedzsment-team elsődleges feladata ebben az időszakban a település érdekeinek érvényesítése mellett a finanszírozási forrás elvárásainak való megfelelés biztosítása, valamint az üzemeltetési szakasz előkészítése volt. A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (energiahivatal) és a villamos hálózatot üzemeltető és a villanyáram vételezését végző szervezet, valamint a megtermelt energia értékesítését lehetővé tevő közüzemi szolgáltató vállalat szerepe is a kivitelezési sza-

kaszban vált kiemelkedővé a rendszer üzemeltetéséhez szükséges feltételek kialakítása, valamint a működési megállapodások megkötése révén.

Bár a vizsgált smart grid rendszer az utolsó adatfelvétel időszakában hivatalosan tesztüzemeltetés alatt áll, az üzemeltetés szerződéses és szervezeti feltételei még nem véglegesek, azonban a szereplők köre és az üzemeltetési funkciók már azonosíthatók. A projekt során közreműködő innovációs partnerek és funkcióik összefoglalását a 2. ábra tartalmazza.

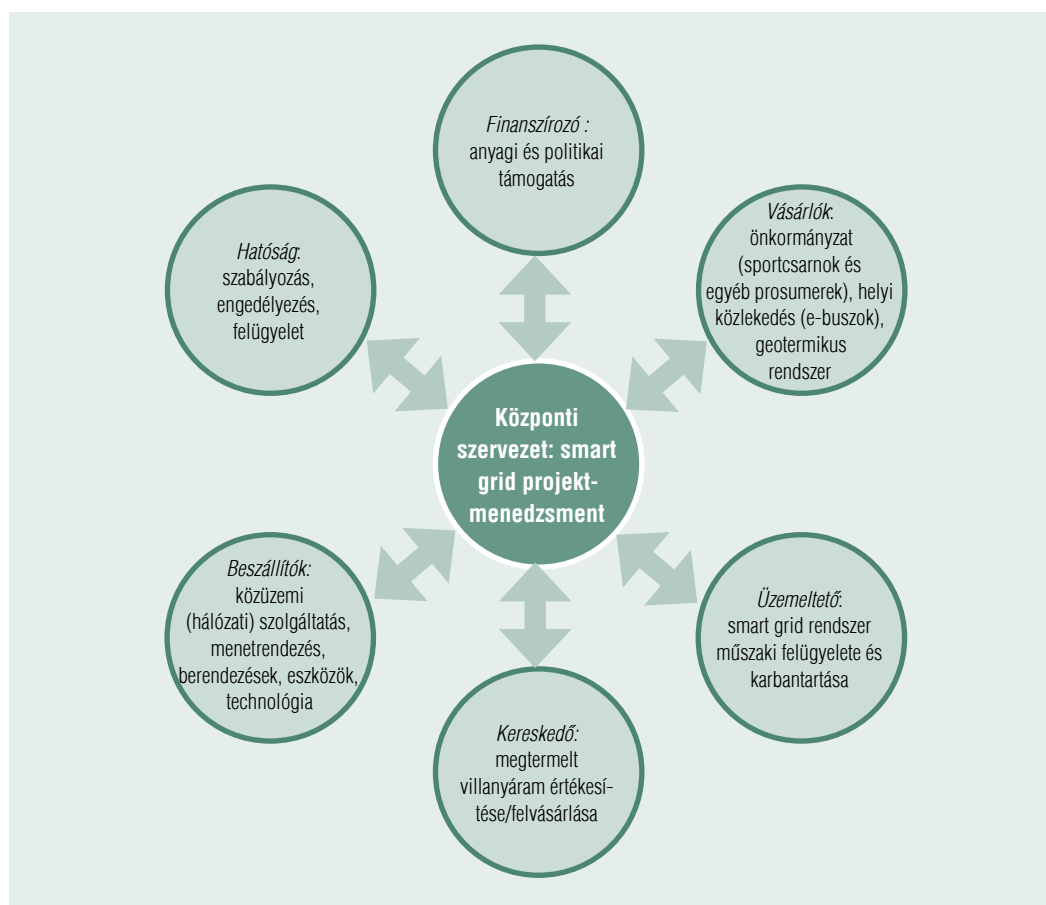
AZ EREDMÉNYEK

Motivációk

A békéscsabai intelligens hálózati rendszer megvalósítása kiemelt jelentőségű a település szempontjából. Bár az energiaárak mai drasztikus megemelkedése a projekt tervezési időszakában még nem volt előre látható, már az eredeti elképzelés során is az egyik meghatározó motiváció a villamosenergia-költségek optimalizálása volt. Ahogy a projektmenedzsment-

2. ábra

INNOVÁCIÓS PARTNEREK ÉS FUNKCIÓIK A SMART GRIDBEN



Forrás: Csizmadia 2004, 26. o. alapján saját szerkesztés

team egyik tagja fogalmazott: *„Békéscsaba város egyik célja a hosszú távú költségsökkentés, városüzemeltetési megtakarítás realizálása, a tervezett új sportszarnok és versenyszoda energiaellátásának biztosítása.”* A projekt indulásakor a költség-haszon elemzés és a teljes élettartamra vonatkozó nettó jelenérték számítása is alátámasztotta a beruházás gazdasági indokoltságát, azonban *„...az NPV és IRR számításokat a mostani energiaválság gyökeresen átírta”*. Az energia világpiaci árának kiszámíthatatlan változása egy ilyen, 15–20 éves hasznos élettartammal számoló beruházás esetén komoly tervezési nehézséget jelenthet. Már a tervezés során is minimum több tízmillió forintos éves villamosenergiaköltség-megtakarítással számolt az önkormányzat a sportlétesítmények villamos energiával történő ellátása révén, s az azóta megváltozott energiaárak ezt befolyásolják. Az így realizált megtakarításokat a városvezetés más feladatainak megvalósítása során tudja hasznosítani a lakossági igényeknek megfelelően.

Fontos cél volt a településhez kötődő széndioxid-kibocsátás mértékének csökkentése is, ami a megújuló energiaforrásra építő smart grid rendszer segítségével tudott megvalósulni. *„A projekt egy komplex, a fenntarthatósági célokat szolgáló program részeként jön létre, ahol a helyi tömegközlekedés fejlesztésére elektromos buszok beszerzése, a városi létesítmények melegvíz-ellátására és fűtésére geotermikus rendszer, az áramellátás biztosítására napelemes smart grid rendszer létesül, amelyet kiegészít a városi középületek energiabátékonyság-javítása és a közvilágítás korszerűsítése, smart városüzemeltetési rendszer kialakítása is.”* (a projektmenedzsment team egyik tagja).

Harmadikként pedig meg kell említeni a projekt PR-értékét is, hiszen az innovativitás, a fenntarthatósági célok szem előtt tartása, mind pedig a felelős gazdálkodás a települési önkormányzatok komoly hírértékkel bíró erénye.

A kivitelező Infoware Zrt. részéről természetesen szintén a gazdasági cél (profit) tekinthető elsődleges motivációnak, de emellett a projekt újdonságértéke és az ebből fakadó tudás megszerzése, az eddig még nem tapasztalt projektkomplexitásban rejlő tapasztalati tanulás, valamint nem utolsósorban az egyedülálló referencia mint végeredmény megszerzése volt motiváló. A közüzemi szolgáltató részéről szintén érzékelhető volt a szakmai kíváncsiság is mint motiváció, hogy az itt megszerzhető tudást miképpen tudja majd más települések, jövőbeli projektek során kamatoztatni.

Összességében tehát a projektben közvetlenül részt vevő szereplők mindegyikében megjelenik a gazdasági, pénzügyi előnszerzés motivációja mellett a tanulás és a PR-értékteremtés is. Fontos megjegyezni, hogy a szervezeti piacokon nem csupán a szervezeti szintű motivációk jelentkeznek és képeznek izgalmas kutatási terepet. A szervezetek által megvalósított projektekből közreműködő egyének mind rendelkeznek egyéni célokkal, motivációkkal a projekt kapcsán. A jelen kutatásban azonban ezekre az egyéni motivációkra nem térünk ki.

Tanulási folyamatok

A komplex, innovatív projekt számos tanulási lehetőséget és tanulási kényszert rejt magában, amelyre a résztvevő szervezeteknek előre fel kellett készülni. Ilyen komplex beruházás még nem volt a kivitelező Infoware praxisában sem. Már a tervezés/engedélyeztetés is új volt. Nemcsak a kivitelező vagy a megrendelő Békéscsaba város számára, de a villamosenergia-szolgáltatást biztosító hatósági szereplők és közüzemi szolgáltatók számára is újdonság volt a villamosenergia-termelő erőművel egybekötött tároló- és fogyasztói kör, illetve a hosszabb távú elképzelés, hogy a megtermelt energiát közvetlenül értékesítse az üzemeltető más fogyasztóknak is. A projektmenedzsment-team tapasza-

latait sommásan foglalja össze a csapat egyik tagja: „ilyen jellegű formanyomtatvány nincs...”.

Mivel az előállított villamos energia hálózati tárolására nincs lehetőség, ezért különösen fontos a villamosenergia-rendszer teljesítményegyensúlyának biztosítása, amit az országos villamosenergia-hálózat vonatkozásában az átviteli rendszerirányító felügyel. A békéscsabai projekt nem vesz részt közvetlenül a MAVIR (Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zártkörűen Működő Rt.) hálózatfeszültség-szabályozásában, az országos rendszernek jelenleg még nem képezi elemét. A rendszer belső egyensúlyát mesterséges intelligencia kezeli, a kétkörös egyeztetést követően létrejövő menetrend tartására törekedve, amely figyelembe veszi a fogyasztási előrejelzéseket és a rendszerállapot változóit is. Ez újabb tanulási folyamatot eredményez az üzemeltető, a rendszer által kiszolgált fogyasztók és az MVM részéről egyaránt. Sőt a város is fontos tapasztalatokra tesz szert, tanul, a technológia és a menedzsment területén egyaránt. A projekt eredményeképpen megismeri, miként lehet egy villamos erőművet beleilleszteni egy önkormányzati rendszerbe. „Mindkettő szigorú szabályok szerint működik, meg kell tanulni, hogy hogyan tudja az erőmű eladni az áramot az önkormányzati szereplők, az önkormányzati fenntartású vállalkozások számára (milyen áron adja: ingyen, egyetemes szolgáltatási áron, piaci áron)...” „Rengeteget tanultunk ebből, hogy hogyan működik a villamosenergia-ipar, mit tud az erőművünk, mit tud a tárolónk, és milyen eljárások mentén tudjuk ezt a menetrendezést tartani” – fogalmazott a projektmenedzsment-team tagja.

Kockázatok

Az üzemeltetői oldalon az energiaválságból fakadó árváltozást látják legnagyobb kockázatnak, ami akár lehetőség is lehet a későbbiek-

ben, mivel a jelenlegi fogyasztási szint mellett a város energiatöbblettel rendelkezik, ami piaci áron is értékesíthető lehet a későbbiekben, így célszerű lehet az energiaközösségek kínálta lehetőség megvizsgálása. Az energiatörvény szerint már létezhet nálunk is az energiaközösség, azonban az azok létesítését és működését szabályozó végrehajtási rendelet még nincs kidolgozva. Az MNB Versenyképességi programja (2019) kiemelt célként kezeli a megújuló energiaforrások szerepének hazai bővítését, valamint a villamosenergia-hálózat nagy kapacitású áramtárolókkal való kiegészítését, aminek egyik konkrét megvalósulási iránya az energiaközösségek fejlesztése és a smart grid megoldások elterjedése lehet.

A projekt újdonságjellegéből fakadóan kockázatot jelent, hogy sem a szabályozási környezet, sem a hatósági, illetve közműszolgáltatói eljárások nincsenek teljeskörűen kidolgozva, kipróbálva egy ilyen méretű és komplexitású rendszer működtetéséhez. A tanulási folyamat szempontjából minden érintett számára fontos lehetőség az MVM-mel közösen fejleszteni a beruházás 2. ütemét. A partnerek közötti kommunikáció és a kockázatérzet kezelésének fontosságát jól szemlélteti azonban, hogy többévnnyi egyeztetés után sem sikerült megállapodni az egyébként mindkét fél (a város és az MVM) által is fontosnak vélt közös K+F projekt feltételeiben.

További kockázatot rejt magában a projekt építési beruházási tartalma. A zöld energiatermelésnek is vannak közvetlen környezeti hatásai, például az építkezés miatt kivágandó fák és az e helyett történő áttervezés költségei milliós tételt tesznek ki. Technológiai kockázatot jelent az esetleges meghibásodások esetén az eszközök cseréje, a világereskedelmi helyzet alakulása (a chip- és nyersanyagpiaci változások itt is éreztetik hatásukat), az akkumulátorpark jövőbeli cseréje, illetve az intelligens hálózat tervezett 2. üteme egy esetleges új akkumulátor (márka és akár technológia) bevonásával

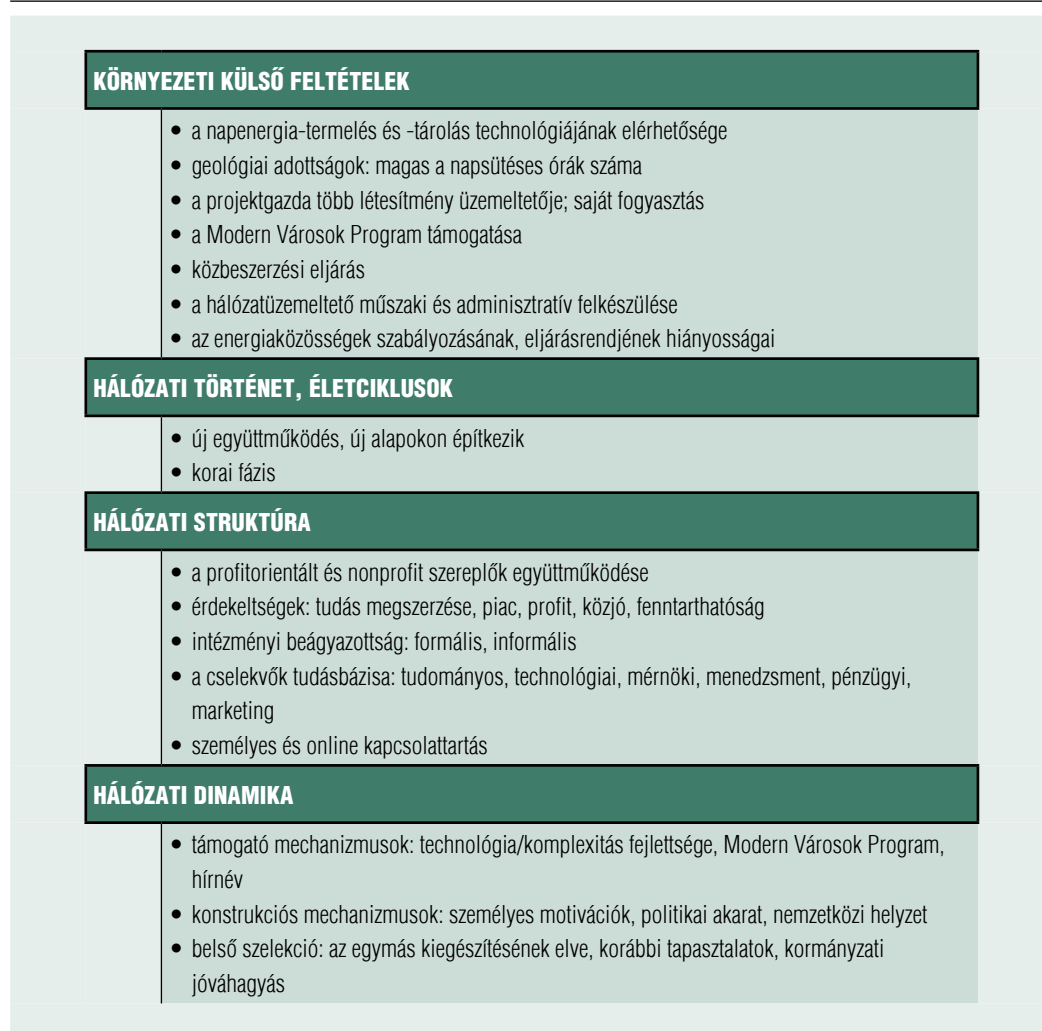
jöhet majd létre, ami kompatibilitási kérdéseket vet fel. Sőt az akkumulátorok használata nemcsak pénzügyi kérdést jelent, hanem környezetvédelmi kockázatokat is rejt magában. Rövid távon az akkumulátorok fokozott tűzveszélyessége is komoly kockázat.

A projekt kezdeti szakaszában a beruházás előtti kockázat az volt, hogy nem ismerték a kivitelezőt. Nem is volt ilyen volumenű, komp-

lexitású referenciamunkája senkinek itthon, de végül alapvetően elégedettek a kivitelezővel. Üzemeltetési időszakban probléma lesz, hogy a smart gridre rákötni tervezett fogyasztók (intézmények) számára szokatlan, hogy az energiaigényüket előre kell jelezni. A békéscsabai intelligens hálózati projekt során az innovációs folyamatok sikeres megvalósulásának alapjául szolgáló tényezőket a 3. ábra foglalja össze.

3. ábra

INNOVÁCIÓS FOLYAMATOK ÉS STRUKTÚRÁK A BÉKÉSCSABAI INTELLIGENS HÁLÓZATBAN



Forrás: Csizmadia 1.9. ábra, 42. o. alapján saját szerkesztés

KÖVETKEZTETÉSEK

Az általánosan elfogadott, változástól tartó emberi attitűd a bemutatott smart grid érintett szereplőiben az adatfelvétel idején (már) nem volt tapasztalható, inkább nyitottság és érdeklődés arra vonatkozóan, hogy mit lehet kihozni ebből a lehetőségből. Mindehhez rugalmasság is társult, amire szükség volt a váratlan költség-növekedés vagy a technológiai, jogi, irányítási folyamatok menedzselésekor. Ebben a projektben egy városi önkormányzat, az általa működtetett intézmények (sportlétesítmények), profitorientált szervezetek (mint kivitelezők, a működtetésben/karbantartásban részt vevők és mint áramkereskedők), valamint különböző (engedélyező) hatóságok vettek részt közvetlenül, ill. közvetve. Már ez a sokféle szervezet az eltérő működési, döntési mechanizmusuk miatt önmagában kockázati tényezőt jelent egy ilyen szoros, hosszú távú együttműködés során.

Néhány éve, a projekt indulásakor egészen más társadalmi, geopolitikai és gazdasági helyzet volt. Ami akkor előnyösnek tűnt a megrendelő önkormányzat szemében – az áramköltségek tartós, környezetbarát csökkentése –, ma fokozottan az. Mindegyik megkérdozett fél úgy látja, hogy elvárásaik megvalósultak; nemcsak az anyagi előnyök, hanem a kevésbé számszerűsíthetők is, mint például a technológiák komplex beépítése és alkalmazása, a különleges referencia, a PR. Ehhez szervesen kapcsolódik egy sokrétű tanulási folyamat, ami szervezetenként nyilván különböző, de hosszú távon értékes.

Az önkormányzat az energiaválságból fakadó árváltozást, valamint a világválság utóhatásaként kialakult alkatrészhiányt, ami a

chipek elérhetetlenségéből adódott, tartja a legnagyobb kockázati tényezőnek. De már gondolnak az akkumulátorok jövőbeli cseréjére és a 2. ütem kihívásaira is. Az egyik fő kivitelező a következő területeken, ill. okokban lát kockázatot a jövőben:

- a kereskedelmi környezet, az energiaár változása;
- a (nagy) hálózatra továbbra is szükség van, mivel az adja a stabilitást;
- új szabályozások EU-s és nemzeti szinten;
- a villamosenergia-igény nagyon megnő;
- globális logisztikai bizonytalanság;
- a nyersanyag- és elektronikusalkatrész-árak megugranak;
- alkatrész- és nyersanyaghiány.

Ezek egy szervezet számára olyan külső hatások, amelyeket nem tud befolyásolni, de valamennyire fel tud rájuk készülni.

A bemutatott intelligens hálózat sikeresnek mondható, mert elérte és várhatóan a jövőben is betölti a megfogalmazott célokat. Mindezt rendkívül változékony környezetben, magyar szereplők közreműködésével, sőt együttműködésével. Egy innováció önmagában is magában rejt kockázatokat, ami hálózati alkalmazásban még bonyolultabb. Ebben az innovációs hálózatban szervezeti szereplők vettek részt, akik igény szerint tudtak megfelelő szakembert alkalmazni, megbízni. Kérdés azonban, hogy az egyéni szereplők, háztartások aktív részvétel esetén hogyan működik a motiváció, a tanulás, a közvetlen és közvetett előnyök vagy a korlátos körülmények értelmezése és kezelése. Azt feltételezzük, hogy a smart gridekre szükséges a megfelelő tájékoztatás és lakossági „felkészítés”. ■

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetüket fejezik ki a kutatás lebonyolítása során közreműködő szakembereknek: *Borbola István* energetikamenedzsment-szakértőnek, *Kertész Sándor* ügyvezetőnek és *Szél Adrián* projektmenedzsernek.

JEGYZETEK

- ¹ Kasler, D. (2021). California's top utility regulator leaving as state wrestles with wildfires, power grid woes. Online: <https://www.sacbee.com/news/california/article254590317.html>
- ² Global Energy Trends (2021). Online: <https://www.enerdata.net/publications/reports-presentations/world-energy-trends.html>
- ³ Magyarai Á. Már annak is örülhetünk, ha lesz elég gáz Európában, csak drágán. Euronews. 2022. 05. 06. Online: <https://hu.euronews.com/2022/05/06/mar-annak-is-orulhetunk-ha-lesz-eleg-gaz-europaban-csak-dragan>
- ⁴ Bessenyei T. (2014). Okos hálózatok egy villamosenergia-szolgáltató szemszögéből. – ELMŰ Nyrt. Online: https://www.okosjovo.hu/documents/OJK%20-%20Smart%20Grid_BT.pdf
- ⁵ Lendvai Zs. 2035-re betiltják a belső égésű motoros autókat, de mit jelent ez nekünk? 2022. 06. 09. Online: <https://totalcar.hu/magazin/kozelet/2022/06/09/2035-re-betiltjak-a-belső-egesu-motoros-autokat-de-mit-jelent-ez-nekunk/>
- ⁶ Antal Zs. Nem csak modernek, okosak is lesznek megyei jogú városaink. 2017. 04. 27. Online: <https://magyarepitok.hu/gazdasag/2017/04/nemcsak-modernek-okosak-is-lesznek-megyei-jogu-varosaink>
- ⁷ Smart City Index 2021. Online: <https://www.planbe.com.gt/news/smart-city-index-2021>
- ⁸ Miskolc, Okos Város Online: <https://www.miskolc.hu/varoshaza/onkormanyzat/palyazatok/onkormanyzat-altal-elyert-palyazatok/okos-varos/digitalis-varos>
- ⁹ Jeki G. Miskolcon és Pécsen éleíti csodafegyverét Brüsszel: mutatjuk, mire készülnek. 2022. 05. 14. Online: <https://www.hellovidek.hu/gazdasag/2022/05/14/miskolcon-es-pecsett-elesiti-csodafegyveret-brusszel-mutatjuk-mire-keszulnek>
- ¹⁰ Kulcsár S. (2014) Okos Városok – T-City Szolnok. Online: https://www.hte.hu/documents/329421/542195/3_Kulcsar_Sandor.pdf
- ¹¹ BÜKK-MAK. Online: <https://bukkleader.hu/rolunk/>
- ¹² Alternatív Energiaforrások Kutatóközpont. Óbudai Egyetem, Budapest Online: <http://ekik.uni-obuda.hu/content/alternativ-energiaforrasok-kutato-kozpont>
- ¹³ A Smart Grid rendszerek Magyarországon, (2020). Innotéka, Online: https://www.innoteka.hu/cikk/a_smart_grid_rendszerek_magyarorszagon.2182.html
- ¹⁴ Könnyebb lesz a megújuló energiaforrások rendszerbe illesztése – Danube InGrid: százmilliárdos magyar-szlovák hálózatfejlesztési gigaprojektben vesz részt az E.ON Hungária Csoport. Online: <https://www.eon.hu/hu/rolunk/sajtoszoba/sajtokozlemenyek/konnyebb-lesz-a-megujulo-energiaforrasok-rendszerbe-illesztese.html>
- ¹⁵ Danube InGrid. Online: <https://danubeingrid.eu/hu/home-magyar/>
- ¹⁶ Békéscsaba komplex energetikai programja Online: <https://bcsenergia.hu/bekescsaba-komplex-energetikai-programja/>

IRODALOM

- AMIN, S. M., GIACOMONI, A. M. (2012). Smart grid, safe grid. *IEEE Power and Energy Magazine*, 10(1), pp. 33–40, <https://doi.org/10.1109/MPE.2011.943112>
- BAJOR, P. (2007). The bullwhip-effect in the electricity supply. In *Proceedings Papers of Business Sciences: Symposium for Young Researchers (FIKUSZ)*, pp. 19–25
- CANTÙ, C., CORSARO, D., FIOCCA, R., TUNISINI, A. (2013). IMP studies: A bridge between tradition and innovation, *Industrial Marketing Management* Vol. 42, pp. 1007–1016, <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2013.07.021>
- CORSARO, D., CANTÙ, C., TUNISINI, A. (2012). Actors’ Heterogeneity in Innovation Networks, *Industrial Marketing Management* Vol. 41, pp. 780–789, <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2012.06.005>
- CZECZELI V., KOLOZSI P. P., KUTASI G., MARTON Á. (2020). Gazdasági kitettség és válságállóság exogén sokk esetén – A Covid-19-járvány rövid távú gazdasági hatása az EU-ban. *Pénzügyi Szemle* 2020/3. 323–349. oldal, https://doi.org/10.35551/PSZ_2020_3_1
- CSIZMADIA, Z. (2004). Az innováció hálózati alapú megközelítése: Tudásáramlás, innovációs rendszerek, regionális hálózatok. Elméleti és metodológiai irányvonalak, nemzetközi és hazai tapasztalatok. Online: <http://www.socialnetwork.hu/cikkek/CsizmadiaZoltanInnovacioMunkakozil.pdf>
- DENZIN, N. K. (1978). The logic of naturalistic inquiry. In N. K. Denzin (Ed.), *Sociological methods: A sourcebook*. New York: McGraw-Hill, <https://doi.org/10.4324/9781315129945>
- HALMAI, P. (2021). Középpontban a reziliencia. *A Gazdasági és Monetáris Unió mélyülésének egyes mechanizmusai*. *Pénzügyi Szemle* 2021/1. 7–31. oldal, https://doi.org/10.35551/PSZ_2021_1_1
- HÅKANSSON, H., SNEHOTA, I. (1995). (ed.). *Developing relationships in business networks*, London, Routledge
- HOEVEN, E. (2021). Top PG&E regulator resigns. Online: <https://www.turn.org/in-the-news/california-public-utilities-president-stepping-down-at-the-end-of-the-year/>
- LAUCKNER, H., PATERSON, M., KRUPA, T. (2012). Using Constructivist Case Study Methodology to Understand Community Development Processes: Proposed Methodological Questions to Guide the Research Process. *The Qualitative Report*, 17 (13), pp. 1–22, <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2012.1790>
- MA, Z., ALLA ASMUSSEN, BO NORREGAARD JORGENSEN (2018). Industrial Consumers’ Smart Grid Adoption: Influential Factors and Participation Phases. *Energies*, 11, 182, <https://doi.org/10.3390/en11010182>
- MANDJÁK, T., SZALKAI, Zs., HLÉDIK, E., NEUMANN-BÓDI, E., MAGYAR, M., SIMON, J. (2021). The knowledge interconnection process: evidence from contract manufacturing relationships, *Journal of Business & Industrial Marketing*, Vol. 36/9, pp. 1570–1584, <https://doi.org/10.1108/JBIM-01-2020-0052>
- MANGAN, J., C. LALWANI, T. BUTCHER (2008). *Global Logistics and Supply Chain Management*. Wiley
- MILES, M., HUBERMAN, A. (1994). *Qualitative data analysis. An expanded source-book*. Thousand Oaks, Sage Publications

- PATTON, M. Q. (2015). *Qualitative research and evaluation methods* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage
- PIRICZ N. (2020). Management Challenges of Smart Grids, In: Golinska-Dawson, P, D. Dujak, A. Kolinski (szerk.) *Integration of Information Flow for Greening Supply Chain Management*, Springer International Publishing, pp. 393–415
- PIRICZ N. (2021). Colaboration in a working smart grid – a case study from Hungary. 21st International Scientific Conference – Business Logistics in Modern Management, Eszék, Horvátország, pp. 295–309
- PYKA, A. (2002). Innovation Networks in Economics From the Incentive-based to the Knowledge-based Approaches, *European Journal of Innovation Management*, Vol. 5/3, pp. 152–163, <https://doi.org/10.1108/14601060210436727>
- RAMKUMAR, S., MUELLER, M., PYKA, A., SQUAZZONI, F. (2022). Diffusion of eco-innovation through inter-firm network targeting: An agent-based model, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 335, pp. 1–18, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130298>
- SZEGEDI Z., PREZENSZKI J., (2017). *Logisztika-menedzsment*. Kossuth Kiadó
- SZOKOLSZKY Á. (2004). *Kutatómunka a pszichológiában*. Osiris Kiadó
- VERBONG, G. P. J., SJOUKE BEEMSTERBOER, F. SENGERS (2013). Smart grids or smart users? Involving users in developing a low carbon electricity economy. *Energy Policy* 52, pp. 117–125, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.05.003>
- WEISS, J. A., DALE, B. C. (1998). Diffusing Against Mature Technology: Issues and Strategy, *Industrial Marketing Management* Vol. 27, pp. 293–304, [https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(97\)00062-X](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(97)00062-X)
- YEUNG, H. W. (1995). Qualitative Personal Interviews in International Business Research: Some Lessons from a Study of Hong Kong Transnational Corporations. *International Business Review* Vol. 4, No. 3, pp. 313–339
- YIN, R. K., (2018). *Case Study Research and Applications – Design and Methods*. COSMOS Corporation, 6th Edition
- MNB (2019). Versenyképességi program 330 pontban, Online: <https://www.mnb.hu/kiadvanyok/jelentesek/versenykepessegi-program-330-pontban>