

## A MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK SZEREPE A MAGYAR VILLAMOSENERGIA-TERMELESBEN

Bozsik Nándor – Bozsik Norbert

### Összefoglalás

*A cikkben a magyar villamosenergia-felhasználás forrásait, illetve a termelés összetételét és koncentrációját elemeztük. A fogyasztói oldalon sor került az éves bruttó villamosenergia csúcsfogyasztási trendjének vizsgálatára, amely tartalmazta a fogyasztás regressziós vizsgálatát is. Az elemzéshez felhasznált adatok az Eurostat, a Magyar Központi Statisztikai Hivatal, a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) és a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító (MAVIR) adatbázisaiból származtak. Magyarországon a villamosenergia-felhasználás forrásai a hazai villamosenergia-termelő erőművek, a megújuló forrásból termelő fogyasztók és az importból származó villamosenergia. A magyarországi villamosenergia-termelés nukleáris és fosszilis alapú. Ugyanakkor a megújuló energiákból előállított villamosenergia jelentősen növekedett, ami a napenergia-termelés gyors emelkedésének tulajdonítható. Az elmúlt időszakban a villamosenergia jelentős hányada importból származott, miközben a hazai termelés elenyésző mértékben nőtt. Magyarország - Szlovénia kivételével - minden szomszédos országgal kereskedik villamosenergiával.*

**Kulcsszavak:** villamosenergia; primer energiabordozó; termelés koncentrációja

**Jel:** L10, O13, Q40

## THE ROLE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN HUNGARIAN ELECTRICITY PRODUCTION

### Abstract

*In the article, the sources of Hungarian electricity consumption were analyzed, as well as the composition and concentration of production. On the consumer side, the annual peak consumption trend of gross electricity was investigated, which also included a regression analysis of consumption. The data used for the analysis come from the databases of Eurostat, the Hungarian Central Statistical Office, the Hungarian Energy and Utilities Regulatory Office (MEKH) and the Hungarian Electricity Industry Transmission Controller (MAVIR). In Hungary, the sources of electricity consumption are domestic electricity generating plants, consumers producing from renewable sources and imported electricity. Hungary's electricity production based on nuclear and fossils, At the same time, electricity produced from renewable energies increased significantly, which can be attributed to the remarkable increase in solar energy production. In the last period, a significant proportion of the demand for electricity came from imports, while domestic production increased to a negligible extent. Hungary - except of Slovenia - trades electricity with all neighbouring countries.*

**Keywords:** electricity, primary energy carrier, production concentration

**Jel:** L10, O13, Q40

## Bevezetés

A világ népessége az elmúlt évtizedekben jelentősen növekedett, és 2022-re elérte a 8 milliárd főt. A népességnövekedés következtében a globális energiaigény is fokozódott. Az energia kulcsfontosságú szerepet játszik a gazdasági növekedésben, az ipari ágazatok működésében és a társadalmi életfeltételek javításában. (Zaharia et al., 2019). A megtermelt energia felhasználható a fűtés-hűtéshez, a közlekedésben és a villamosenergia-ágazatban. Az emelkedő energiafogyasztás és a gyors gazdasági növekedés egyúttal a szén-dioxid kibocsátás növekedésének is fő forrásai (Waheed–Sarwar–Wei, 2019). A globális energiaigény és a szén-dioxid kibocsátás növekedése várhatóan a jövőben is folytatódni fog, ugyanakkor a legtöbb energiaforrás korlátozottan áll rendelkezésre. A fosszilis energiaforrások csökkenése következtében egyre nagyobb az érdeklődés más - különösen a megújuló - energiaforrások iránt (Tolmac et al., 2013; Csiszárík-Kocsir–Fodor–Medve, 2015; Takács-György et al., 2015). A megújuló energia (RES) kifejezés a korlátlan mennyiségben rendelkezésre álló energiát jelenti, amely természetes úton újratermelődik. Ezek közé tartozik a bioenergia, a vízenergia, a geotermikus, a nap-, a szél- és az óceáni (árapály- és hullám-) energia (Renewable Energy Sources, 2023; Owusu–Asumadu-Sarkodie, 2016; Liang, 2016). A megújuló energiaforrások óriási potenciállal rendelkeznek, mert a rendelkezésre álló mennyiségükben nagyságrendekkel meghaladják a világ energiaigényét. Ezek az erőforrások jelentős részesedéssel bírnak majd a jövő globális energiaportfóliójában (Ellabban–Abu-Rub–Blaabjerg, 2014).

Jelenleg a vízenergia és a bioenergia a fő energiaforrások világszerte. Potenciálisan a biomassza tekinthető a legjelentősebb energiaforrásnak, amely megfelel a környezetvédelmi követelményeknek és amellyel biztosítható a folyamatos üzemanyag-ellátás is (Demirbas–Balat–Balat, 2009; Svazas et al., 2022). Több megújulóenergia-technológia van a fejlesztés különböző fázisaiban. Számos lehetőség műszakilag már bizonyított és kereskedelmi forgalomban is elérhető, de még mindig csak egy töredék részét foglalják el potenciális piacuknak (International Energy Agency, 2011; Doner, 2007; Wiuff–Sandholt–Marcus-Møller, 2006). A víz-, a szél-, a nap- és a biomassza-energia legtöbb esetben még mindig drágább, mint a fosszilis alapú energiatermelés. A folyamatosan csökkenő fosszilis készletek és az energiaárak emelkedése miatt azonban egyre inkább megéri áttérni a megújuló energiaforrások használatára (Popp, 2013).

A megújuló energia felhasználásának növekedését világszerte továbbra is a célzott közpolitika és az energiotechnológiák fejlődésének kombinációja vezérli. A megújuló energia szakpolitikai támogatása elsősorban a villamosenergia termelésre összpontosít, míg a fűtés- hűtés esetében, valamint a közlekedési ágazatban jelentősen elmaradt a megújuló technológiák támogatása (REN21, 2018).

A javuló energiahatékonyság mérsékli a növekvő energiaigényt, ugyanakkor a megújuló energia is kulcsfontosságú a fosszilis részleges helyettesítésében (Popp et al., 2018a; Popp et al., 2018b). A megújulók szerepe még akkor is jelentős, ha gyakran kisebb volumenben állnak rendelkezésre, a termelésük nem szabályozható, és néhány közülük jelentősen függ az időjárástól. A megújuló energiák használata csökkenti a Föld átlaghőmérsékletének emelkedését, és kulcsfontosságúak a jövőben az alacsony szén-dioxid-kibocsátás szempontjából.

A megújulók felhasználása nem terheli olyan mértékben a környezetet, mint a fosszilisoké. Ráadásul a megújuló energiatermelés egyre olcsóbbá válik a technológiai fejlesztéseknek köszönhetően (Stec–Grzebyk, 2022). A megújuló energiaforrásokból ugyan sohasem fogyunk ki, mégis számos okból kifolyólag a fosszilisokról a megújulóakra történő átállás nem egyszerű. Ezen okok közé tartozik a speciális energiátárolás, az időszakosság, a földrajzi hely, a közlekedés szűk keresztmetszete, a környezeti hatások és a földhöz való hozzáférhetőség (Holechek et al., 2022).

A megújuló energiaforrások elterjedését az is akadályozhatja, ha egy országban bőven állnak rendelkezésre fosszilis erőforrások (Rabe et al., 2022). Egyes országok esetében a nemzetközi kötelezettségek, az eltérő tervezési/engedélyezési mechanizmusok, a megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos köztudatosság és/vagy a műszaki különbségek is meghatározó tényezők (Reiche–Bechberger, 2004).

Az energia hő, mechanikus, fény, elektromos formában van jelen a mindennapi életünkben. Az elektromosság minden tevékenység esetében használatos, úgymint a közlekedésben, a szolgáltatások előállításában, a mezőgazdaságban és az iparban. Az elektromosság egyúttal a legkényelmesebb, leginkább nélkülözhetetlen és legsokoldalúbb formája az energiának.

Az energiastatisztikákban nagyon fontos az elsődleges és másodlagos energia szétválasztása. Azért, hogy elkerüljük a kettős elszámolást elengedhetetlen, hogy el tudjuk különíteni az új, a rendszerbe belépő energiát (primer energia) a rendszeren belül átalakított energiától (másodlagos energia). Elsődleges energiát közvetlenül a természetes erőforrásokból nyerjük. Ide tartozik a kőolaj, a szén, a földgáz, a hasadóanyagok, illetve a megújulók (a nap-, a szél-, vízenergia, az ár-ápanya energiája, a geotermikus energia, a fa és a biomassza). Elsődleges energiaforrások nélkülözhetetlenek a gazdaság minden szektorában, mivel globálisan mind a termelés, mind a népesség gyors ütemben növekszik. Másodlagos energia az elsődleges energia átalakításával jön létre, mint például az elektromos energia, a közlekedési üzemanyagok vagy a hidrogén (Øvergaard, 2008; IEA, 2022a).

## **Kitekintés az elektromosenergia termelésre és fogyasztásra**

A villamos energia előállítása hagyományos módon hőerőművekben zajlik szén, lignit, olaj vagy gáz elégetésével. Az elektromos áram termelése ezenkívül atomenergia és megújuló energiaforrások (bioüzemanyagok, szél, napenergia, víz és geotermikus) felhasználásával történik (Rokicki et al., 2021). Az elektromosság jelentősége fokozatosan növekedett a második ipari forradalom óta. A fosszilisektől való jelentős függőségünk azonban a mai napig megmaradt. Ezt jól mutatja, hogy 2022-ben a világon megtermelt villamos energia 61,3%-a szén, olaj és gáz, míg 9,2%-a nukleáris energia felhasználásával valósult meg (Our World in Data, 2023a). Ugyanakkor az elektromos áram előállítása egyre inkább megújuló energiaforrásokból történik, globálisan mintegy 25%-ot tesz ki (Mehedintu et al., 2021; IEA, 2022b). A környezeti problémák napjainkban az egész energiarendszert egyre inkább a hatékonyság, a gazdaságosság és a megújuló villamosenergia-források növekvő használata felé terelik (Gharavi–Ghafurian, 2011). A problémát az jelenti, hogy a hagyományos energiaforrások minél inkább hozzájárulnak az elektromos áramhoz termeléséhez, annál lassabb ütemben halad a megújuló energia fejlesztése. Ebben jelentős szerepe van a fosszilis tüzelőanyag lobbinak, mely gátolja a megújuló energiaforrások elterjedését (Papież–Śmiech–Frodyma, 2018; Marques–Fuinhas, 2011; Cadore–Padovano, 2016). Jelenleg a villamosenergia-szektor fejlődését a kormányzati és helyi politika, az alkalmazott technológiák, a beruházások, a megújulók, illetve a fogyasztói igények határozzák meg (Gharavi–Ghafurian, 2011; Viktor–Kenderesi–Garai-Fodor, 2020).

A villamosenergia részesedése a teljes energia fogyasztásában jelentősen növekedett az elmúlt évszázadban; míg 1900-ban 0,1%, 1950-ben már 4% volt, 2022-re pedig elérte a 19%-ot (Pinto et al., 2023). A globális elektromos energia iránti igény a jövőben is tovább emelkedik, a Nemzetközi Megújuló Energia Ügynökség (napi) előrejelzése szerint 2015 és 2050 között 20020 TWh/évről 41500 TWh/évre fog növekedni (IRENA, 2018). A villamosenergia-termelésben a megújuló energia részarányának pedig el kell érni a 85%-ot 2050-re (Solaun–Cerdá, 2019). Ha el akarjuk érni a

kitűzött célt, akkor az átállás ütemét fokozni kell. Ezért a megújuló energiaforrásokba történő befektetés nélkülözhetetlen (Puertas–Marti, 2022).

### ***A világ villamosenergia termelése***

A szén-dioxid kibocsátó forrásokból származó villamos energia részaránya szinte alig változott az 1980-as évek közepéhez képest. 1985-ben a fosszilis tüzelőanyagok felhasználásával állították elő a világon a villamosenergia-termelés 64%-át, míg az atomenergia 15%-ot, a megújuló energiaforrások pedig 21%-ot képviseltek. Az ezt követő 35 éve alatt csupán az atomenergia és a megújulók aránya változott az utóbbi javára (Our World in Data, 2023a).

A globális villamosenergia-termelésében még mindig a fosszilisek (elsősorban a szén és a földgáz) játszik a legjelentősebb szerepet. A világ elektromos áramtermelése 28 661 TWh-t tett ki 2022-ben, melyből a fosszilisek részesedése 17 560 TWh volt. A nukleáris energiatermelés mértéke alig változott az elmúlt időszakban, 2022-ben 2632 TWh-t tett ki. Ezzel szemben a megújuló energiaforrások egyre nagyobb szerepet játszanak a villamosenergia-termelésében, ami elsősorban a nap-és szélenergia-felhasználás jelentős növekedésének tulajdonítható. A napenergiából származó áramtermelés a 2011. évi 63 TWh-ról 2022-re 1310 TWh -ra nőtt, a szélenergia esetében pedig 440 TWh-ról 2098 TWh -ra emelkedett. (1. táblázat)

Amíg a világ villamosenergia-termelésében az alacsony szén-dioxid kibocsátású energiaforrások részesedése 2022-ben 38,7% volt, addig a teljes energiamixben mindez 17,2%-ot tett ki (Our World in Data, 2023a; Our World in Data, 2023b). Ennek oka, hogy a fűtés és a közlekedés sokkal nagyobb mértékben támaszkodik a fosszilis tüzelőanyagokra, mint a villamosenergia-termelés. Tény, hogy a közlekedést és a fűtést nehezebb dekarbonizálni, ezért törekedni kell azok alacsony szén-dioxid kibocsátású villamosítására. Ilyen például az elektromos járművekre való átállás (Ritchie–Roser–Rosado, 2020).

**1. táblázat. A világ villamosenergia termelése 2011-2022 között (TWh)**

|                 | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| szén            | 8864   | 8914   | 9374   | 9552   | 9227   | 9271   | 9560   | 9942   | 9729   | 9344   | 10 095 | 10 212 |
| földgáz         | 4753   | 5034   | 4931   | 5084   | 5403   | 5680   | 5813   | 6057   | 6235   | 6203   | 6399   | 6444   |
| olaj            | 1176   | 1222   | 1180   | 1124   | 1121   | 1068   | 1004   | 908    | 832    | 794    | 868    | 904    |
| nukleáris       | 2586   | 2407   | 2424   | 2474   | 2505   | 2544   | 2568   | 2622   | 2727   | 2636   | 2750   | 2632   |
| víz             | 3483   | 3652   | 3781   | 3863   | 3873   | 4002   | 4050   | 4180   | 4215   | 4340   | 4246   | 4289   |
| nap             | 63     | 96     | 132    | 198    | 256    | 328    | 445    | 572    | 703    | 847    | 1047   | 1310   |
| szél            | 440    | 529    | 641    | 716    | 829    | 958    | 1137   | 1267   | 1418   | 1589   | 1848   | 2098   |
| bioenergia      | 336    | 365    | 398    | 432    | 471    | 477    | 508    | 539    | 567    | 601    | 657    | 675    |
| egyéb megújulók | 68     | 69     | 71     | 76     | 80     | 83     | 85     | 88     | 90     | 92     | 93     | 97     |
| összesen        | 21 769 | 22 289 | 22 931 | 23 519 | 23 763 | 24 412 | 25 170 | 26 174 | 26 516 | 26 447 | 28 003 | 28 661 |

*Forrás: saját szerkesztés (Our World in Data, 2023c)*

A 2022-2024 közötti időszakban átlagosan 2,7%-os éves villamosenergia-kereslet növekedésre számítunk, miközben a megújuló energiaforrások növekvő felhasználása majdnem megfelel ennek a mérsékelt keresletnövekedésnek (IEA, 2022c).

### ***Az Európai Unió villamosenergia-termelése***

Az Európai Unió bruttó villamosenergia-termelése az EU teljes energiafelhasználásának 16%-át tette ki 2011-ben, és 17%-át 2021-ben (Eurostat, 2012; Eurostat, 2023a). A villamosenergia-termelés 0,5%-kal, míg a teljes energiafelhasználás 6,4%-kal csökkent 2021-re (2011-hez képest). A villamosenergia-termelés részaránya tehát nőtt a teljes energiafelhasználáshoz képest. Értékalapon az EU villamosenergia-termelése 2866,29 TWh-ról 2851,15 TWh-ra, míg a teljes villamosenergia-felhasználás 17912,93 TWh-ról 16771,51 TWh-ra csökkent 2011 és 2021 között (Eurostat, 2023b; Eurostat, 2023c). A 2. táblázatból látható, hogy az Európai Unióban a megújuló energiatermelés növekedett, a szénfelhasználás pedig csökkent, ami kedvezően hat a zöld átalakulás szempontjából és hozzájárul a klímacélok eléréséhez. Sajnos ez a gázra és az olajra már nem mondható el, bár azok felhasználása is csökkent, de közel sem olyan mértékben, mint az előbbieké. Ez főleg az általuk használt technológiák miatt van így. A gáz szükséges a vegyiparhoz, a fűtéshez, ill. a gyorsindítású villamos-erőművekhez. Az olaj pedig ezeken kívül a közlekedés egyik fontos alapanyaga.

**2. táblázat. Az Európai Unió bruttó rendelkezésre álló energia és a bruttó villamosenergia-termelésének változása 2011-2021 között, GWh**

|                                   |           | 2011      | 2011-en belüli részesedés | 2021      | 2021-en belüli részesedés | változás 2011-2021 |
|-----------------------------------|-----------|-----------|---------------------------|-----------|---------------------------|--------------------|
| bruttó rendelkezésre álló energia | szén      | 2 913 338 | 16,3%                     | 1 892 856 | 10,3%                     | -35,0%             |
|                                   | gáz       | 3 878 806 | 21,7%                     | 3 957 597 | 24,1%                     | 2,0%               |
|                                   | olaj      | 6 633 145 | 37,0%                     | 5 823 682 | 35,0%                     | -12,2%             |
|                                   | megújuló  | 1 983 166 | 11,1%                     | 2 926 489 | 17,7%                     | 47,6%              |
|                                   | nukleáris | 2 504 473 | 14,0%                     | 2 170 885 | 12,9%                     | -13,3%             |
| bruttó villamosenergia-termelés   | szén      | 724 827   | 25,3%                     | 419 032   | 14,7%                     | -42,2%             |
|                                   | gáz       | 558 173   | 19,5%                     | 551 784   | 19,4%                     | -1,1%              |
|                                   | olaj      | 74 594    | 2,6%                      | 46 744    | 1,6%                      | -37,3%             |
|                                   | megújuló  | 670 927   | 23,4%                     | 1 101 889 | 38,6%                     | 64,2%              |
|                                   | nukleáris | 837 769   | 29,2%                     | 731 701   | 25,7%                     | -12,7%             |

*Forrás: saját szerkesztés (Eurostat, 2023b; Eurostat, 2023c)*

A bruttó villamosenergia-termelésben a megújuló energiák közül a legjelentősebb részesedést a nap- és a szélenergiák jelentik (3. táblázat). A szélenergiának a megújulókon belüli részaránya 24,7%-ról 35,1%-ra nőtt 2011 és 2021 között, értékalapon pedig 140,4%-os növekedést mutatott. A naphő 0,3%-ot és 0,5%-ot, míg a napelem 6,8%-ot és 14,4%-ot képviselt a megújuló energiákon belül 2011-ben, illetve 2021-ben. Abszolút értékben a naphő 154,8%-ot, a napelem 207,2%-ot nőtt 2011 és 2021 között. A vízenergia részesedése 15,6 százalékpontot csökkent, értékalapon viszont 12,5%-ot nőtt a vizsgált időszakban. A geotermikus energia felhasználása lassú növekedést mutat, részesedése viszont 1% alatt van napjainkban. Ez főleg annak tudható be, hogy a geotermikus

energia villamosenergia-termelésre történő használata nem terjedt el, felhasználása leginkább közvetlen hőenergia formájában történik. A bioenergia részesedése ugyan csökkent (17,8%-ról 15,6%-ra), értékében viszont növekedett (37,4%-kal) a bruttó villamosenergia-termelésben 2011 és 2021 között.

**3. táblázat. A megújuló energiák megoszlása Európai Unió a bruttó villamosenergia-termelésben, GWh**

| energiaforrás | 2011    | 2011-en belüli részesedés | 2021    | 2021-en belüli részesedés | változás 2011-2021 |
|---------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|--------------------|
| vízenergia    | 332 849 | 49,6%                     | 374 535 | 34,0%                     | 12,5 %             |
| geotermikus   | 5947    | 0,9%                      | 6717    | 0,6%                      | 12,9 %             |
| szélenergia   | 165 347 | 24,7%                     | 397 418 | 35,1%                     | 140,4 %            |
| naphő         | 1959    | 0,3%                      | 4992    | 0,5%                      | 154,8 %            |
| napelem       | 45 330  | 6,8%                      | 139 240 | 14,4%                     | 207,2 %            |
| bioenergia    | 119 114 | 17,8%                     | 163 691 | 15,6%                     | 37,4%              |

*Forrás: saját szerkesztés (Eurostat, 2023d)*

Az Európai Unió több mint két évtizede úttörője a megújuló energiák elterjedésében a világon. A hosszútávú tervek és szakpolitikai intézkedések eddigi eredményeinek köszönhetően a 2005-ös 9%-os bruttó energiafogyasztáshoz képest 2021-re 17,4%-ot tett ki a megújulók részaránya. Az EU a jövőben szeretné ezt megkétszerezni és a megújuló energiaforrások részarányát 34%-ra emelni 2030-ra. Az összes EU tagállam rendelkezik valamilyen költséghatékony megújuló energiákra való átállás programmal. Ezek a programok hozzájárulnak az EU energiarendszerének hosszútávú széndioxid mentesítéséhez (IRENA 2018).

### ***Magyarország villamosenergia termelése***

Magyarországon a villamosenergia-szolgáltatás az 1930-as években alakult ki. Az első erőművek csak kis körzeteket láttak el elektromos árammal. Később ezek a körzetek a váltakozó áram és a transzformátorok alkalmazásának köszönhetően egyre nagyobb kiterjedésűek lettek és lehetővé tették a nagyobb teljesítmények gazdaságos továbbítását, ezáltal egyre több fogyasztó kiszolgálását. Az első legjelentősebb erőművek egyike a Kelenföldi Erőmű volt a maga 30 kV-os rendszerével, és már ekkor komoly koordinációt igényelt az üzemeltetés és a villamosenergia-elosztás. Az első villamosenergia-törvény 1934-ben született meg, majd egy évvel később megalakult Magyarország első villamosenergia-irányító központja az Elektromos Művek. Ezután megjelentek az egyre nagyobb teljesítményű erőművek, mint például a lőrinci Mátravidéki Erőmű (nem tévesztendő össze a Mátrai Erőművel). A keleti és a nyugati villamosenergia-rendszert 1949-ben Budapesten keresztül kapcsolták össze, és létrejött az Országos Villamosenergia-elosztó, melynek fő feladatai közé tartozott az igények felmérése, üzemzavar esetén a teljesítményveszteségek számítása, a menetrendek elkészítése stb.

A határon átnyúló villamoskapcsolat az 1950-es években indult Magyarországról, először Cseh-szlovákia felé, és hamarosan megjelent a 400 kV-os feszültség szint. Ekkor hozták létre Prágában a keleti blokkot koordináló Központi Diszpécser Irodát (CDU), ezen keresztül bonyolították le a Szovjetunióból érkező villamosenergia-importot. A Szovjetunióval 1978-ban jött létre közvetlen

nagyteljesítményű átviteli kapcsolat Albertirsa és Zapad (ma Ukrajna) között 750 kV-os távvezetékkel keresztül. Négy évvel később kapcsolták a magyar villamosenergia-hálózatra a Paksi Atomerőmű 1. számú blokkját. A rendszerváltást követően szükségessé vált nyugat-európai kapcsolatok kialakítása. Ennek feltétele volt, hogy a magyar hálózat képes legyen a rendszerdinamikai szempontból fontos frekvenciatartásra. Magyarország 2001-ben lett a nemzetközi villamosenergia-rendszer teljes jogú tagja.

Jelenleg a MAVIR - Magyar Villamosenergia-ipari Rendszerirányító – áll kapcsolatban a nemzetközi villamosenergia-elosztó szervezetekkel. A MAVIR együttműködik az európai rendszerirányítással és hálózatüzemeltetéssel, valamint műszaki, gazdasági és jogi kérdésekben képviseli a magyar érdekeket. A MAVIR több nemzetközi szervezetnek is tagja, mint az ENTSO-E (Európai Villamosenergia-rendszerirányítók Szövetsége), az EURELECTRIC (Európai Villamosenergia-társaságok Együttműködési Szervezete), a CIGRÉ (Nagyfeszültségű Villamosenergia-hálózatok Nemzetközi Tudományos Szervezete), és a IEC (Nemzetközi és Európai Szabványosítási Szervezet) (Irinyl, 2016; Borsody, 2023).

A Magyarországon felhasznált villamosenergiának három forrását különböztetjük meg. A villamos energia legjelentősebb részét hazai a villamosenergia-termelő erőművek állítják elő. Az elektromos energia másik részét maguk a fogyasztók állítják elő megújuló forrásból, részben saját fogyasztásukra, részben a hálózatra. A villamosenergia-fogyasztás harmadik forrása az import, amely az európai villamosenergia-rendszerből érkezik Magyarországra.

Kelet-Európában a rendszerváltás nagy hatással volt az energiafelhasználás ágazonkénti szerkezetének változására. Csökkent az ipar és a mezőgazdaság jelentősége, viszont növekedett a közlekedési és szolgáltató szektorok szerepe (Gostkowski et al., 2021).

A magyar kormány 2012-ben dolgozta ki a Nemzeti Energiastratégiát, amely részletes javaslatokat tartalmaz az energiaszektor szereplői és döntéshozói számára 2030-ig, valamint egy átfogóbb és hosszabb távú, 2050-ig szóló ütemtervet is tartalmaz (Ministry of National Development, 2012).

A COVID-19 világjárvány és az orosz-ukrán háború teljesen új helyzetet teremtett a magyar energiaszektor számára, amely a stratégia újra tervezését igényelte. Magyarország az energiaimport nagyságát tekintve a középmezőnyben van Európában, és a gazdaságilag fejlett országok közé tartozik, ahol magas az importenergia-igény.

### ***A magyar villamosenergia-termelés primer energiahordozók szerint összetétele***

Magyarországon az atomenergia adja a bruttó villamosenergia-termelés 44%-át, 15 990 GWh értékben (2021). A nukleáris energia után a földgáz játszik a legfontosabb szerepet a villamosenergia-termelésben. A földgáz-felhasználás 10%-kal csökkent a villamosenergia-termelésben, részesedése pedig 30%-ról 27%-ra esett vissza 2010 (10 738 GWh) és 2021 (9653 GWh) között. A számottevő növekedést mutatnak a megújuló energiák (155%-os!) a magyar bruttó villamosenergia-termelésben, a részesedésük 8%-ról 19%-ra nőtt. Ez nagyrészt annak köszönhető, hogy a napenergia 2015 és 2021 között 26-szoros növekedést produkált, ezzel egymaga 11%-os részesedést mutatott 2021-ben a bruttó villamosenergia-termelésben. A szén által termelt villamosenergia 2010 és 2021 között jelentősen (54%-kal) csökkent, és a részesedése a bruttó villamosenergia-termelésből 18%-ról 8%-ra esett vissza. (4. táblázat).

**4. táblázat. A magyar villamosenergia-termelés primer energiahordozó szerint összetétele 2011-2022 között, GWh**

|                  | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   | 2022*  |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>nukleáris</b> | 15 685 | 15 793 | 15 370 | 15 649 | 15 834 | 16 054 | 16 098 | 15 733 | 16 288 | 16 055 | 15 990 | 15 812 |
| <b>szén</b>      | 6609   | 6492   | 6384   | 6114   | 5908   | 5758   | 5098   | 4834   | 4184   | 3826   | 3105   | 3046   |
| <b>földgáz</b>   | 10738  | 9401   | 5541   | 4240   | 5108   | 6479   | 7869   | 7282   | 8700   | 9091   | 9653   | 8845   |
| <b>olaj</b>      | 144    | 185    | 78     | 76     | 77     | 63     | 86     | 91     | 71     | 45     | 59     | 59     |
| <b>biomassza</b> | 1527   | 1333   | 1429   | 1702   | 1660   | 1493   | 1645   | 1798   | 1769   | 1664   | 1775   | 1693   |
| <b>biogáz</b>    | 213    | 211    | 267    | 287    | 293    | 333    | 348    | 336    | 321    | 324    | 295    | 313    |
| <b>hulladék</b>  | 119    | 111    | 136    | 137    | 208    | 245    | 159    | 162    | 137    | 167    | 161    | 130    |
| <b>víz</b>       | 222    | 213    | 213    | 301    | 234    | 259    | 220    | 222    | 219    | 244    | 212    | 178    |
| <b>szél</b>      | 626    | 770    | 718    | 657    | 693    | 684    | 758    | 607    | 729    | 655    | 664    | 610    |
| <b>nap</b>       | 1      | 8      | 25     | 67     | 141    | 244    | 349    | 629    | 1497   | 2459   | 3796   | 4682   |
| <b>geoterm.</b>  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 12     | 18     | 16     | 12     | 4      |
| <b>egyéb</b>     | 135    | 118    | 133    | 173    | 204    | 290    | 284    | 361    | 358    | 384    | 398    | 327    |
| <b>összes</b>    | 36 019 | 34 635 | 30 294 | 29 403 | 30 360 | 31 902 | 32 915 | 32 067 | 34 291 | 34 930 | 36 120 | 35 699 |
| <b>HHI</b>       | 31,4%  | 31,9%  | 33,8%  | 35,1%  | 34,2%  | 33,0%  | 32,4%  | 31,9%  | 30,8%  | 29,4%  | 27,8%  | 26,8%  |

\*előzetes adatok

*Forrás: saját szerkesztés, (KSH, 2022; Eurostat, 2023e)*

## Adatbázis és módszer

Az elemzéshez felhasznált adatok az Európai Unió statisztikai hivatala az Eurostat, a Magyar Központi Statisztikai Hivatal (KSH), a Magyar Energetikai- és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) és a Magyar Villamosirányító Rendszer (MAVIR adatbázisaiból származnak. Az adatsorok a 2011 és 2021 közötti időszakból kerültek feldolgozásra (Eurostat, 2023f; KSH, 2023; MEKH, 2023; MAVIR, 2023a).

A magyar villamosenergia-biztonság erősen függ az importtól és a hazai termelés összetételétől. A határokon áthaladó villamosenergia-import és -export révén több országgal is kapcsolatban állunk. Az érkező-távozó villamosenergia időben és mértékében változik. Ezek az importok, esetenként import-export szaldók felfoghatók országonként egy-egy termelő egységnek (erőműnek), amelyek termelése időről-időre változik.

Cikkünkben a hazai villamosenergia-felhasználás forrásait, illetve a hazai termelés összetételét elemeztük. A magyar villamosenergia-helyzet vizsgálata kiterjedt a megújulókon alapuló villamosenergia termelés alakulására is. A fogyasztói oldalon sor került az éves bruttó villamosenergia-csúcsfogyasztás trendjének vizsgálatára, mely tartalmazta a villamosenergia-fogyasztás regressziós vizsgálatát (MVM, 2022).



A villamosenergia-termelés koncentrációjának mérésére a Herfindahl-Hirschman-Indexet (HHI) alkalmaztuk. Az elemzés azon a feltevés alapszik, hogy a termelő egységek (importok, erőművi termelések és erőmű típusok) felfoghatók egy-egy piaci szereplőként (Huzsvai, 2012).

A HHI a piaci koncentráció jellemzésére használt mutató. Adott szektor, ágazat HHI-e a piacon található egységek részesedésének ( $T_i$ ) négyzetösszege. A HHI képlete:

$$HHI = \sum_{i=1}^r T_i^2 \quad /1/$$

A HHI értéke  $1/r$  és 1 közé esik. Az  $1/r$  érték esetén a részvevők egyenlő piaci részesedéssel bírnak. Abban az esetben, ha sok, kis teljesítményű szereplő (termelő) van jelen, akkor a HHI a nullához közelít. Az 1-es értéknél egy szereplőnél koncentrálódik a termelés (monopólium).

A szereplők száma  $r$ , a részesedésük  $T_1, T_2, \dots, T_r$ . A részesedések megegyeznek a megoszlási  $T$  viszonyszámokkal. Itt is a részsokaságot viszonyítottuk az egészhez. A megoszlási viszonyszámok átlaga pedig  $1/r$  volt. Ez az összefüggés a HHI meghatározásakor is hasznos. A piaci részesedések összege 1, azaz:

$$\sum_{i=1}^r T_i = 1 \quad /2/$$

A szóródási mutatók az átlagtól való eltéréseket mutatja. Ebben az esetben a részesedések átlagtól vett eltérés-négyzetösszegét adja. A variancia, illetve a szórás meghatározásakor ezt szokásos az első lépésben meghatározni.

$$\sum (T_i - \bar{T}_i)^2 = \sum_{i=1}^r \left(T_i - \frac{1}{r}\right)^2 \quad /3/$$

Az összeg akkor egyelő nullával, amikor minden szereplő részesedése az átlaggal egyenlő. Ellenkező esetben nullánál nagyobb értéket eredményez. Az erős koncentráció esetén közelíteni fog egyhez. Három tag esetén:

$$\sum \left(T_i^2 + \frac{1}{r^2} - \frac{2T_i}{r}\right) \quad /4/$$

Az első tag = HHI, mivel ez a részesedések négyzetösszege. A második tag  $1/r$ , mivel  $r$ -szer adjuk össze. A harmadik tag  $-2/r$ ,  $T_i$  összege 1-gyel egyenlő. A koncentráció teljes hiánya esetén a képletünk az alábbi módon alakul:

$$HHI + \left(\frac{1}{r}\right) - \left(\frac{2}{r}\right) = 0 \quad /5/$$

Ebből a HHI minimális értéke  $1/r$ , a maximuma pedig 1 lehet. A mennyiségek ismeretében a számítások gyors elvégzéséhez érdemes lehet az alábbi formulát használni:

A  $i$ -edik termék mennyisége  $P_i$ , ekkor  $T_i = P_i / \text{szum}(P_i)$

$$HHI = (P_1^2 + \dots + P_r^2) / (P_1 + \dots + P_r)^2 \quad /6/$$

A HHI értékének megadását 0...1 közötti értékek mellett szokás még, százalékosan vagy 0...10000 közötti tartományban megadni.

## Eredmények

### *A magyar villamosenergia-import áramlása*

Magyarország Szlovénia kivételével minden szomszédos országból importál villamos energiát. Az 5. táblázatból látható, hogy a magyar villamosenergia-import közel 36%-kal (5303 GWh) nőtt 2011 és 2021 között, és 2021-re elérte a 19967 GWh-t. A legtöbb villamos energiát Szlovákiából importáljuk (10 723 GWh-t 2021-ben), ami az összimport 48%-a. Ezt követi fej-fej mellett Ukrajna (3591 GWh) és Ausztria (3255 GWh). Az ukrán villamosenergia-import 44,6%-kal nőtt, az osztrák 49%-kal csökkent 2020 és 2021 között, míg a 2011-2021-es időszakra vonatkozólag ezek az értékek - 4,8%-os, illetve +99,6%-os változást mutattak. Magyarország villamosenergia-importjában Horvátország, Románia és Szerbia nem szerepeltek túl nagy súllyal, összesen a teljes import 12%-át teszik ki.

**5. táblázat. Magyarország villamosenergia-importja 2011-2021 között, GWh**

|              | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Horv.</b> | 11     | 4      | 415    | 60     | 46     | 292    | 31     | 725    | 154    | 376    | 774    |
| <b>Ausz.</b> | 1631   | 2428   | 1378   | 2567   | 2644   | 3090   | 5085   | 3753   | 6224   | 6386   | 3255   |
| <b>Ro.</b>   | 866    | 215    | 758    | 1269   | 1359   | 929    | 359    | 1042   | 227    | 171    | 528    |
| <b>Szlo.</b> | 8118   | 10 231 | 8298   | 9357   | 9817   | 8330   | 9459   | 6813   | 8738   | 9251   | 10 723 |
| <b>Szer.</b> | 267    | 78     | 950    | 212    | 519    | 898    | 306    | 1226   | 496    | 508    | 1096   |
| <b>Ukr.</b>  | 3771   | 4014   | 4836   | 5614   | 5550   | 4412   | 4563   | 5054   | 4014   | 2484   | 3591   |
| <b>Össz.</b> | 14 664 | 16 970 | 16 635 | 19 079 | 19 935 | 17 951 | 19 803 | 18 613 | 19 853 | 19 176 | 19 967 |
| <b>HHI</b>   | 38,9%  | 44,0%  | 34,6%  | 35,0%  | 34,3%  | 31,1%  | 34,8%  | 25,7%  | 33,4%  | 36,2%  | 35,3%  |

megjegyzés: Horv.: Horvátország, Ausz.: Ausztria, Ro.: Románia, Szlo.: Szlovákia, Szer.: Szerbia, Ukr.: Ukrajna

*Forrás: saját szerkesztés, (Eurostat, 2023g)*

A magyar villamosenergia-import koncentrációja nem mutat jelentős változást a vizsgált időszakban, a HHI-index 39%-ról 35%-ra csökkent.

### *A magyar villamosenergia-export áramlása*

Magyarország – szintén Szlovénia kivételével - minden környező országba exportál villamos energiát. A 6. táblázat mutatja, hogy a magyar villamosenergia-export 10%-kal (808 GWh) csökkent 2011 és 2021 között, miközben hektikus mozgást mutatott. Magyarország 2021-ben Horvátországba exportálta a legtöbb villamosenergiát (3317 GWh), de ez a 2010-es értéknek csak 54%-a. A második legfontosabb célpiac Románia, ahová 2011 és 2021 között jelentősen (340 GWh-ról 1628 GWh-ra) nőtt a magyar áramexport. Szintén jelentős a magyar villamosenergia-export Ukrajnába (881 GWh), Ausztriába (715 GWh) és Szerbiába (562 GWh), míg Szlovákiába (110 GWh) kevésbé számottevő (2021).

6. táblázat. Magyarország villamosenergia exportja 2011-2021 között, GWh

|              | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Horv.</b> | 6171  | 6296  | 2912  | 3737  | 4866  | 3737  | 4883  | 2750  | 4236  | 3204  | 3317  |
| <b>Ausz.</b> | 698   | 335   | 1014  | 547   | 525   | 432   | 134   | 591   | 39    | 102   | 715   |
| <b>Ro.</b>   | 340   | 965   | 525   | 154   | 249   | 560   | 908   | 588   | 1970  | 2185  | 1628  |
| <b>Szlo.</b> | 5     | 2     | 8     | 0     | 1     | 11    | 6     | 60    | 44    | 57    | 110   |
| <b>Szer.</b> | 697   | 1295  | 278   | 1239  | 594   | 417   | 971   | 271   | 766   | 959   | 562   |
| <b>Ukr.</b>  | 110   | 110   | 21    | 12    | 14    | 83    | 23    | 5     | 214   | 992   | 881   |
| <b>Össz.</b> | 8021  | 9003  | 4758  | 5689  | 6249  | 5240  | 6925  | 4265  | 7269  | 7499  | 7213  |
| <b>HHI</b>   | 60,9% | 52,3% | 43,6% | 48,9% | 62,4% | 53,3% | 53,4% | 45,8% | 42,5% | 30,2% | 29,3% |

megjegyzés: Horv.: Horvátország, Ausz.: Ausztria, Ro.: Románia, Szlo.: Szlovákia, Szer.: Szerbia, Ukr.: Ukrajna

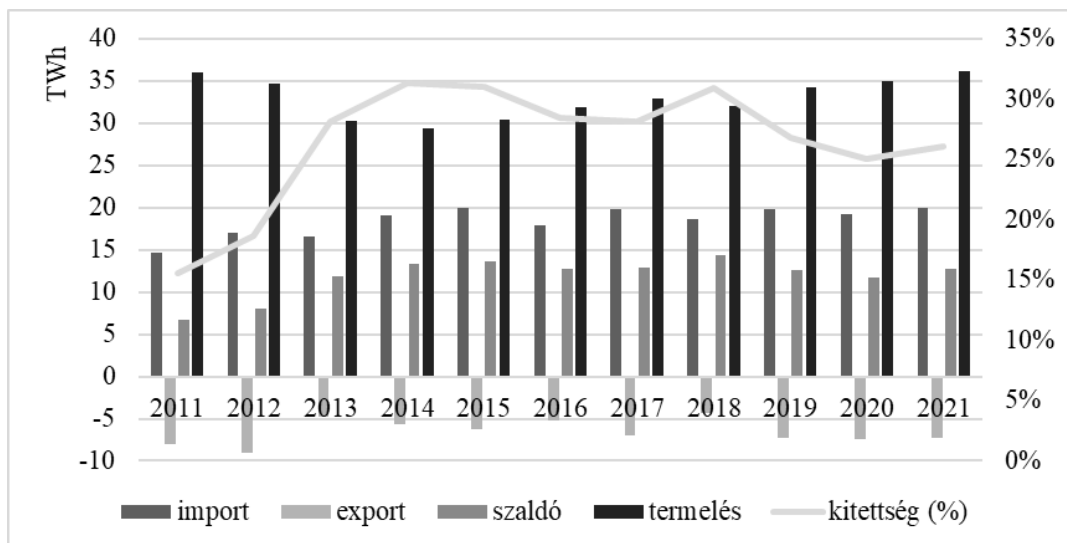
*Forrás: saját szerkesztés, (Eurostat, 2023b)*

A magyar villamosenergia-export koncentrációja jelentősen csökkent, a HHI-index értéke 61%-ról 29%-ra esett vissza a vizsgált időszakban.

### Import kitettség

A villamosenergia-import és -export közötti különbség a nettó villamosenergia-import. A nettó import és a megtermelt villamos energia adja a belföldön felhasznált villamos energia mennyiségét. A villamosenergia-import kitettség nem más, mint a nettó villamosenergia-import és a felhasznált villamosenergia mennyiség hányadosa (százalékban).

Magyarország nettó villamosenergia-importja 6,643 TWh-ról 12,754 TWh-ra nőtt 2011 és 2021 között, ami 92%-os növekedést jelent. Az egyenleg változása jelentős mértékben a villamosenergia-import 36%-os (5303 GWh) növekedésének és a villamosenergia-export 10%-os (808 GWh) csökkenésének tudható be. A vizsgált időszakban a magyar villamosenergia-termelés 2014-ig csökkent, majd növekedésnek indult és 2021-ra elérte a 36120 GWh-t. (1. ábra)



1. ábra. A magyarországi villamosenergia import, export és termelés értékei, 2011-2021

*Forrás: saját szerkesztés, (Eurostat 2023i)*

Ezen folyamatok alakulása révén a magyar villamosenergia-kitettség 15,6%-ról (2011) 26,1%-ra (2021) nőtt.

### ***A magyar villamosenergia-rendszer helyzete***

A magyar villamosenergia-rendszerben az erőművek teljesítményük alapján három kategóriába sorolhatók:

- 50 MW feletti beépített teljesítményű nagy erőművek,
- 50 MW-nál kisebb beépített teljesítményű kiserőművek,
- háztartási méretű kiserőművek, amelyek teljesítménye nem haladja meg az 50 kW-ot.

A magyar villamosenergia-rendszer (VER) centralizált, mivel a megtermelt villamos energia nagy részét nagy teljesítményű erőművekben állítják elő. Ezek az 50 MW feletti beépített teljesítményű erőművek a VER beépített teljesítményének mintegy 70%-át és az éves villamosenergia-termelés több mint 80%-át adják.

Nem elhanyagolható azonban a kiserőművek (50 MW-nál kisebb beépített teljesítményű) jelentősége sem, mert fontos szerepet töltenek be a villamos-energiatermelésben közben keletkezett hőtermelésben, az ipari energiaigények kiszolgálásában (Kulcsár, 2018; Gyórfi–Hugyecz, 2020).

### ***A magyar villamosenergia termelés koncentrációja***

Magyarországon az 50 MW feletti beépített villamosenergia termelőkapacitás 6106 MW. Az 1-50 MW beépített villamosenergia kapacitással 24 erőmű rendelkezik, összesen 447 MW teljesítménnyel (7. táblázat).

**7. táblázat. Magyarország 50 MW beépített teljesítményt meghaladó villamos erőművei**

|  | teljesítmény |
|--|--------------|
| Paksi Atomerőmű  | 2000 MW      |
| Mátrai Erőmű (Gagarin) (Visonta)                       | 950 MW       |
| Dunamenti Gázturbinás Kombinált Erőmű                  | 755 MW       |
| Gönyűi Kombinált Ciklusú Erőmű                         | 433 MW       |
| Csepeli Gázturbinás Erőmű                              | 390 MW       |
| Gyorsindítású Gázturbinás Erőművek (Litér, Sajószöged) | 240 MW       |
| Pécsi Hőerőmű  | 215 MW       |
| Oroszlányi Hőerőmű                                     | 200 MW       |
| Lőrinci Gázturbinás Erőmű                              | 150 MW       |
| Kelenföldi Gázturbinás Erőmű                           | 136 MW       |
| Mátravidéki Erőmű (Lőrinci)                            | 128 MW       |
| Ajkai Gázturbinás Csúcserőmű                           | 116 MW       |
| Kispesti Erőmű   | 110 MW       |
| Ajkai Hőerőmű  | 100 MW       |
| Debreceni Kombinált Ciklusú Erőmű                      | 99 MW        |
| Dunai Vasmű Erőműve (Dunaújváros)                      | 84 MW        |
| HHI  | 16,7%        |

*Forrás: saját szerkesztés, (MAVIR, 2023a)*

A magyar beépített villamosenergia teljesítmény háromnegyedét az öt legnagyobb villamos erőműünk a Paksi Atomerőmű, a Mátrai Erőmű, a Dunamenti Erőmű, a Gönyői Erőmű és a Csepeli Erőmű adja, összesen 4528 MW-ot. A villamosenergia termelés koncentrációja így:

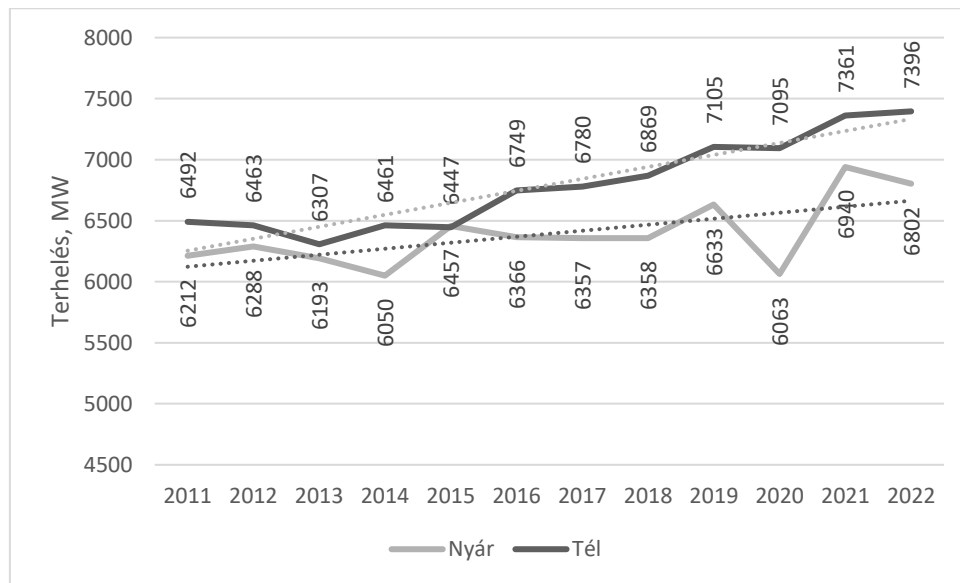
$$HHI = \frac{(2000^2 + 950^2 + \dots + 99^2 + 84^2)}{(2000 + 950 + \dots + 99 + 84)^2} \approx 0,167 \quad /7/$$

azaz 16,7%, ami az utóbbi időben jelentős üzemzavarokkal küszködő Mátrai Erőmű blokkjainak kiesése miatt tovább növekszik, 50%-os leállás esetén ~17%-ra, teljes leállás esetén pedig ~19,5%-ra emelkedik.

A villamosenergia-termelés primer energiahordozók szerinti koncentrációja (HHI) a 2011-es 31,4%-ról 2014-re 35,1%-ra nőtt. A koncentráció növekedésének oka az atomenergia és a biomassza részarányának növekedése, illetve a földgáz felhasználása jelentős csökkenése volt. A HH index értéke 2015-től folyamatosan csökkent és 2021-re elérte a 27,8%-ot. Ennek alapvető oka a megújuló energiaforrások növekvő felhasználása volt.

### Éves rendszerterhelési csúcsok alakulása

A MAVIR által jelentett adatok alapján a bruttó évenkénti rendszerterhelési csúcsok alakulását mutatja a 2. ábra.



2. ábra. A magyar villamosenergia-rendszer éves terhelési csúcsai, MW

Forrás: saját szerkesztés, (MAVIR, 2023b)

A nyári csúcsok lineáris regressziós egyenlete:

$$y = 49,15x + 6073,8 \quad /8/$$

R-négyzet: 0,4104  
 , ahol x az év, y pedig az adott év rendszerterhelési csúcsa GW-ban.

A téli csúcsok lineáris regressziós egyenlete - ami megegyezik az egész évre vetített értékekkel, hiszen csak 2015-ben mutat eltérést:

$$y = 98,108x + 6156 \quad /9/$$

R-négyzet: 0,8890

, ahol x az év, y pedig az adott év rendszerterhelési csúcsa GW-ban.

A 2011 és 2022 között a nyári csúcsok átlagosan 0,8%-os, a téli csúcsok átlagosan 1,2%-os éves növekedést mutatnak.

A rendszerterhelési csúcsok idején a fogyasztás-termelés egyensúly fenntartásához gyorsan induló és reagáló erőművi kapacitásokra van szükség. Ez a fajta rendelkezésre állás költséges, függetlenül attól, hogy van termelés vagy nincs. A költséghatékony megoldás tehát a csúcsok tompítása, például a csúcsfogyasztást a völgyidőszak felé kell tolni. Az okos rendszerek a jövőben akár háztartási szinten is lehetővé teszik a vezérelhető felhasználók fogyasztásának ütemezett szabályozását.

## Következtetések, javaslatok

A jövőben is valószínűsíthető hazánk jelentős villamosenergia-importja, illetve a tranzitokkal járó exporttevékenység. Ezért fontos a megfelelő határkeresztmetszetek megléte. Az egyre szélesebb körű és növekvő arányú megújuló villamosenergia-előállítás is igényli az egyes országok közötti minél rugalmasabb áramlások biztosítását. A jövőben a megújuló energiák észak-déli áramlása várható, ahol déli országok a napenergiát, míg az északi országok a szélenergiát táplálják be a közös európai villamosenergia-rendszerbe. A magas villamosenergia-import hányad önmagában nem lenne gond, hiszen az európai villamosenergia kapcsolat révén a hazai termelésnél olcsóbban is vásárolhatunk villamosáramot. Ez a villamosáram olykor zöldebb is mint a hazai előállítású. Emellett ez a hálózati kapcsolat hozzájárul a rövid idejű üzemzavarok megoldásához. Lényeges dolog, hogy a termelői kapacitás bármikor képes legyen a hazai fogyasztás kielégítésére. Mindig legyen olyan termelő egység (Black Start erőmű), amely képes az ország erőműveink újraindítására külső segítség nélkül is a villamosenergia-rendszer összeomlás (Black Out) esetén. Fontos lenne az erőművek primer energiahordozói importfüggőségének csökkentése. Ehhez nagy segítséget adhatnak a megújuló energiaforrásokkal üzemelő biomassza és biogáz üzemanyagú erőművek. Fontos lenne a közvetlen villamosenergiát adó napelemes és szélenergiaerőművek bővítése is. Nagy lehetőséget tartogat még a geotermikus erőművek alkalmazása is.

A Mátrai Erőmű 2026-os tervezett leállása csökkenteni fogja a termelési koncentrációt, ami viszont nagy valószínűséggel az ország villamosenergia-importjában fog jelentkezni. Ez kedvezően fog hatni a villamosáram zöldülésére. Egyrészt a növekvő import zöldtartalma miatt, másrészt pedig a magyar villamosenergia-termelésből kiesik a leginkább szennyező erőmű. A Mátrai Erőmű teljesítménykiesése idővel a korszerű gázturbinás erőmű üzembe helyezésével pótolható.

A villamosenergia-termelés és -felhasználás kitérségének csökkentése érdekében fontos lenne a megújuló energiák további bővítése. Egyes számítások szerint még négyszer ennyi szélenergiaerőművi kapacitásra van lehetőség az országban anélkül, hogy tájképromboló hatásuk lenne. Energiatárolók integrálásával tovább növelhető a megújulókból származó energiák hatékonysága, illetve megkönynyítheti az évente egyre növekvő csúcsterhelések kezelését. Ezzel is növekedne Magyarország villamosenergia-ellátásának biztonsága.

## Összefoglalás

A 2010-es években mind az európai, mind a magyar villamosenergia-termelés és -fogyasztás jelentős szerkezeti átalakuláson ment keresztül. Magyarország villamosenergia-fogyasztása nőtt, követve az európai uniós trendeket. Európában Magyarország villamosenergia-szállítás szempontjából tranzitország, így jelentős a magyar villamoshálózat exportja is az import mellett. Sajnos a növekvő villamosenergia-igény jelentős hányada importból származott, miközben a magyar villamosenergia-termelés elenyésző mértékben nőtt. A vizsgált időszak végén, 2021-ben Magyarország villamosenergia-import-kitettsége 26,1% volt. Kedvező tény azonban, hogy 2010 és 2020 között az importforrások átszervezése során megnőtt az Ausztriából érkező villamosenergia-import, amelynek jelentős része zöld energiaforrásból származott. Eközben csökkent az ukrajnai áramimport, amely bár alacsony szén-dioxid-kibocsátású nukleáris energiaforrásból származott, mégsem sorolható a zöld energiák közé.

Magyarország villamosenergia-termelése alapvetően nukleáris és fosszilis alapuló, ezek együtt a teljes primer energiafelhasználás 92%-át adták 2011-ben. Ez az arány 2021-re - a felére csökkenő szénfogyasztásnak köszönhetően - 80%-ra esett vissza. Sajnos ezek a primer energiák a lignittől és a némi hazai gáz kitermeléstől eltekintve importból származnak. Ez növeli az ország villamosenergia-felhasználásának importigényét, és az import kitettségét, ezzel is csökkentve az ország energia-biztonságát. Kedvezőbb képet fest a megújuló energiák felhasználása, különösen a napelemes energiatermelés területén. Sajnos törvényi rendelkezés miatt a szélenergia további növekedése egyelőre megrekedt.

## Hivatkozott források

- Borsody Z. (2023): *A magyar villamosenergia rendszer üzemirányítása*, Miskolci Egyetem, [www.uni-miskolc.hu/~elkborzo/Hálózatok-üzemirányítása-x.pdf](http://www.uni-miskolc.hu/~elkborzo/Hálózatok-üzemirányítása-x.pdf) (Letöltés: 2023.02.25.)
- Cadoret, I. – Padovano, F. (2016): The political drivers of renewable energies policies, *Energy Economics*, 56, 261-269. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.03.003>.
- Csiszárík-Kocsir Á. – Fodor M. – Medve A. (2015): Sponsors in the oil and gas industry investments carried out with project financing in 2014. *Macrothème Review: A Multidisciplinary journal of Global Macro Trends*. 4:5 pp. 42-58
- Ellabban, O. Abu – Rub, H. – Blaabjerg, F. (2014): Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39: 2014. pp. 748-764. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.113>
- Demirbas, M. F. – Balat, M. – Balat, H. (2009): Potential contribution of biomass to the sustainable energy development, *Energy Conversion and Management*, 50(7): 1746–1760. <https://doi.org/10.1016/j.enconman>.
- Doner, J. (2007): Barriers to adoption of renewable energy technology, Illinois State University, *Institute for Regulatory Policy Studies*; 2007. p. 32
- Eurostat (2012): *Glossary: Gross electricity generation*, [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Gross\\_electricity\\_generation](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Gross_electricity_generation) (Letöltés: 2023.02.25.)
- Eurostat (2023a): *Gross available energy*, [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Calculation\\_methodologies\\_for\\_the\\_share\\_of\\_renewables\\_in\\_energy\\_consumption&oldid=555286#Gross\\_available\\_energy](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Calculation_methodologies_for_the_share_of_renewables_in_energy_consumption&oldid=555286#Gross_available_energy) (Letöltés: 2024.01.01.)

- Eurostat (2023b): *EU-27 Complete energy balances, Gross available energy*, [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG\\_BAL\\_C\\_\\_custom\\_3072384/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_BAL_C__custom_3072384/default/table?lang=en) (Letöltés: 2024.01.01.)
- Eurostat (2023c): *EU-27 Complete energy balances, Gross electricity production*, [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG\\_BAL\\_C\\_\\_custom\\_3072385/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_BAL_C__custom_3072385/default/table?lang=en) (Letöltés: 2024.01.01.)
- Eurostat (2023d): *EU-27 Complete energy balances, Renewable Gross electricity production*, [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG\\_BAL\\_C\\_\\_custom\\_3068753/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_BAL_C__custom_3068753/default/table?lang=en) (Letöltés: 2024.01.01.)
- Eurostat (2023e): *Production of electricity and derived heat by type of fuel*, [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG\\_BAL\\_PEH\\_\\_custom\\_4409470/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_BAL_PEH__custom_4409470/default/table?lang=en) (Letöltés: 2023.03.11.)
- Eurostat (2023f): Európai Unió Statisztikai Hivatal, <https://ec.europa.eu/eurostat>
- Eurostat (2023g): *Imports of electricity and derived heat by partner country*, [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG\\_TI\\_EH\\_\\_custom\\_9164231/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_TI_EH__custom_9164231/default/table?lang=en) (Letöltés: 2024.01.01.)
- Eurostat (2023h): *Exports of electricity and derived heat by partner country*, [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG\\_TE\\_EH\\_\\_custom\\_9164370/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_TE_EH__custom_9164370/default/table?lang=en) (Letöltés: 2024.01.01.)
- Eurostat (2023i): *Simplified energy balances*, [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG\\_BAL\\_S\\_\\_custom\\_4345107/default/table](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_BAL_S__custom_4345107/default/table) (Letöltés: 2023.03.10.)
- Gharavi, H. – Ghafurian, R. (2011): "Smart Grid The Electric Energy System of the Future [Scanning the Issue]," in *Proceedings of the IEEE*, vol. 99, no. 6, pp. 917-921, June 2011, <https://doi.org/10.1109/JPROC.2011.2124210>.
- Gostkowski, M. – Rokicki, T. – Ochnio, L. – Koszela, G. – Wojtczuk, K. – Ratajczak, M. – Szczepaniuk, H. – Bórawski, P. – Beldycka-Bórawska, A. (2021): Clustering Analysis of Energy Consumption in the Countries of the Visegrad Group, *Energies* 2021, 14, 5612. <https://doi.org/10.3390/en14185612>
- Gyórfi L. K. – Hugyecz A. (2020): *Kiserőművi helyzetkép Magyarországon, Paks II. Zrt., Elemző percek, 24. rész*, 2020. 04. 30., <https://paks2.hu/web/guest/elemzo-percek> (Letöltés: 2023.03.04.)
- Holechek, J. L. – Geli, H. M. E. – Sawalhah, M. N. – Valdez, R. (2022): A Global Assessment: Can Renewable Energy Replace Fossil Fuels by 2050? *Sustainability*, 14, 4792. <https://doi.org/10.3390/su14084792>
- Huzsvai L. (2012): Statisztika, *Seneca Books*, 2012, ISBN 978-963-08-5016-2, [http://seneca-books.hu/doc/978\\_963\\_08\\_5016\\_2.pdf](http://seneca-books.hu/doc/978_963_08_5016_2.pdf)
- IEA (2022a): *World Energy Outlook 2022*, 2022, Paris, <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022> (Letöltés: 2023.03.08.)
- IEA (2022b): *Renewable Electricity*, IEA, Paris. <https://www.iea.org/reports/renewable-electricity> (Letöltés: 2023.03.05.)
- IEA (2022c): *Electricity Market Report - January 2022*, <https://www.iea.org/reports/electricity-market-report-january-2022/executive-summary> (Letöltés: 2023.02.11.)
- IRENA (2018): Renewable Energy Prospects for the European Union, *European Union and IRENA, 2018*, ISBN 978-92-9260-007-5, [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Feb/IRENA\\_REmap\\_EU\\_2018.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Feb/IRENA_REmap_EU_2018.pdf)
- Irinyi D. (2016): Az egységes európai villamosenergia-rendszerről rendszerirányítói szemmel, *Energetikai szak kollégium*, 2016.05.05., [https://www.eszk.org/attachments/l293/besz/ver\\_beszamolomlo.pdf](https://www.eszk.org/attachments/l293/besz/ver_beszamolomlo.pdf) (Letöltés: 2023.03.13.)



- KSH (2022): *Bruttó villamosenergia-termelés*, [https://www.ksh.hu/stadat\\_files/ene/hu/ene0009.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/ene/hu/ene0009.html) (Letöltés: 2024.01.01.)
- KSH (2023): Központi Statisztikai Hivatal, [www.ksh.hu](http://www.ksh.hu)
- Kulcsár B. (2018): A nem engedélyköteles, megújuló energiát hasznosító kiserőművek területi elhelyezkedése Magyarországon. *Műszaki Tudomány az Észak – Kelet Magyarországi Régióban* 2018 1-8. ISBN 978-963-7064-37-1
- Liang, X. (2016): Emerging power quality challenges due to integration of renewable energy sources. *IEEE Trans. Ind. Appl.* 2016, 53, 855–866. <https://doi.org/10.1109/TIA.2016.2626253>.
- Marques, A. D. – Fuinhas, J. A. (2011): Drivers promoting renewable energy: A dynamic panel approach, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011, 15, 1601-1608. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.048>
- MAVIR (2023a): Magyar Villamosirányító Rendszer, [www.mavir.hu](http://www.mavir.hu)
- MAVIR (2023b): *Havi és a téli-nyári bruttó csúcsidei rendszerterhelések*, <https://www.mavir.hu/web/mavir/havi-es-a-teli-nyari-brutto-csucsdei-rendszerterhelesek> (Letöltés: 2024.01.01.)
- Mehedintu, A. – Soava, G. – Sterpu, M. – Grecu, E. (2021): Evolution and Forecasting of the Renewable Energy Consumption in the Frame of Sustainable Development: EU vs. Romania, *Sustainability* 2021, 13, 10327. <https://doi.org/10.3390/su131810327>
- MEKH (2023): Magyar Energetikai- és Közmű-szabályozási Hivatal, [www.mekh.hu](http://www.mekh.hu)
- Ministry of National Development (2012): *National Energy Strategy 2030.*, <https://2010-2014.kormany.hu/download/7/d7/70000/Hungarian%20Energy%20Strategy%202030.pdf> (Letöltés: 2023.03.15.)
- MVM (2022): Fogalomtár, <https://mvmenergiakereskedo.hu/oldalak/699>
- Our World in Data (2023a): *Electricity consumption from fossil fuels, nuclear and renewables, World, 2022*, [https://ourworldindata.org/grapher/elec-mix-bar?country=~OWID\\_WRL](https://ourworldindata.org/grapher/elec-mix-bar?country=~OWID_WRL) (Letöltés: 2024.01.02.)
- Our World in Data (2023b): *Primary energy consumption from fossil fuels, nuclear and renewables, World, 2022*, [https://ourworldindata.org/grapher/sub-energy-fossil-renewables-nuclear?country=~OWID\\_WRL](https://ourworldindata.org/grapher/sub-energy-fossil-renewables-nuclear?country=~OWID_WRL) (Letöltés: 2024.01.02.)
- Our World in Data (2023c): *Electricity production by source, World*, <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-production-by-source?time=2011..latest&facet=none> (Letöltés: 2024.01.02.)
- Øvergaard, S. (2023): *Issue Paper: Definition of Primary and Secondary Energy*, [https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/londongroup/meeting13/LG13\\_12a.pdf](https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/londongroup/meeting13/LG13_12a.pdf) (Letöltés: 2023.02.21.)
- Owusu, P. A. – Asumadu-Sarkodie, S. (2016): A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation, *Cogent Eng.* 2016, 3, 1167990. <https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1167990>
- Papież, M. – Śmiech, S. – Frodyma, K. (2018): Determinants of renewable energy development in the EU countries. A 20-year perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018, 91, 918–934. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.075>
- Pinto, R. – Henriques, S. T. – Brockway, P. E. – Heun, M. K. – Sousa, T. (2023): The rise and stall of world electricity efficiency:1900–2017, results and insights for the renewables transition, *Energy*, 2023, 269, 1-14, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.126775>.
- Popp J. (2013): The role of bioenergy in the global energy supply, *Gazdálkodás*, Budapest. 57 (5): 419 – 435.
- Popp J. – Kot S. – Lakner Z. – Oláh J. (2018a): Biofuel use: peculiarities and implications, *Journal of Security and Sustainability Issues*, 7(3), 2018 p. 77-493. [https://doi.org/10.9770/jssi.2018.7.3\(9\)](https://doi.org/10.9770/jssi.2018.7.3(9))

- Popp J. – Oláh J. – Farkas Fekete M. – Lakner Z. – Máté D. (2018b): The Relationship Between Prices of Various Metals, Oil and Scarcity, *Energies*, p. 1-19. 2018 <https://doi.org/10.3390/en11092392>,
- Puertas, R. – Marti, L. (2022): Renewable energy production capacity and consumption in Europe, *Science of The Total Environment*, 853, 158592, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158592>.
- Rabe, M. – Bilan, Y. – Widera, K. – Vasa, L. (2022): Application of the Linear Programming Method in the Construction of a Mathematical Model of Optimization Distributed Energy. *Energies* 2022, 15, 1872. <https://doi.org/10.3390/en15051872>
- Reiche, D. – Bechberger, (2004): M. Policy differences in the promotion of renewable energies in the EU member states. *Energy Policy*, 2004. 32(7): 843 – 849. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(02\)00343-9](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(02)00343-9)
- REN21 (2018): Renewables 2018, *Global Status Report (2018)*, [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652\\_GSR2018\\_FullReport\\_web\\_-1.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_-1.pdf) (Letöltés: 2023.02.11.).
- Renewable Energy Sources (2022): *Definition, Types and Stocks.*, <https://climate.selectra.com/en/environment/renewable-energy> (Letöltés: 2023.02.10.)
- Ritchie, H. – Roser, M. – Rosado, P. (2020): "Energy". Published online at OurWorldInData.org., <https://ourworldindata.org/energy> (Letöltés: 2023.02.20.)
- Rokicki, T. – Bórawski, P. – Gradziuk, B. – Gradziuk, P. – Mrówczyńska-Kamińska, A. – Kozak, J. – Guzal-Dec, D.J. – Wojtczuk, K. (2021): Differentiation and Changes of Household Electricity Prices in EU Countries, *Energies* 2021, 14, 6894. <https://doi.org/10.3390/en14216894>
- Solaun, K. – Cerdá, E. (2019): Climate change impacts on renewable energy generation. A review of quantitative projections. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 116, 109415. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109415>
- Stec, M. – Grzebyk, M. (2022): Statistical Analysis of the Level of Development of Renewable Energy Sources in the Countries of the European Union. *Energies* 2022, 15, 8278. <https://doi.org/10.3390/en15218278>
- Svazas, M. – Navickas, V. – Bilan, Y. – Vasa, L. (2022): The Features of the Shadow Economy Impact' on Biomass Energy Sector, *Energies*, 2022; 15(8):2932. <https://doi.org/10.3390/en15082932>
- Takács-György, K. – Domán, S. – Tamus A. – Horská, E. – Palková, Z. (2015): "What Do The Youth Know About Alternative Energy Sources – Case Study From Hungary And Slovakia1" *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*, vol.4, no.2, 2015, pp.36-41. <https://doi.org/10.1515/vjbsd-2015-0009>
- Tolmac, D. – Prulovic, S. – Lambic, M. – Radovanovic, L. – Tolmac, J. (2013): Global Trends on Production and Utilization of Biodiesel, *Energy Sources Part B Econ. Plan. Policy* 2013, 9, 130–139. <https://doi.org/10.1080/15567241003773226>
- Viktor P. – Kenderesi Á. – Garai-Fodor M. (2020): Research of the Hungarian Road Transportation Companies' Alternative Fuel Usage, *Macrothema Review: A Multidisciplinary journal of Global Macro Trends*, 2020, 9: 1 pp. 109-116.
- Waheed, R. – Sarwar, S. – Wei, C. (2019): The survey of economic growth, energy consumption and carbon emission. *Energy Rep.* 2019, 5, 1103–1115. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.07.006>
- Wiuff, A. – Sandholt, K. – Marcus-Møller, C. (2006): Renewable energy technology deployment: barriers, challenges and opportunities, *EA energy analyses for the IEA RETD implementing agreement.* 2006.
- Zaharia, A – Diaconeasa, M. C. – Brad, L. – Lădaru, G. R. – Ioanăș, C. (2019): Factors Influencing Energy Consumption in the Context of Sustainable Development, *Sustainability*, 2019; 11(15):4147. <https://doi.org/10.3390/su11154147>

## Szerzők

Bozsik Nándor

[0000-0002-6798-3844](tel:0000-0002-6798-3844)

PhD hallgató

Óbudai Egyetem

Biztonságtudományi Doktori Iskola

[bozsik.nandor@uni-obuda.hu](mailto:bozsik.nandor@uni-obuda.hu)

Dr. habil. Bozsik Norbert

[0000-0002-3115-6118](tel:0000-0002-3115-6118)

PhD

Főiskolai tanár

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Agrár- és Élelmiszergazdasági Intézet

[bozsik.norbert@uni-mate.hu](mailto:bozsik.norbert@uni-mate.hu)

A műre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik: [CC-BY-NC-ND-4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

