

Paks I, Paks II. közös üzeme, hatása a magyarországi villamosenergia-ellátásra

Német Márk¹, Varga Zoltán^{2,3}, Dr. Rácz Ervin⁴

¹ Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnök Kar (villamosmérnök B.Sc. hallgató), Villamosenergetikai Intézet, 1034 Budapest, Bécsi út 96/A, nemet.mark@hotmail.com

² Óbudai Egyetem, Alkalmazott Informatika és Alkalmazott Matematika Doktori Iskola (PhD hallgató) 1034 Budapest, Bécsi út 96/B, varga.zoltan@uni-obuda.hu

³ Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Villamosenergetikai Intézet, 1034 Budapest, Bécsi út 96/A, varga.zoltan@uni-obuda.hu

⁴ Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Villamosenergetikai Intézet, 1034 Budapest, Bécsi út 96/A, racz.ervin@uni-obuda.hu

Az Energiahatékonyság növelése érdekében Magyarország és Oroszország 2014. januárjában egy közös szerződéskötés keretében két új atomerőművi blokk építését irányozta elő a meglévő Paks I. Atomerőmű mellé. 2018-ban elkezdődtek az első munkálatok a két új, VVER-1200 MW teljesítményű, 3+ generációs blokk megépítéséhez. Az új atomerőmű első 1200 MW blokkjának befejezése 2023-ra tehető. Várhatóan 2025-ben és 2026-ban kezdhetik meg a működésüket. A Paks I. 1-es számú blokkja 2012-ben, majd később a 2-es számú blokkja 2014-ben üzemidő hosszabbítást kapott. Mivel mindkét blokk 20-20 évvel tovább működhet, így, ha az új blokkok tervezett üzembehelyezése nem késik, közel 10 év közös üzem várható [1] [2].

A két új atomerőművi blokk építéséről, üzemeléséről kevés konkrét információ jutott napvilágra. Ezért úgy gondoltuk érdemes megvizsgálni, a működő Paks I. és a leendő Paks II. atomerőmű tervezett közel 10 éves közös üzemét. A közös üzem részletes jellemzése előtt rövid áttekintést adunk, hogy miért kell új atomerőművet építeni. Összefoglaljuk Paks I. atomerőmű fontos, és lényeges tulajdonságait. Bemutatjuk az épülő új Paks II-es VVER-1200 teljesítményű, 3+ generációs atomerőművi blokkok jellemvonásait, jellegzetességeit. Ismertetjük milyen különböző generációs atomerőművek üzemelnek.

Ezzel a munkánkkal a két erőmű közös működési periódusát kívánjuk bemutatni. Elemezzük, milyen változásokat hozhat a belépő új alaperőmű a magyarországi energiaellátási láncban, miként befolyásolja a közös üzem az egyenletes rendszerterhelést.

Keywords: atomerőmű, Paks 2, közösüzem, környezetvédelem

1. Bevezetés

A meglévő Paksi atomerőmű mellé, két új VVER-1200-as típusú atomerőművi blokk építése kezdődött meg, amelynek befejezése 2025-2026-ban várható. A régi Paks I. atomerőművi blokkok üzemidő hosszabbítást kaptak. A hosszabbítás miatt létre tud jönni egy közös üzem, amely tartama, ha nem késik az építkezés, mintegy 10 évre tervezhető. A közös üzem bemutatása előtt rövid áttekintést adunk arról, hogy miért fontos egy új atomerőművet építeni [1].

A két új atomerőművi blokkról kevés információ jutott napvilágra. A világ több pontján ugyanilyen VVER-1200-as típusú blokk még kevés fut teljes üzemben, de több új atomerőmű már tesztelési fázisban van.

Ezzel a munkánkkal a két erőmű közös működési periódusát kívánjuk bemutatni. Elemezzük, milyen változásokat hozhat a belépő új alaperőmű a magyarországi energiaellátási láncban. Továbbá miként befolyásolja a közös üzem az egyenletes rendszerterhelést. A közös üzemhez kapcsolódó adatok részben az internetről származnak, részben a nemzetközi sajtóban is megjelent információkra támaszkodnak [2].

2. Érvek az atomerőmű mellett

A jelenlegi évszázadban a Földön egyértelmű jelek utalnak arra, hogy a hőmérséklet viszonyok megváltoztak. Egyre több a bizonyíték arra, hogy minden kontinensen tapasztalható a klímaváltozás. Ez a folyamat az utóbbi 15 évben felgyorsult és a változás veszélyt jelenthet Magyarországra és az egész világra nézve. Magyarország Kormánya 2019-ben csatlakozott az Európai Zöld Megállapodáshoz, amelynek célja, hogy 2050-ig elérjük a klímasemlegességet. Több hasonló kezdeményezés a Föld megmentéséért már sikerrel járt [3] [1].

2.1. Klímasemlegesség

A klímasemlegesség elérése érdekében olyan villamosenergia-előállító erőművet kell keresni, amely környezetbarát és kielégíti a megnövekedett energiaigényeket. Jelenleg nincs olyan elérhető „energiahordozó” amely 100%-ban úgymond tiszta lenne. A szélenergia és a napenergia legnagyobb problémája, ha nem fúj a szél, vagy éppen nem süt a nap, akkor nem termel villamos energiát, nem egyenletesen, vagy nem kellő mennyiségben. Az időjárás viszontagságainak ki vannak téve ezek a technológiák. Más szóval a megújuló energiaforrások általában térben és időben inhomogénul termelnek villamos energiát.

2.2. Környezetbarát

Egy atomerőmű nem függ a környezeti hatásoktól. A nukleáris erőmű a működése közben nem termel melléktermékként több millió tonna szén-dioxidot a levegőbe évente, ellenben a szénerőművel. Magyarországon jelenleg a legnagyobb szén-dioxid termelő az 51 éves Mátrai Erőmű. Természetesen egy nukleáris reaktorban is keletkezik veszélyes anyag, elhasznált hasadóanyag a felhasználás után. Ez a mennyiség függ a reaktor típusától, és a fűtőanyag tulajdonságaitól. Radioaktív hulladék-tárolóba kell elhelyezni a kiégett fűtőanyag kazettákat, mert a radioaktív anyagok felezési ideje rendkívül hosszú [4] [5].

2.3. Hosszútávú működés és biztonság

Annak érdekében, hogy minél kevesebb károsanyag kibocsátást termeljünk, törekedni kell a hosszú üzemidőre. Megfigyelve egy atomreaktor életciklusát, észrevehető, hogy a legrövidebb időszak az építkezés folyamata, a leghosszabb ideig pedig a bontási műveletek tarthatnak, ami akár 70 évig is elhúzódhat. Ahhoz, hogy a megnövekedett üzemidő biztonságos legyen, új technológiát használó berendezéseket kell alkotni. A legújabbak, a legmodernebbek és legbiztonságosabbak az összes korábban megjelent egységek tekintetében az úgynevezett 3+ generációs technológiát használó blokkok. A reaktort körbe vevő vasbeton kupolának (konténment) tűz, extrém szél, extrém csapadék, külső és belső hatások ellen is biztosnak kell lennie. Továbbá, szigorú biztonsági berendezések garantálják a blokkok biztonságos működését. Aktív és passzív védőberendezések védik a reaktormagot az esetleges károsodás megelőzése érdekében [6].

3. Atomerőművek a világban

Ma körülbelül 400 atomerőmű működik a Földön. Jelenleg 31 országban van még működő atomerőmű és évente átlagosan 24 új reaktor készül el. A világ többségi reaktorai három széles régióban található: Az USA Keleti része, Európa (Nyugat-Európa, Kelet-Európa), és a Távol-Kelet [7] [8].

3.1. Csillebércen az első atomreaktor

Magyarország élen járt az atomreaktorok kutatásában és ehhez kapcsolódó ismeretekben. Magyarországon Csillebércen, Budapest délnyugati szélén épült fel és 1959. március 25-én üzembe állt az első kutatási reaktor. Wigner Jenő 1933-ban cikket közölt a kisenergiás neutron-proton szórásról. Pár évvel később 1937-ben Teller Ede az orto- és para-hidrogénen való neutronszerzés elméletét publikált.

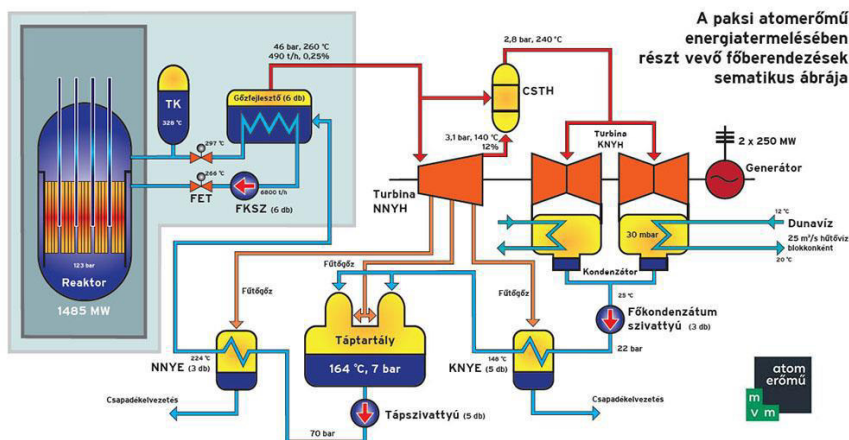
Ez a technológia lehetővé teszi az anyagon való roncsolásmentes áthatolást, az anyagok teljes vizsgálatát. Korábban pedig 1934-ben Szilárd Leó kidolgozta és szabadalmazta a neutronok által keltett maghasadás és láncreakció elvét [9].

3.2. Atomerőmű generációk

Az első atomerőművek/reaktorok az 1970-es évek előtt épültek, leginkább tesztelési és kutatási célokra. Elsődleges cél inkább hadipari, plutónium termelés volt, másodlagos volt a villamosenergia-termelés. Később, az 1970-es évek után épült atomreaktorok elsődleges célja már a villamosenergia előállítása volt, amelyek a második generációs atomerőművek csoportjába tartoznak. A mai napig működnek, de fokozatosan állítják le őket. Jellemzően 40 évnyi üzemidőt bírnak. Ebbe a második generációba tartozik bele a Paks I. atomreaktora. A harmadik generációs erőműveknek lehet tekinteni a 21. században épült atomerőműveket. Jelenleg ezek a típusok képviselik a legújabb, legfejlettebb és legmodernebb atomerőműveket. Ezen erőműveket már 60 éves üzemidőre tervezik. Terjedésüket a kiforrott tömeggyártás tette lehetővé [9] [10].

4. MVM Paksi Atomerőmű

A Paksi Atomerőmű még jelenleg Magyarország egyetlen atomerőműve. Az erőművet 4 db VVER-440 típusú blokk alkotja. A blokkok könnyűvízes, nyomottvízes (PWR) típusúak [11].



1. ábra Paks I atomerőmű sematikus ábra [9].

Eredetileg egy reaktor gyári névleges teljesítménye 440 MWe¹ volt. Ez egy későbbi fejlesztésnek köszönhetően 500 MWe-re növekedett. Ezáltal, a négy blokk együttes névleges teljesítménye 2000 MWe-ra emelkedett. Egy reaktorblokk hőteljesítménye 1480 MWt és az összes blokk összesen 1970 MWe elektromos összteljesítményt képes előállítani [11].

5. MVM Paks II. Atomerőmű

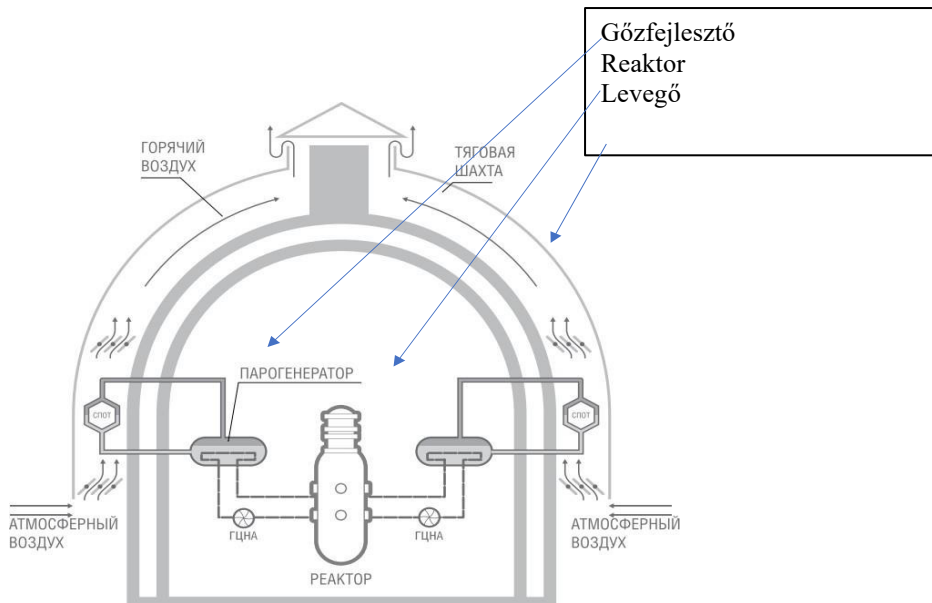
A reaktor tervezése során nagyobb figyelmet fordítottak az üzemanyaghatékonyaságra. A reaktor hőteljesítménye 3200 MWt, a névleges hőteljesítmény 1200 MWe, bár más források megemlítik a 1170 MWe teljesítményt is. A reaktor működését a legkorszerűbb műszaki és technológiai ellenőrzéseknek köszönhetően 60 évre tervezték. Az elsődleges moderátor és hűtőfolyadék a víz, könnyű víz. Ez azt jelenti, hogy nagy tisztaságú könnyű víz, H₂O, amely feladata ebben a reaktor típusban, hogy hűtse a reaktort és moderátorként is funkcionáljon. A reaktor típusa nyomottvizes (PWR), a primer vízkörében magasnyomáson kering a víz cseppfolyós formában. Ebben a reaktorban a reaktormag kilépő oldalán a nyomás 16,2 MPa, és a víz pedig 328,9 °C. A reaktor egyébként maximálisan elviseli a 17,64 MPa nyomást, és 350 °C víz hőfokot. A reaktortartályon áthaladó víz mennyisége 86000 m³/h, és 290 m³ hűtési víz fér el benne [12] [6].

1. táblázat: VVER-1200 típus műszaki adatai [12]

Műszaki jellemző	Paraméter
Reaktor hőteljesítmény	3200 MWt ²
Névleges Villamos-teljesítmény	1200 MWe ¹
Üzemidő	60 év
Üzemanyagtípus	UO ₂
Reaktor típus	Nyomottvizes reaktor
Reaktormag kilépő csonki hőmérséklet	328,9°C
Reaktormag normál üzemi nyomás	16,2 MPa.

5.1. Reaktor passzív védelme

A legújabb generációs atomerőműveknél új passzív védelmi rendszert fejlesztettek ki a megnövelt biztonság érdekében. A VVER-1200 egy kéményhuzat rendszert kapott. A reaktorból a melegvíz négy gőzfejlesztőbe kerül. Onnan csöveken keresztül kerül kivezetésre a külső hőcserélőkbe. A kémény hatására a meleg levegő kiszáll a kupolán keresztül, majd a hidegebb víz visszakerül a gőzfejlesztőbe. A folyamat újra megismétlődik [13].

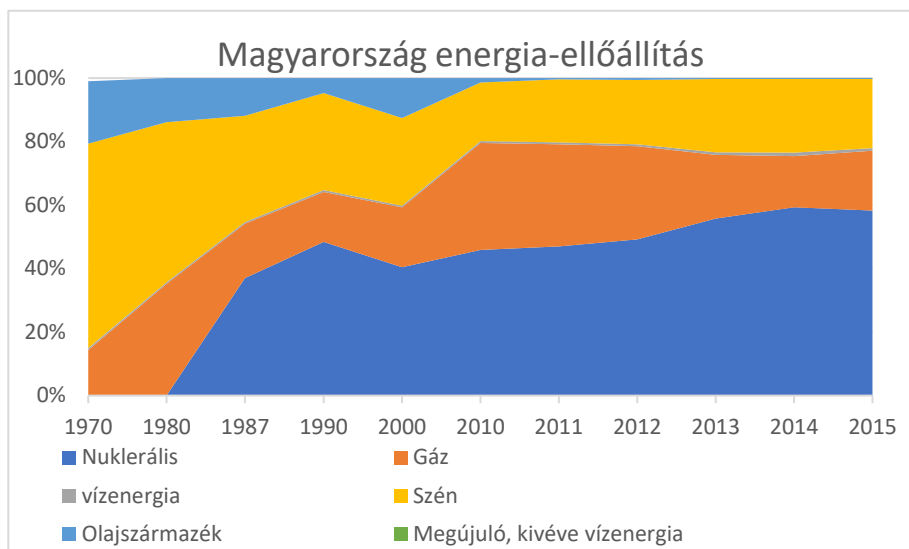


2. ábra A természetes kéményhatás segítségével lehet a reaktort hűteni [14]

6. Közös üzem Paks 1 és Paks 2

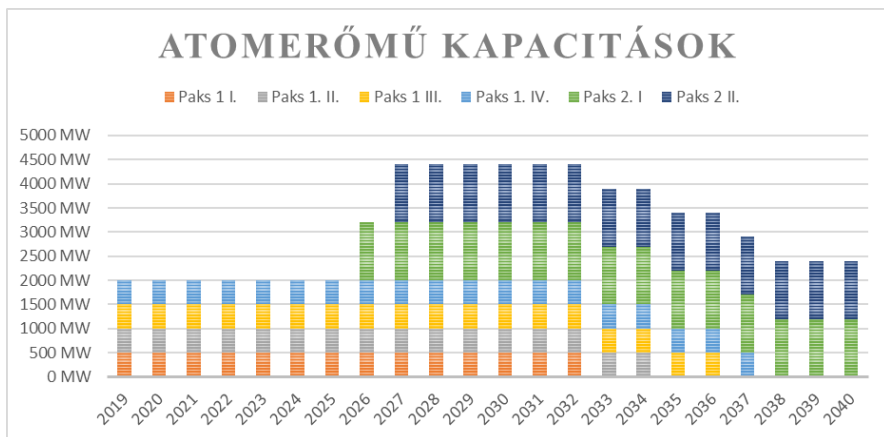
Magyarország nem rendelkezik egy olyan természetes erőforrással, ami kielégítené az energia szükségleteket. A régi, nem környezetbarát erőműveket folyamatosan le kell állítani.

Villamosenergia előállítás elemzése során láthatjuk, hogy most a Paks I. látja el 49% részesedéssel a magyar villamosenergia termelés jelentős részét. Ez után következnek a régebbi földgázzal működő erőművek, 27%-kal. A harmadik legnagyobb energiaforrás a szén és széntermékek felhasználásával működő erőművek. Ezek közül kiemelném a legnagyobbat, a Visontai Erőművet, amely nagyon környezetszennyező.



3. ábra Villamosenergia ellőállítása különböző erőművekből

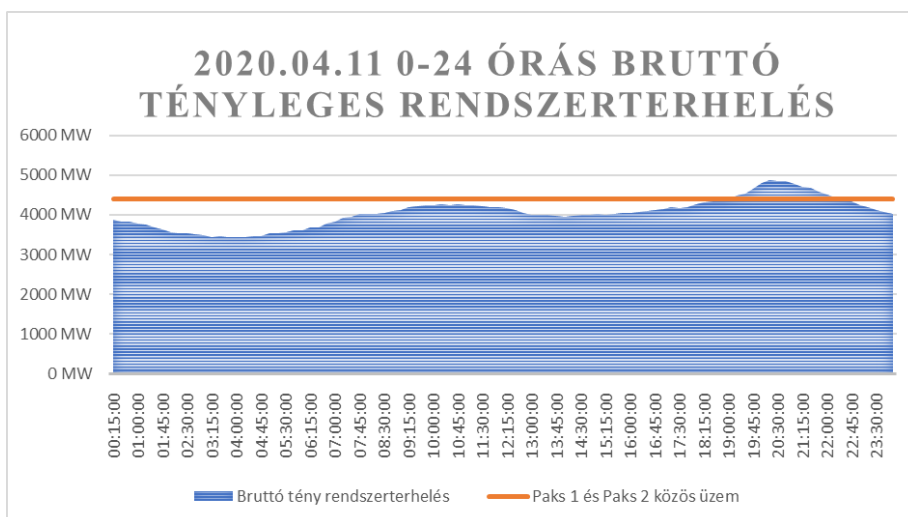
Többek között ez az egyik fő oka, amiért a választás az atomenergiára esett. Amennyiben az előírt ütemterv szerint halad az új atomerőmű blokkok építése, akkor akár az első termelési folyamatok 2026-2027 között megindulhatnak. Ha a tesztelési folyamatok megfelelő eredményeket produkálnak, akkor ebben az évben fog üzembe állni a Paksi II. Atomerőművön belül az 1. blokk. Ez bruttó új 1200 MW kapacitásbővülést jelent az energia előállításban. Egy évvel később 2027-ben tervezik a 2-es számú blokk bekapcsolását. Ez újabb 1200 MW bruttó MW-ot jelent. Ekkor a teljes üzem eléri a bruttó 4400 MW teljesítményt. Ez a bruttó villamos-energia előállítás fenntartható egészen 2033-ig. Pár sajtóhír között megjelent, hogy esetleg a régi reaktorok további üzemidő hosszabbítást kaphatnak.



4. ábra Atomerőművi kapacitások 2019-től 2040-ig

6.1. Közös üzem bruttó teljesítménye és a rendszerterhelés

A közös üzem alatt előállítható legnagyobb elérhető bruttó 4400 MW teljesítményt fogjuk a továbbiakban vizsgálni. A rendszerterhelés vizsgálatához egy átlagos, 24-órás rendszerterhelést veszünk alapul, kizárva olyan külső befolyásoló tényezőket, mint a téli rendkívüli hideg napok miatti, vagy a nyári kiemelkedő forró napok miatti fogyasztás kilengéseket.



5. ábra A MAVIR adatok alapján saját kalkuláció

Egy átlagos napon a közös üzem teljesen ki tudja szolgálni a villamosigényeket. Ha esetleg késik az építkezés, akkor csökkenni fog a közösüzem, de kisebb időnél is pozitív hatással lesz a rendszerterhelésre, nem fogunk függeni olyan nagy mértékben a környező országok import energiájától. Az elektromos áram díja elképzelhető, hogy stabilabb lesz a fix hazai villamosenergia termelés miatt. Az is elképzelhető, hogy túltermelés lesz az 5 év közös üzem alatt. A túlkínálat hatásfokcsökkenést eredményez. A felesleget célszerű értékesíteni csatornákon eladni (pl.: HUPX).

7. Összefoglalás

A megújuló energiaforrások legnagyobb hibája az időjárási viszonyoknak való kiszolgáltatottság. Az atomreaktor építkezések befejezését, az új reaktorblokkok beüzemelését Pakson 2023-ra és 2024-re tervezték. A közös üzem alatt azt az időszakot elemeztük, ahol az összes új és régi blokk működik. Ez az

időszak várhatóan 2027-től 2032-ig tart, amely időszakban bruttó 4400 MWe teljesítményt tudunk megtermelni. A növekvő villamosigényeket a közös üzem ezen időszak alatt ki fogja elégíteni. Vélhetően nem szorulunk villamosenergia importálásra. A problémák ez utáni időszakban kezdődnek, a régi Paks I. 1.-4. blokkok leállítása rengeteg teljesítménykiesést okoz majd.

Irodalomjegyzék

- [1] MTI, „Energia- és Klímapolitikáért Felelős Államtitkárság,” 13 január 2020. [Online]. Available: <https://www.kormany.hu/hu/innovacios-es-technologiai-miniszterium/energiaugyekert-es-klimapolitikaert-felelos-allamtitkar/hirek/a-kormany-klimapolitikajat-tamogatjak-a-valaszadok-es-az-ev-vegeig-kidolgozza-a-tarca-a-klimasemlegesség-2050-es-eléréséhez-szu>. [Hozzáférés dátuma: 03 04 2020].
- [2] „Tárca nélküli miniszter,” [Online]. Available: <https://www.kormany.hu/hu/tarca-nelkuli-miniszter/hirek>.
- [3] N. Nikolett, „Évtizedek óta nem volt ilyen kicsi az ózonlyuk,” 19 12:05 09 2019. [Online]. Available: <https://24.hu/tudomany/2019/09/19/ozonlyuk-ozonreteg-kornyezetszennyezés-kornyezettudatosság-antarktisz/>. [Hozzáférés dátuma: 02 04 2020].
- [4] MTI, „Mátrai erőmű,” Portfólió, 20 December 2019. [Online]. Available: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:BV9oRJazBmUJ:https://www.portfolio.hu/uzlet/20191220/palkovics-az-allam-megvasarolja-a-matrai-eromuvet-410937+&cd=1&hl=hu&ct=clnk&gl=hu>. [Hozzáférés dátuma: 14 04 2020].
- [5] „Halálos radioaktív hulladéknak kell helyet kell találni egymillió évre – bezárja atomerőműveit Németország,” 30. november 2019. [Online]. Available: <https://www.szeretlekmagyarország.hu/halalos-radioaktiv-hulladéknak-kell-helyet-kell-talalni-egymillio-evre-bezarja-atomeromuveit-nemetország/>. [Hozzáférés dátuma: 13 04 2020].
- [6] „На Белорусскую АЭС привезли корпус реактора,” 29 12 2015. [Online]. Available: <https://tnenergy.livejournal.com/36079.html>.
- [7] EUstat, „Eustat-news,” 04 Május 2018. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN->

- 20180504-1?inheritRedirect=true&redirect=%2Feurostat%2F.
[Hozzáférés dátuma: 8 04 2020].
- [8] „Mapped-the-worlds-nuclear-power-plants,” [Online]. Available: <https://www.carbonbrief.org/mapped-the-worlds-nuclear-power-plants>.
- [9] E. P. Dr. Rác, „Nuklerális Erőművek,” Budapest, 2015.
- [10] G. Pór, „Atomenergia alapismeretek,” 2002. [Online]. Available: regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_61_atomenergia_alapismeretek/ch01s03.html.
- [11] „Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. cégtörténetének bemutatása,” 8 Március 2014. [Online]. Available: <https://web.archive.org/web/20140308153548/http://www.atomeromu.hu/cegtortenet#>. [Hozzáférés dátuma: 14 04 2020].
- [12] „Pervyiy-VVER-1200,” [Online]. Available: https://zavodfoto.mirtesen.ru/blog/43802635223/Pervyiy-VVER-1200-na-minimalnom-kontrolirUyemom-urovne-moschnost?utm_referrer=mirtesen.ru.
- [13] J. G. Dragunov , S. B. Ryzhov , I. N. Vasilchenko , S. N. Kobelev és V. V. Vyalitsyn, „Az RP NPP-2006 alaptervezése,” 03 Március 2007. [Online]. Available: <http://www.atominfo.ru/news/air1749.htm>. [Hozzáférés dátuma: 14 04 2020].
- [14] „Uakon,” [Online]. Available: https://blogs.uakron.edu/bahrami/files/2016/12/final_sample_solution.pdf.
- [15] „The VVER today,” [Online]. Available: <https://www.rosatom.ru/upload/iblock/0be/0be1220af25741375138ecd1afb18743.pdf>.
- [16] „Szovjetunió Atomerőmű,” 2006. [Online]. Available: http://elib.biblioatom.ru/text/andrushechko_aes-s-reaktorom-vver-1000_2010/go,538/.
- [17] „Paksi II atomerőmű,” 2016. [Online]. Available: <https://www.paks2.hu/documents/20124/62965/I.+Fok%C3%BA+K%C3%B6rnyezetv%C3%A9delmi+Enged%C3%A9ly.pdf/64f4cabc-d4ad-73d5-f189-30e3c5f1e4a4>. [Hozzáférés dátuma: 14 04 2020].
- [18] „Mavir weblap,” MAVIR Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító ZRT, 11 04 2020. [Online]. Available: <http://www.mavir.hu/web/mavir/brutto-energia-napi>. [Hozzáférés dátuma: 11 04 2020].

- [19] „MAVIR határáramlás,” 14 04 2020. [Online]. Available: https://spectrum.mavir.hu/webonelines/1669_gray.jpg. [Hozzáférés dátuma: 14 04 2020].
- [20] „A Hazai Termelt Bruttó Villamosenergia Megoszlása 2019.,” 2019. [Online]. Available: http://mavir.hu/documents/10258/232531361/VER+TERMEL%C3%89S%20MEGOSZL%C3%81S_adatok_20191231-%C3%A9n_20200120_MAVIRHONLAPRA.pdf/d7a51577-0baa-e6dd-98a4-9fdd7c1486d7.
- [21] I. Yagubkov, „mirtesen,” 22 Május 2015. [Online]. Available: https://zavodfoto.mirtesen.ru/blog/43802635223/Perviy-VVER-1200-na-minimalnom-kontrolirUyemom-urovne-moschnost?utm_referrer=mirtesen.ru. [Hozzáférés dátuma: 01 04 2020].
- [22] „VVER-1200,” 11 08 2011. [Online]. Available: [https://aris.iaea.org/PDF/VVER-1200\(V-392M\).pdf](https://aris.iaea.org/PDF/VVER-1200(V-392M).pdf). [Hozzáférés dátuma: 01 04 2020].