

Munkácsy Béla, Méhes Martina

A „100% megújuló” koncepció az energiapolitika és energiatervezés sodorvonalában

Észrevételek „Az atomenergia és a megújuló energiaforrások együttműködésének feltételei egy villamosenergia-rendszerben” című írás kapcsán

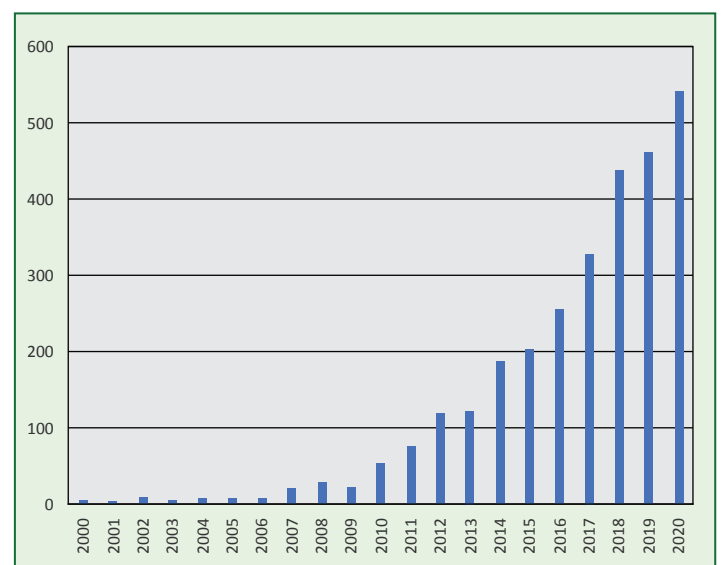
Bizonyára sokan voltak a Magyar Energetika olvasói közül, akik eleinte érdeklődve, majd egyre fokozódó csalódottsággal olvasták a lap 2021/1 számában Szerbin Pável „Az atomenergia és a megújuló energiaforrások együttműködésének feltételei egy villamosenergia-rendszerben” című írását. Miközben az új kapacitások terén évek óta 95% körüli a megújuló alapú termelők dominanciája az EU-ban, a szerző – a valóságra mintegy rácsafolva – arról igyekszik meggyőzni az olvasót, hogy az európai mérnöktársadalom tévúton jár, mert ezek a megoldások valójában a legtöbb szempontból alkalmatlanok. Például sokszor szerepelteti a szövegben, hogy a megújuló energiák alkalmazása nagyon drága, ám ettől ez még nem válik igaz állítássá. A legfontosabb kifogás, hogy az írás a tudományos elemzésekkel szemben támasztott alapvető elvárásoknak nem tesz eleget. Ráadásul olyan téves állításokat tartalmaz elemi alapvetések kapcsán, amelyek kiigazítása a felelős szakember számára erkölcsi és szakmai kötelesség.

Szerbin P. szövegének egyik első erős állítása, lényegében legfőbb üzenete, hogy a megújuló energiaforrásokra való teljes áttérés gondolata „szélsőséges nézet”, amelyet csak néhány „zöld és civil szervezet és egyes politikusok” képviselnek. Jelen írás ezt az állítást cáfolja a nemzetközi és hazai tudományos szakirodalomra alapozva. Eredeti elképzelésünk szerint az egész írást végigelemeztük volna, ám ez a koncepciónk elbukott, mert már a szöveg első harmada annyi vitatható elemet tartalmaz, hogy terjedelmi okokból nem volt módunk a második kétharmaddal kapcsolatos észrevételeknek, problémáknak még csak vázlatos bemutatására sem.

Szerbin P. írása nem egy önálló tudományos vizsgálódás eredményeit tárja az olvasó elé, hanem már publikált dokumentumokból válogat. A hivatkozott 39 dokumentum jó része – az energiaforradalom sodrában 8-10 évesen – már erősen elavultnak számít. Az általa felhasznált szövegek többsége nem tekinthető tudományos szempontból számításba vehető forrásnak (pl. origo weboldal; Zöldségtermesztők kézikönyve), vagy független szakirodalomnak (mert megjelenésüket az atomlobbi, pl. FORATOM; Nuclear Energy Agency, vagy egyenesen egy konkrét atomerőmű [1] finanszírozta). A felhasznált dokumentumok közül csak kettő akad, ami a téma szempontjából valóban releváns, nemzetközi, lektorált szaklapból származó munka, közülük az egyik Heard B.P. és munkatársainak írása [2]. Ebben a szerzők 24 tanulmányt elemeztek, és ennek megállapításai nyomán Szerbin P. el is jutott a végkövetkeztetésig, miszerint a megújulóakra való áttérés „nem hiteles opció egy felelősségteljes...energiapolitika kialakításá-

hoz”. Sajnos a szakirodalmi háttér feltárása ebben a fázisban el is akadt, pedig a hivatkozott írás komoly szakmai kritikákat kapott egy válaszcikkben [3], amelynek szerzői közül többen is a világ legbefolyásosabb mérnökei közé számítanak (a Thomson Reuters ranglistája szerint). Brown T. W. és szerzőtársai arra hívják fel a figyelmet, hogy az általuk kritizált írás módszertana megkérdőjelezhető, hiszen megvalósíthatósági kritériumai nem érdemiek és nem is relevánsak a vizsgált 24 tanulmány vonatkozásában. Ugyanakkor arra is rávilágítanak, hogy az atomenergia, amelyet a kritizált írásban pozitívan értékelték, ma már megkérdőjelezhető a megvalósíthatóság nézőpontjából (ahogyan Brown és szerzőtársai fogalmaznak az eredeti szövegben az atomenergiával kapcsolatban: „fails to demonstrate adequate feasibility” vagy máshol: „faces other, genuine feasibility problems”).

Egy kicsit alaposabb szakirodalmi vizsgálódás során az is kiderült volna, hogy a 100% megújuló energia témakör megkutatottsága már régóta figyelemre méltó. Elég csak a világ egyik legjelentősebb tudományos adatbázisának (ScienceDirect) weboldalára kattintva a „100% renewable” kifejezésre rákeresni (így megjelennek a „100% renewable electricity” és „100% renewable energy” kifejezésekre kapott találatok is): a megújuló energiaforrásokra való teljes áttérés egyes kérdéseivel 2000-2020 között 2910 tudományos közlemény foglalkozott, ebből csak 2020-ban több mint 540 elemzés jelent meg (1. ábra). Bent Sørensen (Koppenhágai Egyetem, Niels Bohr Intézet) 1981-ben az Energy hasábjain publikált elemzéséből [4] az is kiderül, hogy már az



1. ábra. A sciencedirect tudományos adatbázisban „100% renewable” keresőkifejezésre adott találatok a 2000-2020 közötti időszakból éves bontásban

1970-es években születtek különféle tudományos műhelyekben 100% megújulóenergia-forgatókönyvek, tehát a kérdéskör immár legalább 50 esztendeje a tudományos érdeklődés tárgya.

A tudományos fókuszot igazolja, hogy az energiagazdálkodással foglalkozó egyik neves szakmai folyóirat, az *Energies*, 2019-ben különszámot szentelt a 100% megújuló alapú energiarendszerre való átállásnak, egyszerre 13 közleményt közreadva a témában [5].

A rövid tudományos jelentéseken túlmutató komplex szoftveres elemzések és ezekre alapozott energia-forgatókönyvek is szép számmal megjelentek az utóbbi évtizedekben. A Dán Mérnökök Szövetsége 2006-ban publikálta Energiatervét [6], 2009-ben pedig Klímatervét [7], de hasonló munka más kutatóhelyeken is folyik, így például a Centre for Alternative Technology-ban 1977 óta [8]. A legutóbbi években a SolarPower Europe és a LUT University adott közre közösen tudományosan megalapozott 100% megújuló forgatókönyvet [9]. Az amerikai kontinensen is érdemben foglalkoznak a területtel, amire a legfrissebb példa a 4 millió lakosú Los Angeles számára kidolgozott stratégia [10]. Ausztráliában egyebek mellett az Australian National University speciálisan ezzel a szakterülettel foglalkozó kutatócsoportjának munkáját lehet kiemelni [11]. Globális léptékű modelleket is szép számmal ismerünk, ezek közül az egyik legutóbbit a Stanford Egyetem kutatói készítették [12]. A fentieket összegezve tehát határozottan kijelenthető, hogy Szerbin P. téved, amikor azt állítja, hogy a megújuló energiaforrásokra való teljes áttérés mozgatórugói szélsőséges zöld csoportok.

Átalakulási tendenciák az energiaszektorban

A szerző bevezető gondolataira reflektálva mindenekelőtt azt kell hangsúlyozni, hogy a megújuló energiaforrásokra való átállás rohamléptekkel folyik. Az EU szintjén a vesztesek között szerepel az atomenergia, az olaj- és széntüzelés (2. ábra). Világviszonylatban az országok 84%-a már ma sem működtet atomerőművet, és ez az arány rövidesen növekedni fog. Számos fejlett gazdaságban (Dánia, Ausztria) döntöttek már évtizedekkel ezelőtt úgy, hogy egyáltalán nem szándékoznak atomerőművet üzemeltetni. Az atomerőművek leállítása terén Olaszország volt az első, ahol a csernobili balesetet követően, egy 1987-es népszavazás során döntöttek a bezárásról. Az utolsó termelőegységet 1990-ben állították le. Németország, ahol 2000-ben még 30% körül volt az atomenergia részesedése a villamosenergia-termelésben, 2022-re tervezi befejezni a még működő hat atomerőmű 8545 MW_e-nyi kapacitásának kivonását. Belgium, ahol jelenleg 5930 MW_e-nyi atomerőmű-kapacitás biztosítja a villamos energia felét, 2003-ban ugyancsak az atomerőművek teljes leszereléséről döntött, 2025-ig bezárólag. Spanyolországban ugyancsak a teljes, 7121 MW_e-nyi kapacitást leszerelik 2035-ig. Svájc polgárai is az atommentes jövőre szavaztak, így a 35%-nyi villamos energiát biztosító flottát ott is fel kell számolni. A terület eminensként emlegetett Franciaország például ugyancsak az összteljesítmény jelentős csökkentését tervezi: első lépésben 2035-ig 14 reaktort állítanak le, és 75-ről 50%-ra szorítják vissza az atomenergia részesedését a villamosenergia-termelésben. A fentiek tükrében nem világos, hogy miért éppen a német energiafordulat áll az ellenlobbi érdeklődésének homlokterében.

A fosszilis tüzelőanyagok felhasználásának – elsősorban a szén- és olajtüzelésnek – kiváltása még ennél is ütemesebben



2. ábra. Nettó kapacitásváltozás energiaforrásonkénti bontásban az EU villamosenergia-rendszerében 2000-2017 között (GW) [14]

folyik (2. ábra). A jelenség elképesztő gyorsaságát jelzi, hogy a klímavédelem élharcosának számító Európai Unióban a szénalapú villamosenergia-termelés mértéke 2015-2020 között 48%-kal zuhant [13].

Az átalakulási folyamat léptékét a magyar békaperspektívából szemlélve jól érzékelteti, hogy – miközben hazánk alig 21%-ot – Dánia 109% megújuló energia részarányt tűzött ki célul 2030-ra a villamosenergia-termelésben [15]. Ez azt is jelenti, hogy már 2028-tól 100%-ban megújuló energiaforrásokra alapozva termelik majd a villamos energiát (miközben nyilván folyamatosan értékesít és vásárol). Itt fontos hangsúlyozni, hogy Dánia leginkább az energiatervezés tudományos megalapozottsága, a mérnöki szemléletmód és teljesítmény kapcsán bír kiemelkedő adottságokkal, minden más tekintetben vannak nála jelentősebb potenciállal rendelkező országok, akár Európában is. Ebbe beleértendő akár a szélenergiával kapcsolatos adottságok is, amelyben elmarad például a Brit-szigetektől. Lényeges adalék, hogy a világviszonylatban is kiemelkedően magas időjárásfüggő részarány (2019-ben és 2020-ban egyaránt 50% [16]) ellenére a dán villamosenergia-fogyasztók ellátásának minősége világszínvonalú [17] – tehát nem áll meg az a hazánkban gyakran hangoztatott elképzelés, hogy a magas szélenergia-részarány bizonytalanabb ellátást eredményez.

Természetesen nem csak a fejlett gazdaságokban folyik az átrendeződés. A 2016-ban létrehozott Marrakech Vision [18] keretében a csatlakozó 48, jellemzően az éghajlatváltozás következményeivel erősen érintett fejlődő ország szövetkezett arra, hogy minél előbb és teljes egészében átálljanak a megújuló energiaforrások használatára.

Kiváltható-e teljes mértékben a Paksi Atomerőmű termelése megújuló energiával?

A fenti kérdést Szerbin P. teszi fel, majd egyenként mutatja be az egyes megújuló energiaforrásokat (a vízenergiát például két mondatban), ezt követően pedig a területigényre vonatkozóan fogalmaz meg állításokat. Ezeket azonban semmilyen, a tudomány világában elvárható eszközzel nem támasztja alá – holott a 21.

században már alapkövetelmény, hogy az energiarendszer működésével, tervezésével kapcsolatos állításokat térinformatikai vizsgálatokkal, szoftveres elemzésekkel igazoljuk. Ez utóbbi kapcsán 2010-ben Connolly, D. és szerzőtársai már 68 erre alkalmas számítógépes szoftvert mutattak be [19]. Legutóbb a Groningeni Egyetem munkatársai írtak ezekről összefoglaló tanulmányt [20]. Szerbin P. cikkében azonban ezeknek az energiamodellező szoftvereknek és alkalmazásuknak nyomát sem látni, így felvetései (pl. „lehetséges lenne”; „el lehetne raktározni”; „drága lenne”; „előfordulhatnak olyan időjárási körülmények”) a tudomány nézőpontjából nem értelmezhetők.

Napenergia alfejezet

A napenergiával kapcsolatos alfejezet rövidege, annak tartalmi hiányosságai és tévedései miatt tulajdonképpen semmilyen következtetésre nem juthatunk a napenergia előnyeiről, hátrányairól, integrálhatóságáról, vagy szabályozási sajátosságairól. A szerző elsőként egy „tipikusnak mondható napelem” teljesítménygörbéjét mutatja be (Szerbin P. írásában a 3. ábra), ám a mértékegységet „ezer MW”-ban szerepelteti, ami bizonyosan nem helyes lépték egyetlen tipikus napelem vonatkozásában, így a feltüntetett adatok is hibásak (az eredeti ábrán [21] egy 10 kW-os rendszer adatai látszanak, az Y-tengelyen a mértékegység pedig 1000 Watt). Szerbin P. ide vonatkozó következtetése, miszerint a napelem éjszaka nem termel, felhős időben pedig változó a teljesítménye, bizonyosan nem jelent újdonságot a Magyar Energetika olvasói számára. A szerző cikkében szereplő 5. ábra Szerbin P. szerint a „tipikus éves napenergia-potenciált” ábrázolja. Ám valójában itt nincs szó potenciálról, hiszen az ábrán csak egy budapesti helyszínen telepített sugárzásmérő-berendezés 2013. évre vonatkozó mérési adatai látszanak.

A szerző a fenti ábrákra hivatkozva a napenergia kapcsán két következtetést fogalmaz meg. Elsősorban azt hangsúlyozza, hogy a nyári és téli termelés mértékének különbözősége kapcsán „megoldás lehetne a nyári napenergia eltárolása télre - de ilyen energiátárolási technológia még kísérleti szinten sem létezik”. Ezzel az állítással több probléma is van, az egyik, hogy nem igaz. A nyári többlet hőenergia szezonális tárolása a hétköznapi bevett gyakorlata, például kiterjedten használják a dán távhőrendszerekben [22]. Ha a szerző kizárólag a villamos energia tárolhatóságának korlátait szándékozott megemlíteni (bár szövegszerűen nem ez történt), akkor is óvatosabb megfogalmazás lett volna indokolt, hiszen napjainkban már nem csak kísérleti, de kereskedelmi energiátárolásra is szép példák vannak, akár Európán belül is [23; 24]. A kapcsolódó hazai fejleményekről már évekkal ezelőtt beszámolt az Energiagazdálkodás c. lap 2019. évi különszáma [25]. Azóta komoly gyakorlati lépések is történtek, így például elindult a Magyar Földgáztároló Zrt. Akvamarin projektje, de a Power-to-Gas Hungary Kft. munkája is figyelemre méltó eredményekkel kecsegtet. További adalék, hogy a Bükkábrányi Fotovoltaikus Erőmű Projekt Kft. és a Szegedi Tudományegyetem konzorciuma is energiátárolási technológia fejlesztésén dolgozik [26].

Ugyanakkor lényeges itt azt is kiemelni, hogy az energia tárolása köztudomásúlag a legkevésbé célszerű megoldás a megújuló energiaforrások integrálásának nézőpontjából, ami csak a legvégső esetben jön számításba, amikor az energiamez optimalizálása [27]; 28], a keresletoldali szabályozás és az okos megoldások [29], vagy az export-import kínálta lehetőségek mind kimerültek.

Csak a tárolásban keresni az időjárásfüggő megújuló energiaforrások integrációjának orvosságát, komoly tévút.

További meglepetést okoz Szerbin P. napenergiával kapcsolatos végkövetkeztetése, miszerint: „olyan rendszerirányító nyilvánvalóan elképzelhetetlen, aki ebből a folytonosan változó, sündisznószerűen tüskés napelemes potenciális teljesítmény görbével jellemezhető forrásból folyamatosan tudná fedezni egy ország villamosenergia-szükségletét.” Ugyancsak köztudomású, hogy a megújulók alkalmazásának elsődleges alapelve, hogy a helyi adottságokhoz mértén, körültekintő tervezéssel (és modern digitális eszközökkel) minél diverzifikáltabb erőművi portfólió működjön – tehát soha és sehol nem volt cél kizárólagosan napelemekre építeni egy országot, vagy akár egy régió villamosenergia-ellátását. Ugyancsak jellemző, hogy a szerző egy későbbi számításában a napelemek kapcsán 11%-os „kihhasználtságról” ír hazánkra vonatkozóan, arra hivatkozva, hogy ez Németországban is ekkora. E tekintetben célszerű lett volna például a MAVIR honlapjáról a hazai körülményekre vonatkozó tényleges információkat gyűjteni és feldolgozni, így kiderülhetett volna, hogy a hazai éghajlati adottságok lényegesen jobbakként, mint a németeké. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a 2015-2019 közötti időszakban a hazai havi kapacitásfaktor-adatok 5 éves átlagértéke 13,71%, ami csaknem 25%-os tévedést (torzítást) jelent a szövegben jelzett 11%-hoz képest. Ez az energetikában, ahol forint milliárdok sorsáról is szó van, meglehetősen súlyos tévedésnek számít. Ebből és ehhez hasonló más torzításokból fakadóan tehát – egyebek mellett – a szerző különféle költségbecslései sem tekinthetők megalapozottnak.

Széleenergia alfejezet

A széleenergiával kapcsolatos alfejezetben a szerző – állításait alátámasztani igyekezvén – több ábrát közöl, amelyek valójában inkább esztétikai funkciót töltenek be, hiszen mélyebben szántó következtetések levonására nem alkalmasak. Ráadásul az ábrák mindegyike problémás valamilyen szempontból. A 6. ábra címe bizonyosan rossz, hiszen abban a teljes 2018-as évre található utalás, miközben az ábra csak egy önkényesen kiragadott 30 napos időszak adatait mutatja be, amiből ráadásul semmiféle érdemi következtetést nem lehet levonni a német energiarendszer egészének működése vonatkozásában – hiszen amit a szerző ennek kapcsán megjegyyez („beépített kapacitásnak megfelelő villamos energia töredékét termelték a szél erőművek és azt is hektikus ingadozásokkal”), semmiféle új vagy meglepő információt nem tartalmaz, hiszen éppen ez a szél erőművek normális működési jellemzője. Ugyanezen ábra szöveges magyarázata kapcsán apró melléfogás, hogy nem derül ki, Szerbin P. mire alapozva állítja, hogy Németország „a megújuló hasznosítás európai éllovasa” – hiszen az EU tagországok többsége, nevezetesen 15, előbbre tart a megújuló energiaforrásokra való áttérésben [30].

A 7. ábra címe („Egyes európai országok szél erőműparkjainak termelése”) ugyancsak hiányos, hiszen ebben az esetben is egy önkényesen kiválasztott időszak adatai jelennek meg, ez esetben egy másik 30 napos periódusból. Amellett, hogy a villamosenergia-rendszerre gyakorolt hatásra vonatkozó érdemi információt ebből sem lehet kihámozni, kifejezetten zavaró, hogy a termelési adatok eltérő léptékben mozognak, amely problémát az ábra Y-tengelyének bal és jobb oldalán található eltérő skálázással igyekeztek annak készítői kezelni. A kapacitásfaktor-adatok használatával ez a szerencsétlen ábrázolás kiküszöbölhető lett volna

és a nagyságrendekkel eltérő összteljesítmények problémája sem jelentkezett volna.

A 8. ábra címe („Magyarországon 75 m magasan fújó szelek sebessége”) ugyancsak pontatlan, szerencsésebb lett volna az ábra eredeti címét (Magyarország szélterképe $h=75$ m-es magasságban) feltüntetni. Az ide kapcsolódó szövegrészlet egy másik elemi problémára is rávilágít, ugyanis Szerbin P. szerint ez az ábra „a hazai szélenergia-potenciált szemlélteti”. Ezen a ponton hangsúlyozni szükséges, hogy a szélesebesség nem összetévesztendő a potenciállal – már csak azért sem, mert a megújulóenergia-potenciálok többféle típusát ismeri a tudomány világa (így például elméleti, műszaki, gazdasági stb.), amely kapcsán akár hazai szakirodalom is az érdeklődő rendelkezésére áll [31]. További zavaró torzítás, hogy miközben az ábra a 75 méter magasságban uralkodó szélklímáról rajzol képet, a szélérőművek munkamagassága korunkban jellemzően 120-150 méter – ugyanakkor azt sem árt tudni, hogy napjaink legmagasabb szárazföldi szél-turbináinak teljes magassága (a lapát hosszát is figyelembe véve) a 246 métert is meghaladja [32]. A 75 méteren mért szélesebesség tehát a mai szél-turbinák releváns jellemzőinek ismeretében nem tekinthető mértékadónak, sőt kifejezetten megtévesztő, így csak téves következtetések levonására alkalmas. A témában való tájékozódást segítették volna az elmúlt években megjelentetett legkorszerűbb szél-átlaszok, amelyek – egyebek mellett – a 150 és 200 méteres magasságra jellemző átlagos szélesebességet is ábrázolják, akár Magyarországra vonatkozóan is [33; 34]. Sokatmondó a szerzőnek az ábra kapcsán megfogalmazott konklúziója, amely szerint „a terepviszonyok és a turizmus prioritása” a szélenergia alkalmazásának korlátja a szerinte leginkább alkalmas hegyvidéki és Balaton-környéki térségben. A valóság az, hogy ezzel kapcsolatban a hazai hatóságok kimerítően megfogalmazták az elvárásait, amelyek természetesen a fentieknél lényegesen összetettebbek, gondoljunk számos egyéb mellett csak a természeti értékeink védelmével kapcsolatos korlátozó szabályok sokaságára [35; 36].

A kapacitásfaktor fogalma is előkerül a fejezetben: „amennyiben 1000 kW beépített kapacitás a változókéony megújuló esetében 20%-os rendelkezésre állás mellett átlagosan 200 kWh villamos energiát termel, ugyanaz az 1000 kW beépített kapacitás atomerőműben átlagosan 900 kWh áramot állít elő”. Ezzel a megfogalmazással több probléma is van. Az időtényező például kimaradt az okfejtésből, ami egy szakcikknek szánt írás esetében meglehetősen zavaró. Másfelől az érték is pontatlan, hiszen a nemzetközi összevetésben ma már kifejezetten alacsony munkamagasságú, korosodó hazai géppark átlagértéke 2011-2018 között 23,3%-volt [37] – miközben Szerbin P. egy másik helyen is „nagyon kedvező” 20%-os” kihasználtságról ír. Ugyanitt Szerbin P. az alaperőművek kapcsán megfogalmazott definíciója is hibás: „a nagy kapacitás-kihasználtságú, jól szabályozható erőműveket alaperőműveknek hívjuk (baseload)”. A szabályozhatóság ugyanis éppen az alaperőművek esetében korlátozott. Ezt elsősorban a technológiai korlátok, másodsorban a gazdasági szempontok befolyásolják jelentős mértékben – így végeredményben az alaperőművek a gyakorlatban tartósan állandó teljesítménnyel (magas kapacitásfaktoral) vesznek részt a villamosenergia-termelésben [38]. Ez hazánk esetében sincsen másképp, annak ellenére sem, hogy találkozni olyan fogadkozással, hogy a tervezett új paksi létesítmény már jól szabályozhatóan fog termelni. Ha van is ilyen

korlátozott elvi lehetőség, annak érvényesítése a projekt pénzügyi megtérülését érinti majd negatívan, ami a finanszírozó magyar adófizetők számára meglehetősen kellemetlen hír [39]. A gyakorlatban tehát az alaperőművek nem alkalmasak arra, hogy az időjárásfüggő termelők által dominált 21. századi energiarendszer számára biztosítsák a szükséges rugalmasságot. Ezt több rendszerirányító és más fontos iparági szereplő is egyre komolyabb problémaként említi: a rugalmatlanul termelő nagy erőművek elavultak és megnehezítik a biztonságos energiaellátást – nyilatkozta immár hat esztendeje Steve Holliday, a National Grid akkori vezetője [40].

Sokatmondó, hogy Szerbin P. a szélenergiával foglalkozó alfejezetnek a végén a következőképpen fogalmaz: „...a változókéony rendelkezésre állású időjárásfüggő megújulók (intermittent renewables) inkább a csúcsgigények fedezésére lehetnek alkalmasak”. Tehát a szerző szerint a fogyasztásunk igazodik a napsütéshez, vagy a szélesebességhez. Ennek a nyilvánvalóan téves állításnak a továbbgondolásával a szerző levonja az atomenergia és az időjárásfüggő megújulók együttes alkalmazása kapcsán a téves következtetést: „Ezek a tulajdonságaik jól kiegészíthetik egymást egy rendszerbe illesztve”.

A többi megújuló energiaforrást bemutató fejezet

A biomassza, a geotermia és a vízenergia ugyancsak kapott egy-egy méltatlanul rövid, felszínes és téves információkkal terhelt alfejezetet. Megtudhatjuk például, hogy „Az EU átfogó elemzése a biomasszáról megállapította, hogy villamosenergia-termelési célra kevésbé alkalmas, mert az energiaátalakítás hatékonysága csekély.” Azonban a hivatkozott forrás [41] természetesen nem ezt állítja, hanem csak azt, hogy ennek megvan a veszélye. A decentralizált biomassza alapú kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés ugyanis igen magas, akár 85%-os hatékonysággal is működhet [42] – miközben az atomerőművek vagy a széntüzelés esetében ez az érték jellemzően 30-33% körüli [43].

A szerző azt is állítja, hogy „a geotermia mint villamosenergia-forrás Magyarországon egyelőre nem jöhet szóba”. A valóság az, hogy ilyen létesítmény 2018 óta üzemel hazánkban 2,3 MW villamos teljesítménnyel [44] – és a NEKT ezt 2030-ig 60, majd 2040-ig 104 MW-ra tervezi növelni (a NEKT itt „Geotermikus és egyéb megújuló energia” kategóriát említi, de ennél pontosabb definíció a tervezet szövegében sajnos nem szerepel).

Azért is szomorú, hogy a szerző csak ekkora terjedelemben foglalkozott a fenti energiaforrásokkal, mert muníciónak azért lett volna ezen három energiaforrás tekintetében is, hiszen éppen az ezekre támaszkodó decentralizált technológiák kínálnak lehetőséget arra, hogy a centralizált rendszerben működő alaperőművek jövőbeli feladatait átvegyék [45]. Egy térinformatikai vizsgálatokra támaszkodó potenciálvizsgálat és egy komplex szoftveres energiatervezési szoftver használatára alapozott elemzés valóban érdekes és hiánypótló lett volna ebben a kérdéskörben, sajnos azonban ezzel – a cikk címében sugallt vizsgálódással – adós maradt a szerző.

A megújuló energiaforrások integrációja

Szerbin P. a megújuló energiaforrások rendszerbe integrálása kapcsán rendszeresen és következetesen csak két lehetőséget vesz számításba: az energia tárolását és a villamosenergia-importot. A probléma az, hogy ezeket sem kellő mélységben vizs-

gálja, ráadásul számos, ezeknél fontosabb megoldást egyáltalán nem mérlegel.

A tárolással kapcsolatosan korábban már röviden összegeztük a jelenlegi helyzetet, így az alábbiakban a kereskedelem kapcsán megfogalmazott néhány visszásságra világítunk rá. Alapvető probléma például, hogy a témakör kapcsán a szerző a jelenlegi helyzetből indul ki, amikor egyes, például fosszilis energiahordozókban gazdag országok jelennek meg kitermelőként, és jóval nagyobb a nekik kiszolgáltatott importálók száma. A megújuló energiaforrások alkalmazása azonban radikálisan változtat ezen a helyzeten, hiszen ezek egy része szinte bárhol könnyen elérhető, tehát a jövőben a függés és kiszolgáltatottság helyett egyre inkább a kölcsönös egymásrataltság lesz a jellemző, ami a kereskedelem vonatkozásában is fordulatot jelent. Ugyancsak érdekes megközelítés, hogy Szerbin P. a "20-30-40%-os" villamosenergia-importot, mint "sebezhetőséget" különösen fontos problémaként többször is megemlíti – ugyanakkor nem látni semmiféle utalást arra, hogy az atomenergia vonatkozásában hazánk 100% kiszolgáltatottsága hasonló mértékben nyomasztaná.

A villamosenergia-kereskedelem kapcsán a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító (MAVIR) 2020-as Hálózatfejlesztési Terve is foglalkozik a megújuló energiaforrást hasznosító erőművek hatékony integrálásának kihívásaival. Egy interjúban a cég vezetője arra hívja fel a figyelmet, hogy „a szabályozási képesség határait nem a rendszerterhelési csúcsok feszegetik, hanem az egyoldalú infrastruktúra-fejlesztés. A MAVIR független rendszerirányítóként felelős azért, hogy olyan piaci feltételeket teremtsen és működtessen, amelyek ösztönözhetik a kereskedelmet. Ez kiemelten fontos az időjárásfüggő megújuló-termelés felfutásával. Minél szélesebb körű a piac-összekapcsolás, minél integráltabbak a rendszerek, annál nagyobb a likviditás, a mozgástér, ami kedvezően hathat az árakra, és visszahat a belföldi termelői mixre is” [46].

Amennyiben a villamosenergia-ipar szereplői kellő mértékű, irányú és minőségű fejlesztésekre összpontosítanak (márpedig minden jel erre mutat), akkor a termelés és fogyasztás kisebb bizonytalansággal való becslése, a javuló napon belüli piaci likviditás, az okos mérés elterjedése vagy az erőművek kiesési valószínűségének csökkentése, mind hozzájárulnak egy kiegyensúlyozott, jobban szabályozható villamosenergia-rendszerhez. Ezt a fejlődést olyan eszközök segíthetik elő, mint az okos hálózati infrastruktúra kiépítése – így a hálózatfejlesztés és a digitalizáció, az egyre pontosabb statisztikai adatok a megújulóenergia-alapú termelés vonatkozásában –, a fogyasztó oldali szabályozás, az optimalizált meddőenergia-gazdálkodás, az önellátás támogatása, az adminisztrációs terhek csökkentése és elegendő aukció biztosítása a piac résztvevői számára [47]. A digitalizációs eszközök és platformok automatizált folyamatokkal segítik a megújuló energiát hasznosító erőművek tervezését, üzemeltetését és karbantartását. Lehetővé teszik az időjárási és piaci viszonyok pontosabb előrejelzését, ami a megújulóenergia-termelés maximalizálását segíti elő azáltal, hogy a valós időben kapott összes információt (Big Data) elemzi, hogy képes legyen optimális döntéseket hozni és stabilitást biztosítani a rendszer minden szereplőjét figyelembe véve. A mesterséges intelligencia és a gépi tanulás (machine- és deep-learning) alkalmazása a tervezés és üzemeltetés optimalizálásával csökkenti a piacra jutás idejét is. Ezenkívül, a megújuló alapú termelőrendszerek összekapcsolása a decentralizáltabb

és rugalmasabb termelés alapját is jelenti [48]. Szerbin P. tehát nem veszi figyelembe a jelenleg zajló technológiai, hálózat-, és szabályozásfejlesztési eredményeket, tehát nem helytálló azon következtetése, miszerint az időjárásfüggő termelést képtelenség menetrendezeni.

De számos egyéb lényeges tényező is elkerülte a szerző figyelmét, így például a Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont (REKK) egyik közelmúltban megjelent számítógépes modellezésen (European Power Market Model) alapuló elemzésének eredményei [49]. A szerzők azt vizsgálták, hogy különböző mértékű naperőművi penetráció hogyan hat a nagykereskedelmi villamosenergia-árakra, az egyes energiaforrás-típusok kihasználására, az ellátásbiztonságra és mennyire lesz érzékelhető a „kannibalizmus” hatás. A kutatás azt támasztja alá, hogy középtávon nagy mennyiségű PV kapacitást is be tud fogadni az átviteli rendszer nagyobb beavatkozások nélkül, ám 2040-ben már jelentős mértékben gyengíti egymást a fotovoltaiikus és az atomerőművi termelés – vagyis ezek egymás versenytársai lesznek.

A technológiák terület- és anyagigénye című alfejezet

Ugyancsak tanulságos a különféle technológiákat a térbeliség és anyagfelhasználás szempontjából bemutató fejezet elemzése. A 13. ábra a különféle technológiák 1000 MW teljesítményre vetített területigényét hasonlítja össze. Forrása az origo weboldal, ami legalábbis meglepő, hiszen egy ilyen forrás nem vehető komolyan számításba egy tudományos igényű írásmű esetében. Az ábra eredetijére rákeresve sem tudunk meg többet a valódi forrásról. Az ábra tartalmilag is kifogásolható, hiszen láthatóan elavult adatokra támaszkodik, ráadásul az érintett technológiák a területhasználat szempontjából nem hasonlíthatók össze az ott bemutatott módon. A megújuló energiaforrások esetében ugyanis mod van arra (sőt egyre inkább elvárás), hogy már meglévő infrastruktúrát vegyünk igénybe, ami nem jár további területhasználattal. A napelemek esetében ma már szinte alapkövetelmény a komplex hasznosítás. Például efféle szimbiózisról beszélünk víztározók, csatornák [50], épületek tetején, parkolók területén való telepítések kapcsán, illetve rohamosan terjednek az agrofotovillamos [51] alkalmazások is. A gyakorlatban a szélerőművek telepítése sem zár ki minden más területhasználatot, ahogyan a biomassza energetikai hasznosítása sem. Ezek az összefüggések Szerbin P. gondolatmenetében nem jelennek meg, csupán annyit tudunk meg, hogy „a nukleáris fűtőanyag energiasűrűsége igen nagy, ezért a megújulókhöz képest sokkal kisebb területen lehet ugyanannyi villamos energiát termelni”. Ez az állítás több szempontból is vitatható, hiszen bár a „nukleáris fűtőanyag energiasűrűsége igen nagy”, a tudományos igénnyel megírt elemzések a teljes életciklusban azt is vizsgálják, hogy honnan kell kiindulni, hová jutunk és mindeközben mennyi energiavesztéssel kell számolnunk. Efféle alapos tudományos elemzés esetében a kiindulási pont nem más, mint a felhasznált primer energiaforrás energiatartalma, ez esetben a bányákból kinyert uránércben rejlő energiatartalom [52]. Ezt figyelembe véve – egy mértékadó svéd elemzés szerint – az ércben rejlő energiatartalomnak töredékét (1,25-1,7%-át) alakítják elektromos árammá és ennek is csak egy része hasznosul [53] hiszen az energialánc ezt követő szakaszaiban is jelentős veszteségekkel kell számolni. Az előbbi döbbenetes alacsony érték azzal magyarázható, hogy az atomerőműből kikerülő „ki-

égett” fűtőelemek még hatalmas mennyiségű (hő)energiát tartalmaznak, ám ez hasznosítatlanul jut a környezetbe. A fűtőelemeket Pakson öt évig vízzel, majd 50 évig levegővel hűtik [54], tehát ez az energia bizonyosan elvész. Aztán pedig várhatóan valamiféle – ám mindeddig még nem körvonalazott – geológiai tárolás lesz a következő állomás, ahol ugyancsak folyamatos hőtermelés, vagyis hőveszteség jelentkezik.

A Michigan University szakértőinek publikációját olvasva az derül ki, hogy a bányászat során 3 600-72 500-szoros mennyiségben kell kőzetet megmozgatni, feldolgozni, a geológiai rétegsor adottságától és a kőzetminőségtől függően [55], ami nemcsak más megvilágításba helyezi a fűtőanyag energiasűrűségéről alkotott képet, de arra is felhívja a figyelmet, hogy mindebből a hatalmas mennyiségű kőzetből előbb vagy utóbb radioaktív hulladék keletkezik (az egészen csekély aktivitásútól a nagy aktivitásúig), aminek a kezelésére jelentős összeget kell fordítani. Ezen a ponton érdemes arra is kitérni, hogy ezek közül a kiegészítő fűtőelemek – a Svéd Nukleáris Üzemanyag és Hulladékgazdálkodási Rt. szakértői szerint – akár évmilliósi időtávlatban követelnek valamiféle megbízható műszaki megoldást [56]. Ennek tükrében nem csoda, hogy a valóban felelősségteljes mérnökök igen bizonytalanok az efféle műszaki megoldások tervezése és kivitelezése kapcsán. Nyilván ez is magyarázza, hogy ilyen létesítmény a mai napig sehol a világon nem működik, illetve arra is rávilágít, hogy milyen törvényszerűségek tántorítanak el egyre több országot az atomenergia alkalmazásától. Az elkerülhetetlen következtetés tehát az, hogy a területiség alaposabb (térinformatikai) vizsgálata mellett az időtényező elemzése is kötelező elem ahhoz, hogy valóban reális képet kapjunk a különféle technológiákról és ezeket összevethessük.

Összegzés

Az energiarendszer – ha tetszik, ha nem – radikális átalakuláson megy keresztül. Az energetikai fordulat témájának vezető kutatóit tömörítő „Global 100% Renewable Energy Strategy Group” közelmúltban megjelent deklarációja [57] hangsúlyozza, hogy a 100%-ban megújuló energián alapuló világ megvalósítható, ráadásul gazdaságosabban, mint egyéb alternatív elképzelések. A dokumentum szerint napjainkig 11 ország érte el vagy haladta meg a 100% megújulóenergia-részarányt a villamosenergia-termelésben; 12 országban fogadtak el törvényt arról, hogy 2030-ig, 49 ország arról, hogy 2050-ig elérjük ugyanezt. Világszerte több mint 300 városban van érvényben olyan jogszabályt, amely szerint 2050-ig kell elérni ezt a célt, illetve 280 globális nagyvállalat kötelezte el magát ugyanezen ügyben.

A változás már a rendszerirányítókat is elérte. Érdemes ennek kapcsán a National Grid akkori vezetőjének, Steve Hollidaynek 2015-ben közreadott gondolatait felidézni [58]: „Az energiaszektor hatalmas átalakuláson megy keresztül. Régebben világos elképzelésünk volt jövőbeli igényekről. Olyan eszközöket építettünk, amelyek évtizedekig működtek, és amelyek biztosan fedezni tudták az igényeket. Ez a világ véget ért. Stratégiánk lényege most a gyors reagálás és a rugalmasság – abból indulunk ki, hogy nem vagyunk képesek előre jelezni vagy befolyásolni, hogy mit akarnak majd a vásárlóink.”

Egyes hazai stratégiák egyes kijelentéseinek fényében különösen figyelemreméltó Holliday alábbi állítása is: „ez egy olyan ipar, amely eddig a kereslet kielégítésén alapult. Rendkívüli össze-

gű tőkét fordítottunk „az ellátás biztosítása minden körülmények között” elv érvényesítésére. Most mindez a feje tetejére fordult. A jövőt sokkal inkább a kínálat elérhetősége vezérli...”

A hazai és külföldi szakirodalmat és tervezési dokumentumokat olvasva nagyon hamar világossá válik a különbség, ami elsősorban a szemléletben tükröződik. Itthon az energiaátmenetben jellemzően problémát és nehézséget lát a szakmai közönség jó része. Ahol szemléletben és technológiában is előttünk járnak, ott sokkal inkább lehetőségként értelmezik az energiarendszer környezetközpontú átalakítását. Amíg mi import technológiára és külföldi erőforrásokra építjük az energiarendszerünk jövőjét, addig ott saját technológiát fejlesztenek még akkor is, ha a természeti adottságok (saját megújuló energiaforrások) tekintetében kevésbé szerencsés adottságokkal rendelkeznek, mint mi itt a Kárpát-medencében. Ha ebben az eltérő szemléletmódban sikerülne áttörést elérni, nálunk is előtérbe kerülhetnének a saját erőforrások és technológiák. Ebben van hatalmas felelőssége a magyar energetikusoknak – és általában a hazai mérnöktársadalomnak.

Hivatkozások

1. Green Capital Zrt. A magyar energiaszektor villamos-energia termelésének kommunikációs célú életciklus-,és „carbon footprint” elemzése. 2009; <https://docplayer.hu/45341703-A-magyar-energiaszektor-villamos-energia-termelesenek-kommunikacios-celu-eletciklus-es-carbon-footprint-elemzese.html>
2. Heard B.P., Brook B.W., Wigley T.M.L., Bradshaw C.J.A. Burden of proof: A comprehensive review of the feasibility of 100% renewable-electricity systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017; 76: 1122-1133
3. Brown, T. W., Bischof-Niemz, T., Blok, K., Breyer, C., Lund, H., & Mathiesen, B. V. . Response to „Burden of proof: A comprehensive review of the feasibility of 100% renewable-electricity systems.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018; 92: 834-847. doi:10.1016/j.rser.2018.04.113
4. Sørensen, B. Renewable energy planning for Denmark and other countries. *Energy*, 1981; 6(3): 293-303. doi:10.1016/0360-5442(81)90051-7
5. Energies – Special Issue „100% Renewable Energy Transition: Pathways and Implementation” https://www.mdpi.com/journal/energies/special_issues/Renewable_Energy_Transition
6. IDA. The Danish Society of Engineers' Energy Plan 2030 - Summary. 2006, 14 p. <http://www.fritnorden.dk/NF2007/Energyplan2030.pdf>
7. IDA. The IDA Climate Plan 2050 - Main report. 2009; 153 p. https://ida.dk/media/2427/klima_hovedrapport_uk_-_web_0.pdf
8. Zero Carbon Britain – Research Reports <https://cat.org.uk/info-resources/zero-carbon-britain/research-reports/>
9. LUT. 100% Renewable Europe - How To Make Europe's Energy System Climate-Neutral Before 2050. 2020; 64 p. https://www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2021/02/SolarPower-Europe-LUT_100-percent-Renewable-Europe-1.pdf
10. NREL. LA100: The Los Angeles 100% Renewable Energy Study - Executive Summary.

- National Renewable Energy Laboratory.
<https://maps.nrel.gov/la100/report>
11. Australian National University 100% Renewable Energy group
<http://re100.eng.anu.edu.au/>
 12. Jacobson, M. Z., Delucchi, M. A., Bauer, Z. A. F., Goodman, S. C., Chapman, W. E., Cameron, M. A., ... Yachanin, A. S. 100% Clean and Renewable Wind, Water, and Sunlight All-Sector Energy Roadmaps for 139 Countries of the World. *Joule*, 2017; 1(1): 108–121. doi:10.1016/j.joule.2017.07.005
 13. Agora Energiewende and Ember. The European Power Sector in 2020 - Up-to-Date Analysis on the Electricity Transition. 2021; 18 p.
<https://ember-climate.org/wp-content/uploads/2021/01/Report-European-Power-Sector-in-2020.pdf>
 14. WindEurope Business Intelligence. Wind in Power 2017 - Annual combined onshore and offshore wind energy statistics. 2018; 26 p.
<https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2017.pdf>
 15. Danish Ministry of Climate, Energy and Utilities. Denmark's Integrated National Energy and Climate Plan. 2019; 184 p.
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/dk_final_necp_main_en.pdf
 16. State of Green. A record year: Wind and solar supplied more than half of Denmark's electricity in 2020. 2021;
<https://stateofgreen.com/en/partners/state-of-green/news/a-record-year-wind-and-solar-supplied-more-than-half-of-denmarks-electricity-in-2020/>
 17. Energinet. Security Of Electricity Supply Report 2019. 2020;
<https://en.energinet.dk/-/media/822456BE98624933BF21B66D41A10514.pdf>
 18. Climate Vulnerable Forum: The CVF Vision. 2016.
<https://thecvf.org/activities/program/official-documents/marrakech-vision/>
 19. Connolly, D., Lund, H., Mathiesen, B. V., & Leahy, M. A review of computer tools for analysing the integration of renewable energy into various energy systems. *Applied Energy*, 2010; 87(4): 1059–1082. doi:10.1016/j.apenergy.2009.09.026
 20. Fattahi, A., Sijm, J., & Faaij, A. A systemic approach to analyze integrated energy system modeling tools: A review of national models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2020; 133, 110195. doi:10.1016/j.rser.2020.110195
 21. Papp Szabolcs. Napelemes rendszerek elosztó hálózatra kifejlesztett hatásai és kezelési lehetőségeik. (évszám nélkül)
<https://www.mvmpartner.hu/hu-HU/Szolgáltatások/Villamos-energia/Erdekessegek/Napelemesrendszerekelosztotolozatrakifejtethatasaiakeskezesilehetosegeik>
 22. Baerbel Epp. Seasonal pit heat storage: Cost benchmark of 30 EUR/m³. 2019;
<https://www.solarthermalworld.org/news/seasonal-pit-heat-storage-cost-benchmark-30-eurm3>
 23. Abdon, A., Zhang, X., Parra, D., Patel, M. K., Bauer, C., & Worlitschek, J. Techno-economic and environmental assessment of stationary electricity storage technologies for different time scales. *Energy*, 2017; 139, 1173–1187. doi:10.1016/j.energy.2017.07.097
 24. CORDIS. Power-to-hydrogen plant in Denmark overcomes the renewable energy intermittency problem. 2020.
<https://cordis.europa.eu/article/id/421417-power-to-hydrogen-plant-in-denmark-overcomes-the-renewable-energy-intermittency-problem>
 25. Energiagazdálkodás - I. Magyar Power-to-Gas Konferencia, 2019.
<https://www.energia.mta.hu/~pressure/1hp2g/enga-kulon-2019.pdf>
 26. Szegedi Tudományegyetem. Állami támogatással valósulhat meg az SZTE zöld energetikai innovációs fejlesztése. 2021.
<https://u-szeged.hu/szتهirek/2021-marcius/allami-tamogatassal?objectParentFolderId=19355>
 27. Bazmi, A. A., & Zahedi, G. Sustainable energy systems: Role of optimization modeling techniques in power generation and supply—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011; 15(8), 3480–3500. doi:10.1016/j.rser.2011.05.003
 28. Hori, K., Kim, J., Kawase, R., Kimura, M., Matsui, T., & Machimura, T. (2019). Local energy system design support using a renewable energy mix multi-objective optimization model and a co-creative optimization process. *Renewable Energy*. doi:10.1016/j.renene.2019.11.089
 29. Yang, Y., DeFrain, J., & Faruqui, A. Conceptual discussion on a potential hidden cross-seasonal storage: Cross-seasonal load shift in industrial sectors. *The Electricity Journal*, 2020; 33(8), 106846. doi:10.1016/j.tej.2020.106846
 30. EUROSTAT. Share of energy from renewable sources, 2019 (% of gross final energy consumption). 2021;
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics
 31. Kohlheb N., Munkácsy B., Csanaky L., Meleg D. A megújuló energiaforrások potenciáljai és hasznosításuk Magyarországon. *Kovács*, 2015; 1-4: 19-50
https://www.researchgate.net/publication/298068853_A_megujulo_energiaforrasok_potencialjai_es_hasznositasuk_Magyarorszagon
 32. Frydrychowicz-Jastrzębska, G. The Innovative Gaildorf Wind-Water Project Guarantees Reliability of Power Supply. *Innovation in Energy Systems - New Technologies for Changing Paradigms*. 2019; doi:10.5772/intechopen.88089
 33. Witha, B. New European Wind Atlas. 2019; <https://www.forwind.de/en/media/news/20190702-new-european-wind-atlas-published/>
 34. GWA. Global Wind Atlas. 2020; <https://globalwindatlas.info/>
 35. OLÉH. Az Országos Lakás- és Építésügyi Hivatal tájékoztatója a szélkerekek, szélérőművek, szélérőmű-parkok telepíthetőségéről. Budapest, 2004; 3 p.
 36. KvVM. Tájékoztató a szélérőművek elhelyezésének táj- és természetvédelmi szempontjairól. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Természetvédelmi Hivatal, Budapest. 2015; 24 p.
 37. MEKH. A magyar villamosenergia-rendszer (VER) 2018. évi adatai. Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal. 2019; 102 p.
http://www.mekh.hu/download/6/de/b0000/a_magyar_villamosenergia_rendszer_2018_evi_adatai.pdf
 38. Reichenberg, L., Hedenus, F., Odenberger, M., & Johnsson, F. Tailoring large-scale electricity production from variable renewable energy sources to accommodate baseload gen-

- eration in Europe. *Renewable Energy*, 2018; 129, 334–346. doi:10.1016/j.renene.2018.05.014
39. Felsmann B. Működhet-e Paks II állami támogatások nélkül? - Az erőműtársaság vállalatgazdasági közelítésben. *Energiaklub*, 2015; 38 p. https://energiaklub.hu/files/study/paks2_allami_tamogatas_2015jun.pdf
40. Beckman, K. Steve Holliday, CEO National Grid: "The idea of large power stations for baseload is outdated". 2015. <https://energypost.eu/interview-steve-holliday-ceo-national-grid-idea-large-power-stations-baseload-power-outdated/>
41. EC. Sustainable and optimal use of biomass for energy in the EU beyond 2020. 2017; https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/biosustain_report_final.pdf
42. Abbas, T., Issa, M. & Ilinca, A. Biomass Cogeneration Technologies: A Review. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*, 2020; 10, 1-15. <https://doi.org/10.4236/jsbs.2020.101001>
43. Galen J. Suppes, Truman S. Storvick (ed.). *Sustainable Nuclear Power - A volume in Sustainable World*, 2007; ISBN 978-0-12-370602-7 doi: 10.1016/B978-0-12-370602-7.X5016-9
44. Szanyi J. - Nádor A. - Madarász T. A geotermikus energia kutatása és hasznosítása Magyarországon az elmúlt 150 év tükrében. *Földtani Közlöny*, 2021; 151/1: 79–102. doi: 10.23928/foldt.kozl.2021.151.1.79
45. Matek, B., & Gawell, K. The Benefits of Baseload Renewables: A Misunderstood Energy Technology. *The Electricity Journal*, 2015;28(2), 101–112. doi:10.1016/j.tej.2015.02.001
46. B. Horváth Lilla. Jól szabályozható új kapacitások kellenek. *Világgazdaság*, 2021.04.21. <https://www.vg.hu/vallalatok/vallalati-hirek/jol-szabalyozhato-uj-kapacitasok-kellenek-2-3701620/>
47. Szeredi I. A napenergia várható hatása a villamosenergia-rendszerre. 2017. <http://www.matud.iif.hu/2017/05/08.htm>
48. IRENA. Artificial intelligence and big data innovation landscape brief. 2019. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_AI_Big_Data_2019.pdf?la=en&hash=9A003F48B639B810237FEEAF61D47C74F8D8F07F
49. Mezősi A. Különböző PV penetráció hatása a hazai villamosenergia-piacra. REKK Policy Brief 02, 2021; https://rekk.hu/downloads/academic_publications/rekk_policybrief_hu_2021_02.pdf
50. Sairam M.N., P., & Aravindhana, A. Canal top solar panels: A unique nexus of energy, water, and land. *Materials Today: Proceedings*. 2020; doi:10.1016/j.matpr.2020.06.017
51. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. Agrivoltaics: Opportunities for Agriculture and the Energy Transition. 2020; 56 p. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/APV-Guideline.pdf>
52. Eriksson, Ola. "Nuclear Power and Resource Efficiency—A Proposal for a Revised Primary Energy Factor." *Sustainability*, 2017; 9, 6: 1063. <https://doi.org/10.3390/su9061063>
53. Adapt Consulting AS. "Conversion Factors for Electricity in Energy Policy." 2013; <https://www.energinorge.no/contentassets/e86a4dc8771845dfb03fee35c1d0f45d/2013-02-15--conversion-factors-for-electricity.pdf>
54. Országos Atomenergia Hivatal. "Közérthető összefoglaló a Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója üzemeltetési engedélynek módosításáról." [http://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/B6A5660AF889CD35C1257CBE002A41ED/\\$FILE/KK%C3%81T%20RHK%20%C3%B6sszefoglal%C3%B3.pdf](http://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/B6A5660AF889CD35C1257CBE002A41ED/$FILE/KK%C3%81T%20RHK%20%C3%B6sszefoglal%C3%B3.pdf)
55. Center for Sustainable Systems, University of Michigan. "Nuclear Energy Factsheet." Pub. No. CSS11-15. 2020; http://css.umich.edu/sites/default/files/Nuclear%20Energy_CSS11-15_e2020.pdf
56. Kautsky, U., Saetre, P., Berglund, S., Jaeschke, B., Nordén, S., Brandefelt, J., ... Andersson, E. (2016). The impact of low and intermediate-level radioactive waste on humans and the environment over the next one hundred thousand years. *Journal of Environmental Radioactivity*, 151, 395–403. doi:10.1016/j.jenvrad.2015.06.025 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265931X15300370#>
57. Joint declaration of the global 100% renewable energy strategy group <https://global100restrategygroup.org/>
58. Beckman, K. Steve Holliday, CEO National Grid: "The idea of large power stations for baseload is outdated". 2015. <https://energypost.eu/interview-steve-holliday-ceo-national-grid-idea-large-power-stations-baseload-power-outdated/>