

Hanyatt esés után újratervezés!

Dr. Aszódi Attila, egyetemi tanár, BME TTK Nukleáris Technikai Intézet

Az Egyensúly Intézet és a Green Policy Center 2022. június 3-án rendezte meg a 2022. évi „Klímasemlegesség 2050” konferenciát a magyar energiapolitika jövőjéről. Erre az eseményre készült az alábbi vitaindító tanulmány, amit a [Green Policy Center ezen a linken](#) közöl, és amelyet szemlézett többek között az [Index](#) és a [Magyar Nemzet](#) is. A tanulmány a szerző blogján is elérhető:

https://aszodiattila.blog.hu/2022/06/04/hanyatt_eses_utan_ujratervezes

„Úgy hiányzott ez nekünk, mint üveges tótnak a hanyatt esés” – talán ez a mondás írja le a legjobban a helyzetünket. Évek óta keressük a **fenntarthatósági** feltételeknek is megfelelő választ arra a kérdésre, hogy a **klímavédelmi** célokat teljesítendő hogyan tudjuk lecsökkenteni a fejlett társadalmak **szén-dioxid kibocsátását**. A feladat már önmagában is nemes, de a helyzet komplexitását jelentősen fokozta a **koronavírus járvány** által okozott **gazdasági válság** és a zavarok, amelyeket a járvány miatti lezárások az ellátási láncokban okoztak. Sok kormány felismerte, hogy válsághelyzetben valójában arra az ipari termelésre lehet számítani igazán, ami a saját határokon belül található, továbbá az importkitettség kockázatai egyértelműen megnövekedtek. A klímavédelmi feladatok és a járvány okozta gazdasági válság problémájára 2022. február 24-től ráakódott Oroszország Ukrajna ellen indított offenzívája, a **háború negatív hatása**, ami az orosz fenyegetések és az európai közösség szankciós javaslatai, majd intézkedései nyomán alapvetően kérdőjelezi meg, hogy a konvencionális energiahordozókban szegény Európai Unió tagországai hogyan is haladhatnak tovább az eddigi nemzeti energiastratégiákban lefektetett elvek mentén. Ezt nevezem én igazi **hanyatt esésnek**.

Itt a probléma ugyanis nem egyszerűen abban áll, hogy az Oroszországból származó energiahordozók importját szükséges csökkenteni a magas importfüggőségből származó kockázatok csökkentésére. A „hanyatt esés” a meglátásom szerint sokkal inkább abból származik, hogy a **nemzetállamok energiastratégiáit** megalkotóknak ebben a helyzetben őszintén ki kellene mondaniuk: azok az erőmű fejlesztési forgatókönyvek, amelyeket évek óta a megújuló energiahordozók fejlesztéseként pozícionáltak, de valójában a földgáz mint elsődleges energiahordozó fokozottabb felhasználásával járnának, a jelen helyzetben egyik pillanatról a másikra **megvalósíthatatlanná váltak**.

Békeidőben az Európai Unió országai évente mintegy 155 milliárd m³ földgázt importáltak Oroszországból (viszonyításként Magyarország éves földgázfelhasználása az elmúlt években rendre 10 milliárd m³ alatt volt, ennek kb. 85%-a orosz származású molekula, függetlenül attól, hogy milyen irányból lép be az országba, 15%-a magyar hazai kitermelésből származik). Ha az Oroszországból Európába importált földgázmennyiség egy az egyben kiesne, nyilván lehetne fokozni valamennyire Norvégiából vagy Észak-Afrikából az importot, lehet valamennyire takarékoskodni is, és lehet a világpiacról cseppfolyósított földgázt behozni, de így is marad évi kb. 100 milliárd m³ földgáz, aminek a pótlásához szükséges forrás ma nem ismert.

Az világos, hogy a földgáz – az egyébként szennyező – fosszilis energiahordozók közül a „legtisztább” (a legkisebb rossz, mert égésekor gyakorlatilag csak szén-dioxid gáz és vízgőz keletkezik, és energiaegységre vetítve a szén-dioxid mennyisége kb. fele a szén elégetésekor keletkező értéknek), de a földgáz még így is egy szennyező fosszilis energiahordozó, ami ráadásul csak korlátozottan készletezhető. Szerencsés országok, mint pl. Magyarország, ahol vannak geológiai tároló létesítmények, néhány hónapos készletet tudnak belőle tartani. De a folyamatos ellátáshoz a jelenlegi felhasználási mód mellett még a tárolókkal is praktikusán folyamatos importra van szükség. Ez pedig kiszolgáltatottá teszi energiaellátásunkat.

A jelenlegi helyzet további következménye – amiről meglehetősen kevés szó esik mostanság –, hogy a **földgázbázison megtermelt villamos energia** az európai árampiacokon nagyon sok esetben **ármeghatározó**. A földgáz árának növekedése a földgáz bázison megtermelt villamos energia termelési egységköltségét evidensen emeli, ráadásul ezeknél az erőműveknél a **költségek akár háromnegyede is az energiahordozó árából származó ún. változó költség**. Ebből tehát az is következik, hogy az áram ára a nagykereskedelmi piacokon tartósan magas szinten maradhat, ha nem sikerül alternatív forrásokból alacsonyabb árú földgázt beszerezni. És ilyen forrás ma nem látszik. Ebből tehát az következik, hogy az európai árampiacokon a korábbi évek árszínvonalához képest **sokkal magasabb árakra lehet számítani rövid, közép és hosszú távon is**.

Az árak mellett fontos kérdés továbbá az is, hogy a folyamatos villamosenergia-ellátás, vagyis az ellátásbiztonság feltételei adottak-e az Európai országokban. Ez a problémakör az energetikai átalakulás közepette, már az orosz-ukrán háború előtt is éles kérdés volt, és a jelentőségét a háború csak kiemeli. Éppen ezért egy nemrég megjelent tanulmányunkban¹ azt vizsgáltuk, hogy mit vetítenek előre az európai országok energiastratégiái és azok mennyire alkalmasak a klímavédelmi és az ellátásbiztonsági célkitűzések teljesítésére. A tanulmányban összesítettük 19 kontinentális európai ország (Ausztria, Belgium, Bosznia- és Hercegovina, Horvátország, Csehország, Franciaország, Németország, Magyarország, Olaszország, Hollandia, Lengyelország, Portugália, Románia, Szerbia, Szlovákia, Szlovénia, Spanyolország, Svájc, Ukrajna) jövőbeli villamosenergia-fogyasztását, továbbá az országok kormányai által 2030-ra és 2040-re tervezett erőművi kapacitásokat, és órák felbontású szimulációkkal vizsgáltuk, hogy az év 8760 órájában milyen rendszerállapotok állhatnak elő, és a változó villamosenergia-igények hogyan elégíthetők ki az időjárástól függő megújuló források, valamint a hagyományos erőművek rendelkezésre állásának függvényében.

A vizsgálataink egyrészt azt mutatják, hogy az európai országok **2040-ig átlagosan 28% mértékű villamosenergia-igény növekedéssel számolnak**, mindenhol folytatódik a villamos energia mint nemesített energiahordozó felértékelődése. A számítások szerint a **legtöbb ország** annyi erőművi kapacitást tervez, hogy **bármely időpillanatban képes** legyen a fogyasztóit saját forrásokból ellátni, akár azon az áron is, hogy üzemben tartott fosszilis bázisú erőművek lépnek be gyakorta a termelésbe. A magyar energiastratégia ugyanakkor a számítások szerint ettől eltérő, mert ha a részletek mögé nézünk, **nálunk forráshiány** mutatkozik.

A magyar Nemzeti Energia- és Klímaterv (NEKT) ugyanis azzal számol 2030-ra, hogy a Paksi Atomerőmű mostani blokkjai még üzemben lesznek, és a Paks 2 új egységei is elindulnak eddigre (ez összesen 4400 MW nukleáris kapacitást jelentene 2030-ban a magyar rendszerben). Ennek ellenére 2030-ban az igények egy kis része (0,03%-a) nem fedezhető magyar erőművekből. Ez nem nagy érték, de a helyzet sokkal rosszabb 2040-ben, amikor a hatályos Energiastratégia szerint leállna a Paksi Atomerőmű ma működő 4 blokkja.

A NEKT ún. „PV központú” erőművi portfólióját alapul véve a magyar villamosenergia-rendszerben 2040-ben 12 000 MW naperőmű, 300 MW szélerőmű, 2 000 MW földgáz tüzelésű erőmű, 50 MW vízerőmű, 1 150 MW biomassza tüzelésű- és 150 MW hulladék tüzelésű erőmű, valamint a Paks 2 VVER-1200-as blokkjainak 2 400 MW-os kapacitását feltételeztük a szimulációkban. A NEKT saját prognózisát felhasználva azzal számoltunk, hogy a **villamosenergia-csúcsigény 2030-ban 9 000 MW, míg 2040-ben 10 300 MW lehet** (a jelenlegi érték 7 300 MW).

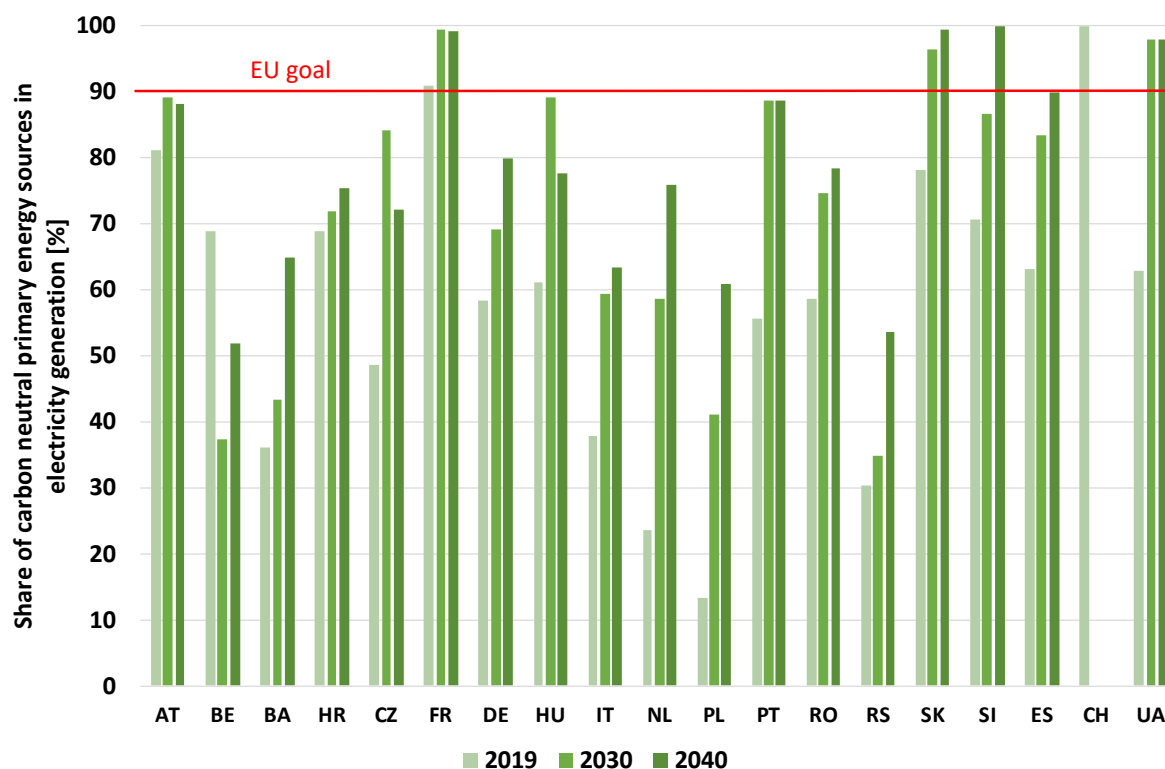
A számítások szerint 2040-ben még a Paks 2 egységek működése mellett is rengeteg olyan rendszerállapot adódik, amikor a – hatalmas, 12 000 MW tervezett magyar naperőművi kapacitás ellenére – a hazai igények hazai forrásból nem kielégíthetők. Összességében a **2040-es magyar igények (kb. 66 TWh) 13,4%-a hazai erőművekből nem kiszolgálható** a nagy felbontású szimulációk tanúsága szerint. Azt mondhatnánk, hogy ez nem gond, hiszen a hiányzó mennyiség importból majd fedezhető lesz, de ezzel a fajta gondolkodással a vizsgált 19 európai ország között egyedül maradunk, mert egyetlen más olyan országot sem találtunk, amelyik ennyire forráshiányosra tervezte volna a saját villamosenergia-rendszerét. **Majd minden ország legalább annyi beépített erőművi kapacitást tervez, amivel a saját igényei az év 8760 órájában folyamatosan kielégíthetők.**

A nagy határkeresztező kapacitások, és az európai villamosenergia-rendszer fejlesztése mellett is minden ország beépít annyi hagyományos és/vagy időjárásfüggő megújuló bázisú erőművet a rendszerébe, hogy a saját igényeit ezekből kielégíthesse (akár még magas szén-dioxid kibocsátás árán is). A magyar energiastratégia viszont nem ilyen, a **2040-re tervezett magyar erőművek nem képesek kielégíteni a magyar igényeket**. Hangsúlyoznom szükséges, hogy amit itt írok, az **nem vélemény, hanem egy numerikus szimuláció eredménye**.

¹ <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2021.100136>

Ez a helyzet a mostani válságos és vezetékesenergia-import kockázatokkal terhelt időszakban extra magas szintre emeli a magyar villamosenergia-szolgáltatás ellátásbiztonsági kockázatait. De nem ez az egyetlen problémánk.

Az egyik közös európai célkitűzés, hogy 2030-tól szeretnék a villamos energia 90 %-át karbonsemleges módon előállítani. Ennek a célkitűzésnek a megvalósíthatóságát is vizsgáltuk mind a 19 országra. A lenti ábrán látható szimulációs eredményeink szerint 2030-ban Magyarország megközelítheti a 90 %-os karbonsemleges részarányt, de ha 2040-re leállnak a Paks 1 blokkjai, akkor jóval 80% alá kerül a magyar érték, **nem tudjuk teljesíteni a 90 %-os karbonsemleges áramtermelési célt**. Tulajdonképpen Franciaország, Szlovákia, Szlovénia és Ukrajna (akik a megújuló energiaforrások mellett nagy arányban terveznek atomenergiát is hasznosítani) lesznek csak azok az országok, amelyek ténylegesen el tudják érni 2030-ra a 90%-os karbonsemleges részarányt az áramtermelésben, és ezt 2040-ben is meg tudják tartani.



A vizsgált 19 országban a karbonsemleges primerenergia-hordozók részesedése a villamosenergia-termelésben 2019-ben, 2030-ban és 2040-ben a számításaink alapján
(Forrás: [1])

Mi lehet a szimulációkkal feltárt probléma megoldása? Valójában a magyar rendszerben **további, olyan karbonsemleges források létesítésére lenne szükség, amelyek az időjárástól függetlenül képesek villamos energiát termelni**. Bár az Európai Bizottság a napokban megjelent REPowerEU elnevezésű programjában az energiahatékonyság növelését és a megújuló energiahordozók alkalmazásának még gyorsabb felfuttatását javasolja, de ez Magyarország nehézségeit aligha oldja meg, mert ez a nap- és szélenergia időjárásfüggésből származó problémáit nem orvosolja, az energiahatékonyság növelése pedig nyilván fontos, de a kapacitáshiányt nem fogja kompenzálni. A 2040-re adódó magas, hazai forrásból ki nem szolgálható villamos energia mellett további kihívást fog jelenteni, ha az Oroszországtól való függetlenedés jegyében a földgázt ki kell vezetni a villamosenergia-termelésből.

A megoldást én **további nukleáris kapacitások létesítésében** látom. A napokban készítettünk egy újabb szimulációt, amiben azt feltételeztük, hogy az a 2 000 MW gázerőművi kapacitás, amit a NEKT 2040-re feltételez a magyar rendszerben, nem áll majd rendelkezésre a földgázimport korlátozottsága miatt. **Helystette** a szimulációban feltételeztük, hogy egy – Pakstól eltérő magyarországi telephelyen – két további atomerőművi blokk épülne, egyenként 1 600 MW termelőkapacitással.

Ha kiindulunk a hatályos magyar energiasztratégia fent már idézett „PV központú” forgatókönyvéből (ez a referencia szcenárió, amiben 2 000 MW földgáz bázisú termelőkapacitás is található), akkor 2040-ben a hazai igényekből mintegy **9 TWh villamos energia nem szolgálható ki** hazai forrásokból, és **földgáz bázison kb. 13 TWh villamos energia kerül megtermelésre**.

Ha a **Paks 2 blokkok 2 400 MW összes kapacitása mellé** a 2040. évre még **további 3 200 MW nukleáris termelőkapacitást is létesítenénk** hazánkban, akkor azzal **karbonsemleges módon teljes egészében ki tudnánk váltani az orosz földgázt**. Érdekes, hogy az éves mérleg szintjén az ország gyakorlatilag önellátóvá válna ezen a módon és a karbonsemleges villamos energia részaránya 90% fölé kerülne, így az ellátásbiztonsági és a klímavédelmi szempontok szerint is sokkal kedvezőbb helyzetbe kerülnénk.

Megjegyzendő, hogy a magyar rendszer még így sem lenne teljesen „önjáró”, mert a villamosenergia-csúcsigények számos rendszerállapotban nagyobbra adódnak, mint amit a hazai erőművek az adott órában képesek lefedni, de ennek a mértéke jelentősen kedvezőbb az **összességében 5 600 MW nukleáris kapacitással** számoló forgatókönyvben, és mintegy **3,5 TWh éves villamosenergia-mennyiség hazai tárolásával** (pl. **szivattyús tározós vízerőmű** rendszerbe illesztésével) az ország elláthatónak tűnik.

A számítások szerint az atomerőművi blokkok éves kihasználási tényezője 90% körülire adódik, így akár a teljes 5 600 MW magas kihasználása biztosítható. A mostani helyzetben megemelkedő villamosenergia-piaci árak magas bevételeket biztosítanak az erőműveknek, így ezeknek a projekteknek **kedvező megtérülési mutatói** lehetnek. A korszerű **3. generációs** technológiák a **Taxonómia** rendelet szerint is megfelelőek, így a fenntarthatósági szempontokat figyelembe véve is **finanszírozhatóak**.

Összességében az a véleményem, hogy a klímavédelmi intézkedések és a járvány utáni kilábalás adta nehézségek közepette sem hiányzott az orosz-ukrán konfliktus, ami csak fokozta az energetikára nehezedő nyomást és a kihívásaink komplexitását. A jelen helyzetben a korábban készített **energiasztratégiák újragondolásra szorulnak**, ezért az **újratervezés elengedhetetlen**.

Most szembesülünk azzal igazán, hogy mekkora **hiba volt az a nyugat-európai zöld politika**, ami módszeresen és rendszeresen **üldözte az atomenergiát**, és aminek következtében a nukleáris ipari kompetenciák és erőmű létesítési kapacitások jelentősen lecsökkentek Európában. Minden korábbinál nagyobb **szükség lenne most az európai atomerőmű építési képességek felfejlesztésére**. A nagyerőmű építések mellett a kis moduláris reaktorok (SMR-ek) is komoly felpozíciót hozhatnak az iparba. Románia éppen a napokban állapodott meg az USA-val egy 6 modulból álló NuScale típusú SMR atomerőmű építéséről egy volt román szénerőmű telephelyén. Hasonló fejlesztések vannak előkészítés alatt az USA-ban, Kanadában, de az Egyesült Királyságban is. Közép-Európában Csehország, Lengyelország, Szlovákia, Szlovénia is a nukleáris kapacitások fejlesztését tervezi. Franciaország nagyléptékű új atomerőmű építési programot hirdetett nemrégiben. A holland és belga nukleáris politika is pozitív változás küszöbön áll, mindkét országban üzemidő hosszabbítási programot hirdettek, Hollandia pedig két új reaktor építését is tervezi.

A meglévő reaktorok **kiégett üzemanyaga formájában hatalmas energiahordozó készletek** vannak az Európai Unió területén, amit **negyedik generációs reaktorokban** ki lehet használni a jövőben, más energiahordozók importja helyett. Ehhez ilyen negyedik generációs reaktorokat kell fejleszteni és építeni.

Azt is fel kell ismerni, hogy a megújulók önmagukban nem fogják megoldani a komplex problémáinkat, főleg nem az időjárásfüggő megújulók. A **zöld hidrogén és a hidrogéntárolás** egy fontos új kiegészítő technológia, **de nincsen vele érdemi villamos ipari tapasztalatunk**, így ma **nem hihetjük, hogy a hidrogén az egyetlen és tökéletes végső megoldás az energiatárolási kérdések rendezésére**.

Észre kell venni, hogy Oroszország Ukrajna ellen indított háborúja teljesen új peremfeltételeket teremtett az európai energia- és biztonságpolitikának. **Újratervezés szükséges!**

Köszönetnyilvánítás: A fent bemutatott számítások elvégzésében Biró Bence volt a segítségemre. Köszönet érte!