

**DEVELOPMENT OF
SECURITY OF ENERGY SUPPLY
IN THE HISTORY OF THE HUNGARIAN
ELECTRICITY SYSTEM**

**AZ ENERGIAELLÁTÁS
BIZTONSÁGÁNAK FEJLŐDÉSE A
MAGYAR VILLAMOSENERGIA RENDSZER
TÖRTÉNETÉBEN**

MOLNÁR, Ferenc¹

Abstract

Since the beginning, the use of energy has served to keep people alive. Today, the role of energy has expanded significantly and the amount of energy used per person has increased many times over. Nowadays, the continuous availability of energy is not only essential for the existence of individual people, but also one of the basic conditions for the functioning of human societies. Today, energy ensures the survival of nearly 8 billion people. There is a continuous and immeasurable waste of energy resources available to us. If the exploitation of our Earth's energy reserves and goods continues at the current rate, it could easily cause the end of humanity within a short period of time. The immeasurable pursuit of profit and the enjoyment of unrestricted luxury are depleting the Earth's resources. As a result of human activity, pollution entering the natural environment threatens the survival of the current living world.

Keywords

energy, renewable energy, nuclear energy, security of supply

Absztrakt

Az energia használata a kezdetektől az emberek életben maradását szolgálta. Mára az energia szerepe jelentősen kibővült és az egy emberre jutó elhasznált energia mennyisége a sokszorosára nőtt. Napjainkban már nemcsak az egyes ember létéhez nélkülözhetetlen az energia folyamatos rendelkezésre állása, hanem az emberi társadalmak működésének egyik alapfeltétele. Az energia napjainkban közel 8 milliárd ember fennmaradását biztosítja. A rendelkezésünkre álló energiakészletek folyamatos és mérhetetlen pazarlása folyik. Amennyiben a jelenlegi ütemben folytatódik a Földünk energiakészletének és javainak kizsákmányolása az könnyen az emberiség végét is okozhatja rövid időn belül. A profit utáni mérhetetlen hajsza és a korlátozások nélküli luxus élvezete kimeríti a Föld készleteit. Az emberi tevékenység következtében a természeti környezetbe jutott szennyezés a jelenlegi élővilág fennmaradását veszélyezteti.

Kulcsszavak

energia, megújuló energia, nukleáris, ellátásbiztonság

¹ molnar.ferenc@phd.uni-obuda.hu | ORCID: 0000-0002-0008-0544 | Senior Advisor to the Deputy CEO, MVM Energy Ltd. | vezérigazgató-helyettesi tanácsadó, MVM Energia Zrt.

BEVEZETÉS

Az üvegházhatású gáz kibocsátás vizsgálata

Az energia szót és fogalmat minden ember naponta használja. Megjelenési formájával és használatával életünk szinte minden szegmensében találkozhatunk. A tudományágak mindegyikében jelen van, és mindenben másként nyilvánul meg. A legkézenfekvőbb példaként említhetjük a fizikát, a kémiát, a biológiát, a számvitelt vagy éppen a tudományok energetika ágazatát. Ha megkérdeznénk az energia szó jelentését valószínűleg mindenki másként fogalmazná meg. Olyan sokféleképpen határozza meg a mindennapi életünket az energia, hogy mindenkinek mást jelentene a saját élethelyzetéből kiemelve a jelentőségét. Az energia általánosságban a változásra való képességet, tehát magát az élet alapját jelenti. A fizikában az energia azt a munkavégző képességet jelenti, amelynek segítségével egy rendszer az egyik állapotából a másikba jut. A számvitel az energiát, mint a tevékenység érdekében felhasznált erőforrás pénzben kifejezett értékét a költségek között veszi figyelembe [1]

Az emberiség történelmét alapvetően határozza meg az energia jelenléte. Már az ősember is tudatosan használta a tüzet melegedéséhez, a táplálkozásához, világításhoz és a biztonságának fenntartásához. Végtelennek tűnő folyamatosan bővülő felhasználási területei és formái egyre növekvő energiaigényt jelentenek. A jelenkor embere számára az energia számos megjelenési formájában, életének minden szegmensében meghatározó. A modern társadalmak működésének alapfeltétele az energia használata. A ma élő ember életfeltétele az energia rendelkezésre állása. Villamos energia nélkül az ipari forradalmak korszakalkotó találmányai mit sem érnek. Manapság az emberiség napi szükségleteit kielégítő alapellátás minden formája is a számítógépek által vezérelt villamos berendezésekkel valósul meg. Könnyű belátni, hogy villamos energia hiányában leállna a víz-, gázellátás, de még a csatornarendszerek sem üzemelnének. Nem működnének a szellőző rendszerek. Leállna a közlekedés és éjszaka minden sötétbe borulna. Megszűnne a közbiztonság. Nem lenne fűtési és hűtési lehetősége a lakótelepi lakásoknak. Leállna az ipari és mezőgazdasági termelés. Megállna a közlekedés. Sem ivóvíz sem élelem nem lenne. Nem működnének a kommunikációs és biztonsági rendszerek. Az ország-, és rendvédelem sem tudná ellátni a feladatát. Az energia hiánya nagyon rövid idő leforgása alatt gazdasági és társadalmi katasztrófához vezetne. Az energia közvetett értelemben is az emberi életet, annak biztonságát jelenti.

Az energiaellátás biztonsága azt jelenti, hogy minden fogyasztó, külső veszélyek és korlátozás nélkül hozzáfér a rendeltetésszerű életviteléhez szükséges mennyiségű és fajtájú energiához.

AZ ELLÁTÁSBIZTONSÁG FEJLŐDÉSE

Az ipari forradalmak

Az energia felhasználási szokásainkban illetve a felhasznált energia mennyiségében drasztikus változást az ipari forradalom hozott. A 18. század végére átrendeződött a termelés. A James Watt által 1769-ben kifejlesztett gőzgép először a mezőgazdaságban majd a textiliparban hozott robbanásszerű fejlődést, amely az ipar minden területére kiterjedt. Az egyre növekvő mennyiségű túlermelés szükségszerűen magával hozta a szállítás gépesítését is, így 1807-ben Fulton kifejlesztette az első gőzhajót majd Stephenson 1825-ben az első

gőzmozdonyt. [2] A polgáriasodás velejárójaként az emberek életmódjának folyamatos javulásához egyre több energiát kellett a természeti forrásokból átalakítani a felhasználási igényekhez igazítva, mint a gépek hajtása, fűtés, világítás, közlekedés-szállítás. [3]

Az ipar fejlődésének alapja a tudományos élet fejlődése volt. Anglia, Franciaország és Németország vált a tudományos élet központjává. Az elektromágneses indukció 1831. évi felfedezése Michael Faraday nevéhez kötődik. A dinamó működési elvét a magyar Jedlik Ányos dolgozta ki elsőként 1861-ben, azonban tőle függetlenül a német Ernst Werner von Siemens szabadalmaztatta 1866-ban. A dinamók által termelt egyenfeszültséget kezdetben csak világításra használták Edison 1879 végén bekapcsolt izzólámpáinak segítségével. Nikola Tesla a Budapesti tartózkodása alatt 1881-ben rajzolta meg a váltakozó áramú motor működési elvét, amelynek a prototípusát 1883-ban el is készítette.

A Ganz gyár szerepe a villamosenergia ipar kifejlesztésében

Magyarország egyik legnagyobb és világhírű gépipari gyárat, mint vasöntödét 1845. január 24-én alapította Ganz Ábrahám. Ganz gyártási titka volt a kéregöntésű vasúti kerekek és a vasúti keresztvezetők szívcúcsainak világszabadalma. A Ganz-gyár szerepe az 1856-tól ugrásszerűen megnőtt termelés eredményeképpen, már a kiegyezés előtt is világpiacon jelentőséggel bírt. A gyorsan fejlődő vállalathoz Ganz egyre több mérnököt szerződtetett, akik közül Mechwart András szerepe kiemelkedő volt a világszínvonalú gépgyártás megvalósításában. A vasútépítési konjunktúrában a gyár tovább erősödött. Annak köszönhetően, hogy Mechwart kiváló gépészmérnökként kiemelkedő üzleti érzékkel rendelkezett Ganz-gyár forgalma 1875 és 1880 között megduplázódott a munkások létszáma 1885-re az ötszörösére emelkedett. Ebben az időszakban Mechwart András 1878-ban a Párizsi világkiállításon győzött meg arról, hogy az az erősáramú elektrotechnika lesz a jövő sikerágazata. Még ebben az évben létrehozta a vállalat elektrotechnikai osztályát, amelynek vezetésével a fiatal gépészmérnököt, Zipernowsky Károlyt bízta meg. Déri Miksa, Bláthy Ottó Titusz és Zipernowsky Károly mérnökcsoport alkotói együttműködésének eredményeként 1880-ban létrehozták az első dinamót, amely egyen és váltóáram előállítására is alkalmas volt.

1884-ben már az ellátásbiztonság és az üzembiztonság terén is korszakalkotó fejlesztéseket küldtek gyártásba. Ezek közül a legfontosabbak az ön mágnesező többsarkú dinamógép, amely a kapocsfeszültség és az áramerősség szabályozására is képes volt, a változtatható fényerejű izzólámpa, az izzólámpák védőszerkezete, amely tűzveszélyes helyen is biztonságos használatot nyújtott. 1885-ben Bláthy, Déri és Zipernowsky megalkották a zárt vasmagú transzformátort, amely forradalmasította a villamosenergia gazdaságos és biztonságos szállítását és elosztását. A Ganz Rt. kiváló vezetése, mérnöki gárdája, a teljes gyár kiemelkedő műszaki kultúrája, a fejlesztések végeláthatatlan sorozata hosszú évtizedekre a világ élvonalába emelte a magyar villamos gépgyártást és műszaki intelligenciát. [4]

A magyar villamosenergia ipar kezdete

A világ fejlett országai viszonylatában így Magyarországon is a 19. század utolsó évtizedei a villamosenergia ipari méretű felhasználásáról és az iparág robbanásszerű fejlődéséről szóltak. Korszakalkotó fejlesztések valamint a villamosenergia termelés térnyerése volt megfigyelhető. Magyarországon először 1878-ban a Ganz és Társa Vasöntöde és Gépgyár Rt. öntőműhelyében villamos izzólámpák segítségével valósult meg először ipari méretű

villamos világítás. 1882-ben az Edison féle izzólámpák világították meg a Nemzeti Színház színpadát és nézőterét. A Ganz Rt. teljes villamos rendszereket tudott szállítani hazai és külföldi megrendelésre is, főként ideiglenes és néhány esetben már állandó jelleggel telepítve. Az intézmények külső illetve belső világítására először Budapesten került sor. [4]

Biztonsági szempontból kiemelt jelentősége volt még az elsők között, szintén 1882-ben megvalósított Lánchíd, az Alagút, a Mezőhegyesi Ménesbirtok, a szlatinai sóbánya villamos világításának. A villamosenergia felhasználásának erőteljes biztonság és hatékonyság növelő jelentőségére először a bányák üzemeltetői figyeltek fel. A bányászatban a villamosenergia alkalmazása mellett jelentősen visszaesett a robbanások és tüzesetek száma és nagyságrendekkel nőtt a termelékenység. Ugyancsak a munkavégzés biztonságát növelte az 1882-ben a Diósgyőri Magyar Királyi Vas- és Acélgárban üzembe helyezett 3,3 kW-os, 110 V feszültségű egyenáramú dinamó is. A malomiparban is, ahol szintén tűz és robbanásveszélyes közeggel dolgoznak, rohamosan terjedt a biztonság szolgálatába állított villamosenergia felhasználása. Elsőként Mátészalkán a Szalkai Gyártelep és Mezőgazdasági Rt. malmában a Svédországból vásárolt 2×150 Voltos egyenáramú telepet helyezték üzembe. Pozsonyban a Gottfried Ludwig-féle nagy gőzmalomban és a tulajdonos lakásában 85 db 15 W-os szénszálas izzót szereltek fel 1883-ban, melyeket egy a malom gőzgépe által hajtott 2,2 kW-os 110 V feszültséget adó dinamó táplált. [4]

A Magyar Villamosenergia ipar fejlődése

A villamos energia termelésére és forgalmazására alakult iparvállalatok létrehozását az 1884-es ipartörvény XVII. cikke tette lehetővé. A vízerőművek létesítése viszont a magyar 1885-ös víztörvények és az 1884-es magyar villamosítási jog alapján történt. A bányák és kohók erőművei pedig az 1854-es bányatörvénnyel egyetemben épültek. Az első villamos művek azt jelentették, hogy egy-egy ipari üzem vagy malom kiszolgálására létesített dinamó termelési többletből, világítási célra a környező lakótelepek vagy települések is részesültek. [5] Ezek a villamos erőműtelepek egyéni kezdeményezés, vagy az ipari üzemek igénye alapján jöttek létre. A többlet termelés villamos energiáját környék lakosságának értékesítették, növelve ezzel az üzemük gazdaságosságát. Az ellátásbiztonság persze meglehetősen sérülékeny volt a különböző területeket ellátó erőtelepek együttműködése nélkül, így gyakoriak voltak az áramkimaradások.

Magyarországon 1884-ben, Temesvárott létesült az első általános célú villamos mű, amelyet csak két évvel előzött meg a New Yorki. [6] Ez az Európai viszonylatban is elsőnek számító utcai közvilágítást jelentett. Ezt a temesvári egyenáramú rendszert később Ganz gyártmányú kétfázisú 2000/100 V feszültségű váltakozó áramú transzformátoros rendszerrel váltották fel, amikor is 3000 kVA-es turbógenerátort helyeztek üzembe. Temesvár volt Európa első közvilágítással ellátott városa. [7] A villamos energia gazdaságos szállítását és szabályozható feszültségű rendszerek kialakíthatóságát a Déri Miksa, Bláthy Ottó Titusz és Zipernowsky Károly által 1885-ben feltalált transzformátor tette lehetővé. Még ebben az évben a Magyar Országos Kiállítás világítását az új rendszer biztosította. Az új technológiával épült első nagy erőművet a Ganz gyár Rómába szállította. [8]

A Magyar Villamosenergia ipar születése 1888-ra datálható, amikor a Párizsival egy időben az első közcélú villamos mű létesült. [6] Mátészalkán a Szalkai Gyártelepről ellátva két utcán át a vezeték tartó faoszlopokra néhány közvilágítási lámpát is elhelyeztek, és néhány házat is elláttak villamos árammal. Ez volt Magyarország mai területén az első

közcélú áramszolgáltatás. Később, 1911-ben új gépház épült 330 V feszültségű 45 kW-os egyenáramú dinamóval, egy 7 kW-os pótgép csoporttal és akkumulátor teleppel. [4] A közcélú villamos művek már elsősorban villamos energia szolgáltatási céllal létesültek lakossági és ipari fogyasztók ellátására. Az ellátás biztonsága nem volt elsődleges szempont. A dinamókat patakok vizével vagy gőzgéppel hajtották. 1889-ben a Hernádmenti Bánya és Vasgyár Korompán az első vízi erőművét egy egyenáramú egy 22 kW-os dinamóval létesítette. A létesítményt 1896-ban 240 kW teljesítményűre bővítették az újonnan telepített háromfázisú generátorokkal. Innen látták el villamosenergiával az alsószalánki bányauzemet is. Rohamos ütemben terjedt az ipari üzemek és kis körzeteik villamosítása. A kiválasztott primer energiaforrások helyszínenként változtak. 1891-től Hajdúböszörményben két darab nyersolajmotor hajtású, 42 Hz frekvenciájú, 6 kV-os, 200 kVA teljesítményű generátor biztosította a város ellátását. [9]

A temérdek ipari kiserőmű létesítések folyamatában fordulópontot Budapest közcélú villamosítása hozott. 1893-ban a Magyar Villamossági Rt. és a Budapesti Általános Villamossági Rt., Magyarország két legnagyobb villamos telepét helyezte üzembe Budapesten. A Ganz gyár Európa számos országába nagyon sok egy és háromfázisú erőmű telepet szállított. A budapesti nagy ellátó rendszerek sikere még nagyobb lendületet adott az ország villamosításának. 1895-ben a Magyar Villamossági Rt. 1237 fogyasztót látott el, míg a Budapesti Általános Villamossági Rt.-től 1108 felhasználó vásárolta a villamos energiát. 1 kWh villamos energia árát egy átlagos munkás 5 óra béréből tudta kifizetni. [10] 1900-ig országszerte csaknem 40 villamos erőmű telep létesült. A szigetüzemben működő erőművek egységteljesítménye ritkán haladta meg az 1MW beépített teljesítményt. A legelterjedtebb primer energiaforrás a folyóvíz és a kőszén volt. A nagyobb városok és ipari üzemek saját villamos művet üzemeltettek. Az energiaellátás minősége, üzem-, és ellátásbiztonsága ellátási körzetenként nagyon eltérő volt. Erőművenként eltérőek voltak a villamosenergia paraméterei is. A különböző átalakító technológiák egyen vagy váltóáramú, egy és több fázisú valamint különböző feszültségű rendszereket eredményeztek. Éppen ezért az esetleges kooperációnak műszaki akadályai is voltak [6]

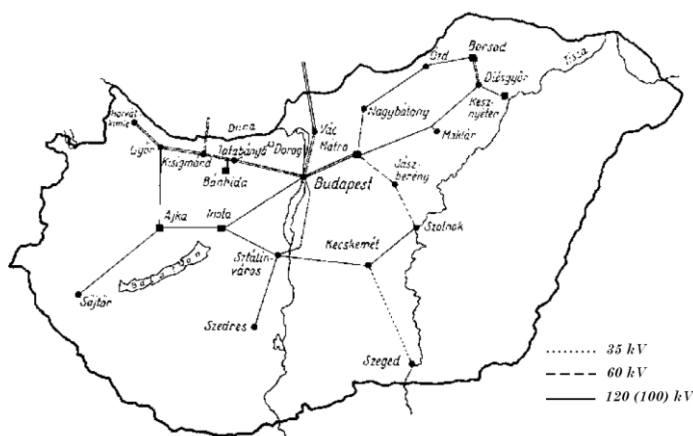
1914-ben a Magyar Villamossági Részvénytársulat és a Budapesti Általános Villamossági Részvénytársaság fúziójából megalakult a Budapest Székesfőváros Elektromos Művei. Az országos léptékű folyamatosan erősödő fejlődést az első világháború törte meg. 1919-től az 1920-as évek közepéig kellett várni, amíg a fogyasztók száma ismét jelentős növekedésnek indult. 1920-ban 20 ezer lakóépület volt Budapesten és ennek alig több mint a felében, mintegy 58 százalékban volt csak villanyvilágítás. [11] A villamosenergia-szolgáltatás az 1930-as évekre önálló iparágga nőtte ki magát. A váltakozó feszültség és a transzformátorok használata lehetővé tette az egységteljesítmények valamint az ellátási körzetek növelését. Lehetővé vált a hálózati feszültség szintek tipizálása is. A budapesti fogyasztókat szinte kizárólag a 138 MW beépített teljesítményű Kelenföldi Erőmű látta el. A villamos hálózatok 30 kV, 60 kV és 100 kV feszültség szinten üzemeltek. [12] A tipikus blokk méretet a Kelenföldi Erőmű korszerű 30 MW-os blokkjai jelentették. A villamosított települések száma 1935-ben 999, 1945-ben pedig 1255 volt. [6] 1934 októberében megszületett az első villamosenergia törvény, amely egységes energiagazdálkodási szempontokat fogalmazott meg a hálózatépítésben, szem előtt tartva a fogyasztók érdekeinek védelmét. Együtt járó hálózatokat és erre dolgozó erőműveket csak olyan irányító központból lehet

vezetni, amely egyidejűleg rendelkezik a teljes rendszer pillanatnyi adataival. 1935-ben létrejött az első irányító központ, az Elektromos Művek. A folyamatos fogyasztói igénynövekedést csak új nagyerművek építésével lehetett kiszolgálni, ezért az 1930-as évek végére megépült a Mátravidéki Erőmű is. [13] A szabályozások kiterjedtek az üzem-, és munkabiztonságra is. A harmincas években készült el az első műszaki biztonsági szabályzat is. A villamos művek érdekvédelmét a Magyar Villamos Művek Országos Szövetsége látta el. [6] Budapest ellátásbiztonságának javítása érdekében bővíteni kellett a Kelenföldi Erőmű elosztó hálózatát. A kiváló mérnöki tudás eredményeként 1940-1943. között a Duna folyó alatt megépült az első kábelalagút. A II. világháború bombázásai a Kelenföldi Erőművet sem kerülték el. 1944-ben csaknem egész Budapest áramellátás nélkül maradt. [11]

A villamosenergia-rendszer egységesítése

1945-ben a villamosenergia-fogyasztás mélypontra került. A háború következtében megrongálódott erőművek és villamos hálózatok helyreállítása viszonylag gyorsan megtörtént. Ennek érdekében a 20 MW-nál nagyobb teljesítményű közcélú erőművek állami tulajdonba kerültek. A szénbányákat helyre állítva ismét megindult a termelés. (mvm.hu, 2019) A fővárosi elosztó hálózat több mint 90%-a megrongálódott. Az újjáépítésig és a szénellátás megindulásáig szükségintézkedéseket, azaz fogyasztói korlátozásokat vezetett be az Elektromos Művek. A fejlődés ütemét jól példázza, hogy a Főváros fogyasztása 1947-ben már meghaladta az 1943-as csúcspontot. [11]

A II. világháborút követően a növekvő villamosenergia-igényének kielégítése más európai országokhoz hasonlóan szükségessé tette az egységes villamosenergia-rendszer létrehozását. Ez Magyarországon az 1948-ban végrehajtott teljes körű államosítással, az Állami Villamossági Rt. létrehozásával kezdődött. 1949-ben alakult meg a nagy és középerőművek központi irányító szerve, az Erőművek Ipari Központja, majd 1951-ben a hat, ma is működő regionális áramszolgáltató, 1954-ben létrejött az Erőmű Tröszt. A magyar villamosenergia-rendszer (VER) ténylegesen öt erőmű, 1949-ben elkezdődött 120 kV-os, 60 kV-os és 35 kV-os távvezetéseken megvalósult kooperációjával született meg. A korábbi szigetüzemben működő rendszereket egységesített műszaki jellemzőkkel integrálták az országos rendszerbe.



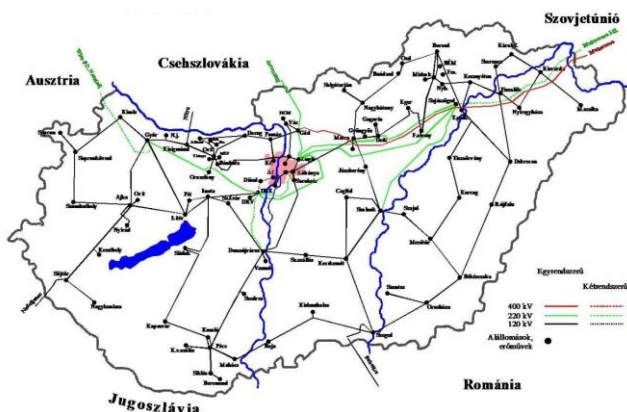
1. ábra A magyar villamosenergia-rendszer hálózata az 1950-es években [14]

Ennek üzemirányítására jött létre 1949-ben az Országos Villamos Teherelosztó (OVT). [6] Az OVT főbb feladatai a teljesítmény igények felmérése, az üzemzavarok miatt kieső teljesítmény számítása, erőművi menetrendek készítése, illetve az üzem előkészítése és az üzemviteli értékelés voltak.



2. ábra Az Országos Villamos Teherelosztó 1952-ben [15]

Az 1950-es évek az energiaellátás biztonsága szempontjából meglehetősen ellentmondásosnak bizonyultak. Az erőltetett ütemű szocialista iparosítás tervutasításos rendszerében a növekvő villamosenergia-igények kielégítése gyakori nehézségekbe ütközött. Az erőművi kapacitások létesítése nem tudta követni az ipari energia igények növekedési ütemét. Súlyosbította a helyzetet, hogy politikai okokból a jól képzett, tapasztalt szakember gárda lecserélésre került. Mindezek együtt gyakori üzemzavarokhoz vezettek. A 50-es évek második felétől a hazai nagyerőművek létesítése valamint a Csehszlovákiával és Jugoszláviával létesített kooperációs vezetéseken vételezett import energia segítségével jelentősen javult az ellátásbiztonság. A 60-as évektől az igénybe vehető teljesítmény értékeket is szabályozták. Az automatikus terheléskorlátozásnak is betudhatóan a magyar villamosenergia rendszer szakadására sohasem kerül sor. Az éves fogyasztói korlátozás 0,2 ezrelék alatt maradt. [6]

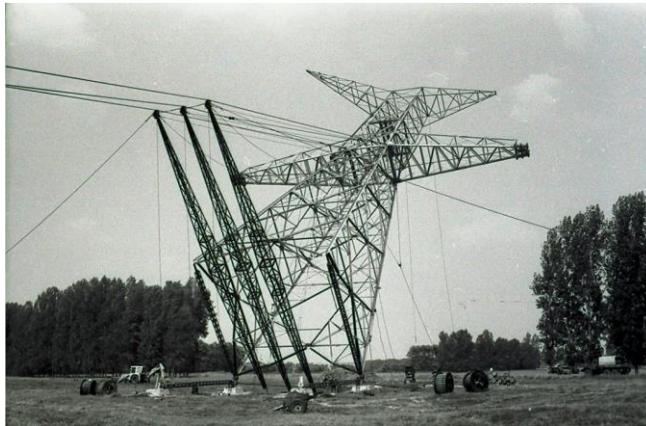


3. ábra A magyar villamosenergia-rendszer hálózata az 1960-es években [16]

1963-ban a francia villamos művek szervezetének mintájára létrejött a Magyar Villamos Művek Tröszt (MVMT), amely átvette az Erőmű Tröszt vállalatait, valamint a hat regionális elosztó vállalatot és az alaphálózatot üzemeltető társaságot is. Az MVMT feladata a teljes magyar villamosenergia-rendszer műszaki-gazdasági irányítása volt. A villamos energia törvény az ellátás biztonsága érdekében a termelési tervek, export-import mennyiségek tekintetében a végső döntést az illetékes miniszter hatáskörében tartotta. A rendszerváltásig tartó további időszakot is az igények gyors növekedése jellemezte. Ezt egyrészt újabb, egyre nagyobb egységteljesítményű erőművek (Oroszlány, Bánhida, Visonta, Százhalombatta, Tiszaújváros) létesítésével, illetve – az elsősorban a Szovjetunió villamos energia rendszeréhez kapcsolódó – nemzetközi összeköttetések fejlesztésével fedezték. 1962-ben 220 kV feszültség szinten indult meg a kooperáció a Szovjetunióval. [6]

A kezdetben csak hazai barnaszénre, majd a Gyöngyösi Hőerőműben külfejtésű lignitre alapozott villamosenergia-termelést a Dunamenti és Tiszai Hőerőművek esetén a Szovjetunióból csővezetéken keresztül érkező kőolajat feldolgozó helyi olajfinomítók maradékát is hasznosító szénhidrogén bázisú erőmű létesítés követte. 1962-ben alakult meg a KGST-országok Villamosenergia Rendszereinek Egyesülése és ennek központi teherelosztója a CDU Prágában. 1968-ban a magyar és az UCPTÉ együttműködéshez tartozó osztrák energiarendszer között is létrejött az összeköttetés. A két rendszer egymástól időnként eltérő frekvenciái között egy egyenáramú kuplung teremtett kapcsolatot.

A szovjet-magyar együttműködés 1967-ben 400 kV-os távvezetékkel, 1978-ban pedig elsőként Európában a 750 kV-os távvezetékkel bővült.



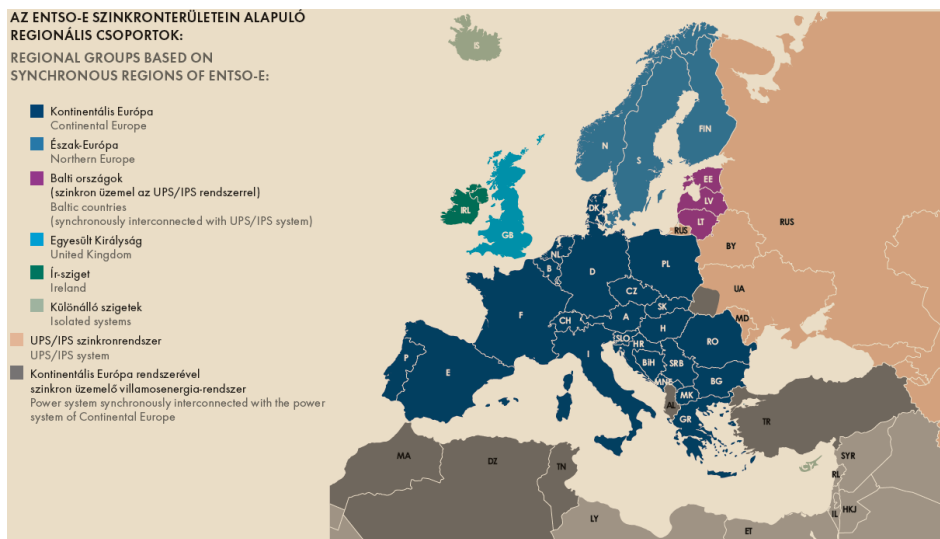
4. ábra 750 kV-os távvezetési oszlop állítása 1978-ban [17]

Az atomenergia hazai alkalmazására és a Paksi Atomerőmű szovjet gyártmányú 440 MW-os blokkokkal történő létesítésére 1966-ban jött létre nemzetközi megállapodás. A bőséges szénhidrogén kínálat miatt az 1970-ben megkezdett beruházást 1971-1974. közötti időszakra leállították. Az erőműépítés csak a kormány 1976. júniusi határozata alapján, nagyszámú hazai és szovjet energetikai szakember részvételével 1977-ben folytatódott. Az egyes blokkok 1982-1987. között léptek üzembe.

1993-ban befejeződött az integrált bányászati-erőművi vertikumban gazdaságosan működtethető bányák átvétele, az erőművi társaságokba történő integrálása. Az 1994-ben elfogadott új Villamos Energia Törvény az MVM Rt. a kizárólagos vásárlói feladatot ellátó

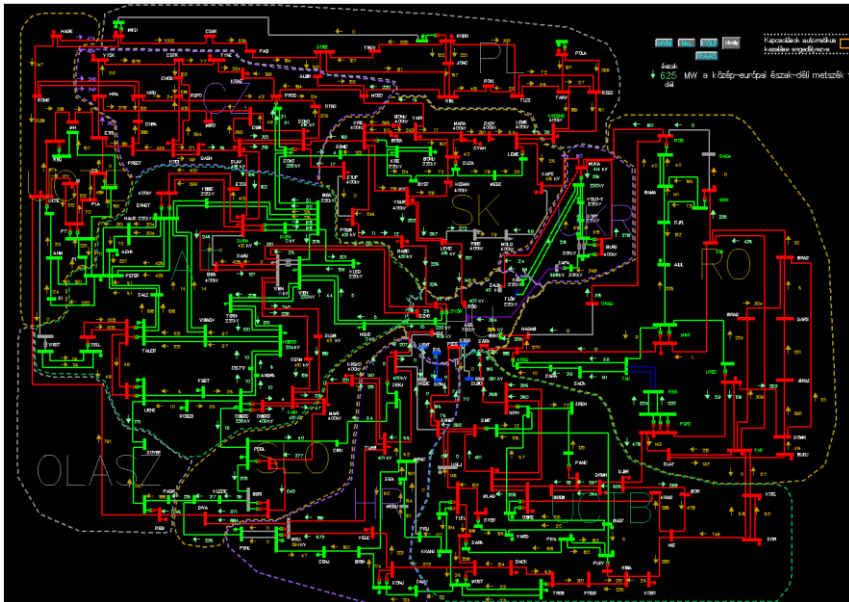
szállító engedélyt kapta meg. Ez alapján kiemelten hangsúlyozott feladata az ellátásbiztonság garantálása, ennek érdekében az együttműködő rendszer üzemirányítása, a nagykereskedelmi feladatok ellátása, az átviteli hálózat fejlesztése, az ellátásbiztonság érdekében szükséges új erőművi kapacitások lekötése volt.

A tulajdonosi struktúrában, a társaságok közötti kereskedelmi kapcsolatokban lényeges változást eredményezett az 1995 végén végrehajtott privatizáció. A 6 áramszolgáltató eladásra került és a nagy erőművek szinte teljes egészében. Ez együtt járt a kiszolgáló tevékenységek kiszervezésével és jelentős létszám leépítésekkel. A 90-es években kidolgozott új erőmű építési koncepció szerint a villamosenergia-rendszernek elsősorban korszerű, rugalmas blokkokra volt szüksége. Ennek szellemében épültek meg a Dunamenti Erőműben és a Budapesti Erőmű kelenföldi telephelyén a kombinált ciklusú gázturbinás blokkok. Dunamenti Erőműbe telepített 2 db dízel gépcsoport alkalmassá teszi az erőművet a black-start funkcióra is, azaz teljes feszültségmentes állapot esetén a villamosenergia rendszer újra élesztésére. Az MVM Rt. a 90-es években nagyszabású hálózatfejlesztési programot indított el, amely lehetővé tette, hogy az átviteli hálózat a liberalizált villamosenergia-piac körülményei között is betöltse feladatát. (mvm.hu, 2019) Ez többek között az új országos belső elszámolási mérési rendszer kiépítését valamint teljes alállomási primer és szekunder rendszer korszerűsítéseket jelentett. Új alállomások, távvezetékek építésére valamint létesítmény bővítésekre került sor. A villamosenergia rendszer stabilitását így az ellátásbiztonságot jelentősen javította, hogy közel 10 éven át tartó felkészülési folyamat eredményeként 2001-ben teljes jogú tagként csatlakoztunk az UCTE Nyugat Európai villamosenergia rendszerhez.



5. ábra Az Európai szinkron területek jelenleg [18]

A következő ábra jól szemlélteti, hogy az energiaellátás biztonságát megvalósító nemzetközi együttműködő hálózat régióinak kialakítása és folyamatos biztonságos üzemeltetése nagyon magas szakmai színvonalat és zökkenőmentes együttműködést követel meg minden résztvevő országtól.



6. ábra Az együttműködő régió hálózati séma [19]

MAGYARORSZÁG ÚJ ENERGIA STRATÉGIA KONCEPCIÓJA

Az évtized elején hozott döntések alapján megtörtént a Paksi Atomerőmű eredetileg 440 MW névleges teljesítményű blokkjainak teljesítmény növelése 500 MW-ra. Folyamatban van az üzemidő hosszabbítás, amellyel az erőmű működési időtartama további 20 évvel növekszik, így a blokkok leállítására 2032-2037. között fog sor kerülni. A jelen évtized legnagyobb feladata a megújuló villamosenergia-termelés részarányának az Európai Unió által elvárt szintre történő növelése és a nukleáris termelő kapacitás szinten tartásához szükséges Paks2 erőmű építés elindítása.

2018. októberben egy a Párizsi megállapodással koherens Nemzeti Energia és Klímatervet [20] fogadott el az országgyűlés. 2000. január hónapban a Kormány elfogadta az új energia stratégia koncepcióját. A kormány a villamos energia ágazat fejlesztésében a 3D elvet irányozta elő. A 3D összetevői a dekarbonizáció, decentralizáció, digitalizáció. Ezek kibontva a villamos energia szektor karbon mentesítését, a háztartási és ipari méretű megújuló termelés térnyerését valamint a digitális technológiák elterjesztését jelentik.

Az Európai Unió szakmai bizottságai által megfogalmazott célértékek az 1990-es év kibocsátásához viszonyítva uniós szinten 2030-ig 40% és 2050-ig 80% mértékű emisszió csökkentési előirányzatot tartalmaznak. A 2018-ban megszületett második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia legalább 52% és legfeljebb 85% mértékű hazai csökkentést tartalmaz 2030-ra az 1990. évi emissziós értékekhez képest. Az Unió előírás szerinti 40%-os csökkentés számszerűsítve azt jelenti, hogy 2030-ban hazánk legfeljebb évi 56,19 millió tonna eq széndioxidot bocsáthat ki. 2017-ben a hazai emisszió mennyisége 63,79 millió tonna eq széndioxid volt. [21] Az uniós tagság tekintetében azt is ki kell emelni, hogy a szuverenitással összefüggő szabályozási kérdéseket is felvet [22].

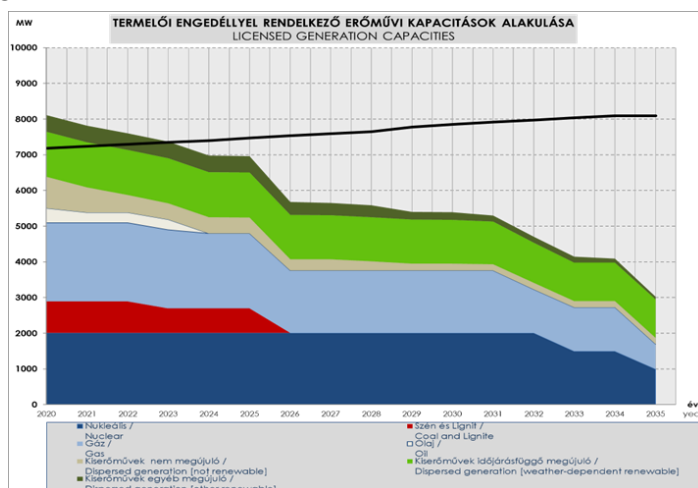
A dekarbonizáció módja a megújuló energiaforrások kiaknázása is. Magyarország 2030-ra 20%-os megújuló arány vállalást tett a teljes bruttó hazai felhasználásra vetítve. A

villamos energiatermelés területén a 2018. évi 700 MW-nyi napenergia termelő kapacitás mértékét a szaktálca 2030-ra mintegy 6000 MW beépített naperőmű teljesítőképességre kívánja bővíteni. Ezen belül a lakossági termelés arányát több, mint 1500 MW-ra prognosztizálta. Ilyen mértékű decentralizáltan termelő megújuló bővítés a villamos hálózatok fejlesztését is szükségszerűen magával hozza.

A hazai energiapolitikai célok megvalósításához a nukleáris energia felhasználása nélkülözhetetlen. A hazai energiatermelő szerkezetben a Paksi Atomerőmű messze a legolcsóbban és tisztán állítja elő a villamos energiát. Az ellátásbiztonságot a több, mint 90% -os éves teljesítmény kihasználási tényezője, a folyamatosan képzett magasan kvalifikált szakember gárdája valamint a 2 évre elegendő fűtőelem tartaléka garantálja. A fűtőelem előállítási lánc költsége a megtermelt nukleáris alapú villamos energia előállítás ráfordítás

15%-a. Ezzel a hazai energiahatékonysági célkitűzéseket is maximálisan kielégíti valamint a fűtőanyag esetleges árváltozása kevés hatással van az előállított energia árára. Az atomerőművek engedélyeztetési és létesítési folyamata meglehetősen hosszú, ezért az életciklusa vége felé közeledő jelenlegi kapacitás kiváltását a Paks 2 erőmű megépítésével mielőbb meg kell oldani. [23] A fotovoltaiikus naperőművek esetén csak 15 %, és a szél-erőművek esetén ez 25 % körüli teljesítmény kihasználási tényezővel számolhatunk. A megújuló források bővülésével arányosan, szabályozási tartalékok létesítésével a hálózat szabályozásáról is gondoskodni kell a rendszerstabilitás érdekében.

Az energiabiztonság dimenzió kapcsán el kell mondani, hogy egy ország gazdaságának, társadalmi stabilitásának és jóléti intézkedéseinek alapja a megbízhatóan rendelkezésre álló, megfizethető energia. Jelenleg a hazai fogyasztás több mint 30%-a importból származik. [24] Az erőmű parkunk beépített kapacitásának a fele tíz éven belül a kiöregedés miatt le fog állni. Ez az összes öreg szenes erőművi blokkot jelenti hozzá véve a Mátrai Erőmű egy újabb szenes blokkját is. Leállításra került Dunamenti II. és a Tisza II. létesítmény is. Számszerűsítve ez azt jelenti, hogy 2020 - ig 3300 MW és 2025 - ig pedig további csaknem 700 MW erőművi kapacitás vonul ki a termelésből. A nagyerőművi blokkok mellett a kapcsolatos termelő gázmotoros erőművek 610 MW beépített kapacitása 2020 - ra 210 MW - ra fogyatkozott és 2025 - re ezek is leállnak majd. Tehát erőműveket kell építeni az ellátásbiztonság fenntartása illetve fokozása érdekében!



7. ábra A hazai beépített megmaradó erőművi teljesítmények és a csúcsterhelés várható trendje 2035-ig [25]

Azt senki sem vitatja, hogy az új létesítéseknek lehetőleg karbon semlegesnek kell lennie. Vannak, akik azt hangoztatják, hogy a Paks 2 beruházás helyett is naperőműveket kellene építeni. Járjuk körbe ezt az állítást ténszerűen.

Az elemzéshez vegyük alapul a magyarországi tiszta energiák fővárosában Pakson egymás közelében üzemelő két nagyerőművet. Az MVM Paks Atomerőmű 2019-ben, 2013 MW beépített teljesítménnyel, a Paksi Naperőmű 20,68 MWp telepített napelem kapacitással és 17,2 MW inverter kapacitással állított elő villamos energiát. 2019-ben az atomerőmű alaperőműként 92,36%, míg a naperőmű 15% teljesítménykihasználási tényezővel üzemelt. Ez már önmagában is azt jelenti, hogy az atomerőmű minden MW-nyi beépített teljesítményéből, több mint hatszor annyi villamos energiát nyertünk egy év alatt, mint a naperőmű egy MW-nyi telepített kapacitásából. Tehát számszakilag a Pakson üzemelő atomerőmű által megtermelt energia mennyiséget 12395 MWp összteljesítményű, Paks város környékére telepített fotovoltaikus panel tudta volna előállítani 2019-ben. Ez a napelem mennyiség csaknem 600-szorosa a Paksi Naperőműben jelenleg termelő panelek mennyiségének. A Paksi Naperőmű 50 hektár területet vesz igénybe. Tehát a kiváltáshoz szükséges napelem mennyiséget a jelenlegi méret 600-szorosán, azaz 30 000 hektár területen lehetne elhelyezni. Az atomerőmű teljes területe, beleértve a kiszolgáló létesítményeket és az 5-6 blokkok fejlesztésre kijelölt helyét is mindössze 460 hektár. A naperőmű létesítéséhez sík, árnyékhatás-mentes, ár- és belvízmentes, gyenge termőképességű, jól megközelíthető terület szükséges, közeli, stabil hálózati csatlakozási csomóponttal. A kifejezetten stabil hálózati csatlakozási lehetőség azért szükséges, mert a napelemek az időjárástól tehát a napsugárzás intenzitásától függően termelnek. Ez az előzőekben megvizsgált, meglehetősen hektikus termelési görbét eredményez, amely elsősorban rendszerszintű problémákat okoz mind a rendszer kiszabályozásában, mind a hazai és a nemzetközi kereskedelmi menetredek tartásában. A probléma feloldása jelentős kiegyenlítési többlet igényt generál, ezért a kiegyenlítésre használt szabályozási tartalékok a korábbinál bővebb teret kell, hogy kapjanak. Ezek egyik eleme lehet többek között a szivattyús energia-tározós erőmű technológia. Az időjárásfüggő erőművek által betáplált teljesítmény hektikusan változó értéke a hálózati csomópontokban az ellátás minőségi jellemzőire is hatást gyakorol, mint például a feszültség értékének előre nem látható változásai. A hálózatfejlesztési módszertan csak a szabványos határértékek tartományából kieső állandósult állapotú feszültségeket kezel. A feszültségeknek az időjárásfüggő termeléssel összefüggő gyors változásait a módszertan nem tudja előre jelezni, ezért azok – mint ellátás-minőségi jellemzők – kezelése nem része a rendszerszintű fejlesztés tervezési munkának.

A 30 000 hektár, tehát fél Balaton felszín méretű, napelemek telepítésére alkalmas terület és a kitáplálható villamos teljesítmény fogadására alkalmas hálózat kialakítása valamint finanszírozási forrásigénye meglehetősen nagy kihívást jelentene a beruházó részére. Azonban itt még nem állhat meg az összevetés ugyanis az alaperőmű a nap 24 órájában, folyamatosan és egyenletesen, névleges kapacitása közelében termel. Egy ilyen gigantikus méretű naperőmű a nap sugárzás függvényében időszakonként a fogyasztói igények szerinti menetrend többszörösét, máskor a töredékét állítaná elő, azonban a vizsgált éves időszak legnagyobb részében a napsugárzás hiányában semmit sem termel. A vizsgált 2019. év hazai legnagyobb csúcsterhelése a 2019. december 5-én mért 7105 MW volt. Látható, hogy a fogyasztói igények és a termelés viszonylatában értelmezett, időszakonkénti jelentős többlet

energiát raktározni a hiányzót pedig pótolni kellene. A 12 395 MWp összteljesítményű beépített napelem mellé már extrém méretű, több ezer MWh energiatároló kapacitást is szükséges lenne telepíteni. Nem hagyható figyelmen kívül a különböző létesítmények eltérő élettartama sem. Az MVM Paksi Atomerőmű 50 éves üzemideje alatt a 25 évre tervezett naperőmű potenciált kétszer kellene megépíteni. Ezen felül további műszaki feladat lenne a hálózati topológiák átalakítása a decentralizált betáplálási pontokhoz alkalmazkodva, amely a hálózat bővítésén túl magával hozná a rendszerszintű villamos védelmi és automatika rendszerek teljes megreformálását is. Végül, de nem utolsó sorban nem hagyható figyelmen kívül az együtt járó rendszer villamos inerciájának és a hálózat feszültségszabályozásához szükséges meddő teljesítmény-gazdálkodásának kérdésköre sem, amelyek teljesülése egyelőre csak a forgógépes termelőkhoz köthető.

A naperőművek nem rendelkeznek azzal az inerciával, amit az atomerőmű turbina-generátor forgógépcsoport biztosít. Közérthetően ez annyit jelent, hogy például a Mátrai erőmű 18MW beépített teljesítményű naperőművéről nem lehet elindítani a szenes erőmű ennél jóval kisebb teljesítményű tápszivattyú motorját. Könnyelműség a hiányzó kapacitások pótlása okán csak az importra számítani, mert az Európai nagy termelő kapacitások kb. 40%-a szintén a kiöregedő erőművek sorsára fog jutni 10 éven belül, amely a remanens háttérteljesítmény csökkenésével éppen a terjedő megújulók által okozott hálózati instabilitást fogja erősíteni egész Európában. A jelenleg többlet energiát termelő országok egy része is kapacitáshiányos lesz, tehát importra fog szorulni.

A környezetvédők egy csoportjának érvelése a nukleáris bővítéssel szemben, hogy az épületek hőszigetelésével annyi energiát lehetne megtakarítani, amennyit a Paks 2 erőmű termelni fog, ezért inkább a hőszigeteléseket kellene preferálni. Az épületek fűtése jellemzően földgázzal történik, ezért az épületek hőszigetelésével csak a földgázt felhasználás egy részét tudjuk megtakarítani. Az atomerőmű villamos energiát állít elő, amelyre folyamatosan növekvő fogyasztói igény van. A jövőben várható épület automatizálási megoldások és az elektromos közlekedési eszközök terjedése a villamos energia igényt fogja növelni. Az elektromos járművek töltése jellemzően éjszaka fog megtörténni, amikor a naperőművek nem termelnek így a karbon kibocsátás mentes atomenergia szerepe ebben az esetben is felértékelődik.

Az időjárás függő napenergia felhasználás nem tudja kiváltani az alaperőművi feladatokat ellátó atomerőműveket, azonban egymás mellett üzemelve biztosíthatják a csökkentett karbon kibocsátású gazdaság villamos energiaellátását.



8. ábra A Paksi Atomerőmű és a 20,6 MW-os naperőmű Forrás: saját fotó

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Borzán, A., Szekeres B. (2017): A hazai és a román környezeti költséggazdálkodás fontosabb jellemzőinek vizsgálata. Számviteli tanácsadó, IX. évf. 9. sz. pp. 2-9
- [2] Tudomány és Technika (test@t-es-t.hu) <http://www.t-es-t.hu/termtud/atom/energia.htm>
- [3] Gács, I. (2012): Villamosenergia-termelés gazdasági értékelése p.5.
- [4] Antal, I., dr. Gazda, I., Bodorné Sipos, Á., Láng, V.,(2013): A magyar villamosenergia-ipar kialakulása 1878–1895, p. 44
- [5] Kerényi, A. Ö. (2006): A Magyar Villamosenergia ipar története 1888-2005. p. 19
- [6] Magyar Villamos Művek, (2019): <http://mvm.hu/bemutakozas/tortenetunk/>
- [7] Horváth T. (2000): Villamos utcai világítás Temesváron – először a világon. Elektrotechnika 93 No. 3. p. 103.
- [8] Múlt kor, (2010) https://mult-kor.hu/20100503_magyar_feltalalok_erdeme_a_transzformator
- [9] Keller F. (1963): A villamosgép és kábelgyár 50 éve (1913–1963). Bp. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó. p. 54.
- [10] Pásztor M. (1929): A közvilágítás alakulása Budapesten. Bp. Statisztikai Hivatal. 190 p., [33] t. (Statisztikai Közlemények 60/1.)
- [11] Sipos, A. (2013): 120 éves az ELMŰ, <https://24.hu/fn/uzleti-tippek/2013/12/09/120-eves-az-elmu/>
- [12] Tihanyi, Z. (2016): Az egységes Európai villamosenergia-rendszerről, endszerirányítói szemmel 2016.05.05 ESZK előadás, 5. dia
- [13] Tihanyi, Z. (2016): Az egységes Európai villamosenergia-rendszerről, endszerirányítói szemmel 2016.05.05 ESZK előadás, 4. dia
- [14] Tihanyi, Z. (2016): Az egységes Európai villamosenergia-rendszerről, endszerirányítói szemmel 2016.05.05 ESZK előadás, 7. dia
- [15] Tihanyi, Z. (2016): Az egységes Európai villamosenergia-rendszerről, endszerirányítói szemmel 2016.05.05 ESZK előadás, 8. dia
- [16] Tihanyi, Z. (2016): Az egységes Európai villamosenergia-rendszerről, endszerirányítói szemmel 2016.05.05 ESZK előadás, 9. dia
- [17] Tihanyi, Z. (2016): Az egységes Európai villamosenergia-rendszerről, endszerirányítói szemmel 2016.05.05 ESZK előadás, 10. dia
- [18] Tihanyi, Z. (2016): Az egységes Európai villamosenergia-rendszerről, endszerirányítói szemmel 2016.05.05 ESZK előadás, 19. dia
- [19] Tihanyi, Z. (2016): Az egységes Európai villamosenergia-rendszerről, endszerirányítói szemmel 2016.05.05 ESZK előadás, 23. dia
- [20] Innovációs és Technológiai Minisztérium (2020), Magyarország Nemzeti Energia- és Klímaterve (NEKT, 2020) p. 21
- [21] Innovációs és Technológiai Minisztérium (2020), Magyarország Nemzeti Energia- és Klímaterve (NEKT, 2020) p. 22
- [22] Deutsch, N. – Pintér, É. – Pintér, T. (2012): The Effects of Former Regulated Sectors in the European Union: The Case of Power and Financial Industries. In: Andrassy, Gy. – Jyrki, K. – Nagy, N. (ed.) European Peripheries. Pécs, Publikon Kiadó, . 59-75. pp.
- [23] Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, Klíma- és Energiaügyért Felelős Államtitkárság (2012); Nemzeti Energiastratégia-2030; p.76

- [24] Innovációs és Technológiai Minisztérium (2020), Magyarország Nemzeti Energia- és Klímaterve (NEKT, 2020) p. 171
- [25] A MAGYAR VILLAMOSENERGIA-RENDSZER ADATAI 2019. p. 26. MAVIR (2020.).