

Óbudai Egyetem  
Doktori (PhD) értekezés  
tézisfüzete



**Mikrogrid szigetüzem kialakításának lehetőségei  
tartós országos black-out alatt**

**Vass Attila**

*Témavezetők*

*Dr. Berek Lajos professor emeritus*

*Dr. Kádár Péter*

**Biztonságtudományi Doktori Iskola**

Budapest, 2020

## Tartalomjegyzék

1	Summary .....	3
2	A kutatás előzményei .....	4
3	Célkitűzések, hipotézisek.....	6
4	Vizsgálati módszerek .....	7
5	Új tudományos eredmények.....	9
6	Az eredmények hasznosítási lehetősége .....	10
7	Irodalmi hivatkozások listája/ Irodalomjegyzék .....	13
8	Publikációk .....	18
8.1	A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények .....	18
8.2	További tudományos közlemények .....	18

# 1 Summary

They can demoralize the economy and society of a whole country through its failure or its widespread inefficiency. Such an important system must be protected against all possible means against both natural and human interventions. To overcome such and related impacts, the electricity network can be divided into islands, which, in turn, can maintain its operation under independent control. Operational operation is a factor in increasing operational reliability of subsystems supporting the system, such as maintaining communication channels. Reliability can be enhanced by the development of technology systems, but it is important to remember the indispensability of legal issues. Managing the system as a critical infrastructure gives a sort of high priority to the electricity system.

During my research, I gained insights into the functioning of the United States, Europe and the Hungarian systems and processes. I have had a lot of reports and studies to study my closer goal, which results in a more stable and more robust system.

My dissertation discusses the theory of the separability of electrical power systems and confirms the stability of system stability. On the other hand, I thought it important to maintain communication even during the most horrible events, such as black-out. The increase in the number of technological disasters is due to lack of communication, which is not the fault of the designers. That is why I would like engineers to help build a more stable communication line in the coming years. I do this by introducing renewable energy sources into the electricity communication network. However, since the energy thus obtained can not be used directly, it must be stored. The battery capacity is finite, and the electronics you need to power up may have enormous power requirements. In this way, I prioritized communication lines to provide more reliable operational reliability with more efficient energy use. The closing aspect of my dissertation deals with the conceptual system of critical infrastructure, in comparison to American, European and Hungarian processes. In many cases, I have found discrepancies in what the United States. With my suggestions and the transfer of processes outside Europe, the effective operation of the critical infrastructure system in Hungary can be greatly increased.

## 2 A kutatás előzményei

A villamos energetikai hálózat a villamosenergia szállítás és elosztás alapeszköze, rendelkezésre állásának fenntartása nemzetbiztonsági feladat. Mivel további létfontosságú technológiák esetén is szoros interdependenciát mutat, ezért a társadalmi egység, illetve biztonságának fenntartása érdekében kritikus infrastruktúráként azonosították. Decentralizált szerkezeti felépítéséből adódóan, vagyis ebből eredeztethetően a kábelhálózat kiterjedésére vonatkoztatva nyílt területi védelme a biztonságtechnika hagyományos értelemben vett eszközkészletével nem megoldható. Az utóbbi évek nagy black-out eseményeinek hátterében számos esetben természeti katasztrófák, valamint az emberi beavatkozás hiánya vagy a cselekvési terv nem megfelelő betartása játszott komoly szerepet a rendszer teljes vagy részleges diszfunkcionális állapotának elérésében. A lavina szerű káresemények elkerülésében egyre nagyobb szerepet tölt be a részrendszerek szigetüzemű leválasztásának elmélete. A kiesett területet minimalizálva, tovább üzemeltethető a rendszer mikrogrid elrendezésben immáron lokálisan. A lokalitás megvalósításában elengedhetetlen a villamos energetikai rendszert támogató kommunikációs alrendszerek részvételének szigetüzemű kialakítása.

A témaválasztást több komponens is alátámasztja. Elsődlegesen személyes okoktól vezérelve, korábbi tanulmányaim során, kutatásomat megelőzően tanulmányoztam az évezred derekán bekövetkezett black-out eseményeket. Az Amerikai Egyesült Államok területén kialakult nagy 2003-as, valamint az Európai Unió szektorában 2006-ban végbement nagy áramszünetek és a hatásukra kialakult részrendszerleválások világossá tették számomra az energetikai rendszerek sérülékenységének tényét. Ebből kifolyólag kezdtem el részletesebben foglalkozni az energetikai rendszerek szigetüzemű megvalósításának lehetőségeivel. Másrészt korábbi kutatásom mely a napelemes rendszerek villamos paramétereinek terhelés függő állapotváltozásaira irányult. Az így kialakult szakmai kép halmozottan is arra sarkalt, hogy milyen módon, milyen eszközökkel van lehetőségem a villamos energetikai rendszer rendelkezésre állását növelni, mind technológiai, mind pedig a kritikus infrastruktúra rendszerek fejlesztésének oldaláról. Harmadrészt csodálattal tölt el egy olyan rendszer üzemszerű működésének fenntartása, mint amilyen a villamos energetikai rendszer. Azonban elgondolkoztat a benne rejlő biztonsági kockázat mértéke, illetve a ráépülő rendszerek, ületágak ezen keresztül pedig egy ország társadalmának morális függése.

A villamos energetikai rendszeren keresztül, az energiaszolgáltató, illetve a rendszerirányító feladata és felelőssége a villamos energia elosztása, szolgáltatása lakosság, valamint az ipar

felé, illetőlegesen az energiapiac fenntartása, kereskedelme ezáltal a kereslet-kínálat egyensúlyának fenntartása, még zord körülmények között is. Tehát elsőként azonosítható kritérium a villamos energia termelése és annak célba juttatása a felhasználás helyére. Ez abban az esetben lehetséges, ha a villamos energetikai rendszer, mind fizikálisan, mind pedig virtuálisan is sértetlen, ezen állapotot normál állapotnak határozom meg. Abban esetben mikor ezen állapot felbomlik, vagyis most eltekintve az ok-okozati összefüggéstől, a rendszer bizonyos szakaszai meghibásodnak és vagy lekapcsolódnak, így kialakul egy speciális nem kívánt állapot. Ezen állapot hatására a hálózat további szakaszai bizonyos emberi vagy technológia, begyakorolt, valamint automatikus folyamatoktól függően képes a további üzemben maradásra a hiba hely kiterjedésétől és mértékétől függően redukáltan üzemelni. Második kritériumként azonosítható az elvárt rendszerre jellemző redundancia, valamint a kezelő személyzet reakció idejének, illetve objektív tapasztalatának megléte. Azonban egy esetlegesen black-out esetén a létesítmények, valamint az infrastruktúra kiterjedéséből adódóan csak nehezen hozható meg olyan objektív döntés mellyel a lehető legkisebb mértékűre redukálható a kiesett terület.

A villamos energetikai rendszerek, benne foglaltatva minden olyan alrendszert mely támogató funkciót tölt be kiterjedésétől függően halmazotán is ki vannak téve a természet, valamint az emberi mulasztás, a rossz ítélőképesség által kialakult rendszer összeomlásokhoz vezető negatív interakcióknak. A hálózatot számos behatás éri a klímaváltozásból következtethető kataklizmatikus eseményeken, valamint a szándékos emberi beavatkozásokon, terrorista cselekményeken keresztül. Ezen dinamikus jelentkező fenyegetések folyamatosan növekvő szignifikáns kockázatot jelentenek. A szolgáltatók és rendszerirányítók egyre növekvő nyomással néznek szembe, annak érdekében, hogy a rendszer üzemserű állapotát fenntartsák. Ezért fontos, hogy a globálisnak tekinthető decentralizált villamos energiatermelést, a black-out esemény alatt redukáltan jelentkező polgári fogyasztási igényeket, lokálisan szigetüzem kialakítása mellett fedjük le.

A disszertáció aspektusa, a villamos energetikai hálózat fizikális kapcsolat rendszere, valamint annak elektromos kritikus infrastruktúráként történő kezelése, az emberi tényező jelenléte és az ebből származtatható empirikus fogyasztási, illetve kommunikációs szokások vizsgálata. Továbbá nem célja az egyéb villamos, valamint kommunikációs ágazatokat érintő technikai kérdések kifejtése, megválaszolása.

### 3 Célkitűzések, hipotézisek

Kutatásom során azon célt tűztem ki, hogy olyan modelleket, elméleteket, valamint megoldásokat dolgozzak ki melyek alkalmazása esetén növelhető a nagy kiterjedésű villamosenergia rendszer stabilitása.

#### **Célkitűzéseim:**

**KC1** - Célként fogalmaztam meg a villamos energetikai rendszer szigetüzemének kialakítását. Mindezt azért, hogy növeljem a villamos energetikai rendszer rendelkezésre állását black-out alatt, halmozottan támaszkodva a polgári fogyasztási adatokra, valamint a rendszersémára.

**KC2** – Célként fogalmaztam meg egy olyan célhardver tervezését, mely a mikrogriden belüli redukált villamosenergia elosztást végzi, egy olyan algoritmuson keresztül, mely képes a fogyasztás szerinti igények degradált kielégítésére black-out alatt

**KC3** - Célként fogalmaztam meg egy mikrogrid rendszert támogató independents betáplálási rendszerrel rendelkező mobil bázisállomás létrehozását black-out esemény alatt. Mellyel felügyelhető és szabályozható a szigetüzemen belüli polgári fogyasztás mértéke, valamint fenntartható a mikrogriden belüli kommunikáció.

**KC4** - Célként fogalmaztam meg a cellán belüli mobil kommunikációs technológiák prioritizálását, mellyel tovább növelhető a mikrogrid felügyeleti és hírközlési rendszerének rendelkezésre állása.

**KC5** - Célul tűztem ki az Európai Unió elektromos kritikus infrastruktúra rendszerének intenzifikálását, differens aspektusú szabályozási rendszerek figyelembevételével

Az értekezés célja a villamosenergetikai rendszer stabilitásának, üzembiztonságának, rugalmasságának növelése, természeti csapások, valamint az emberi szándékos rongálások, terror cselekményei ellen.

## **Megfogalmazott kutatási hipotézisek:**

**H1** - Hipotézisem szerint black-out alatt létrehozható egy redukált villamosenergiaszolgáltatást nyújtó mikrogrid rendszer megújuló, valamint fosszilis áramforrások alkalmazásával a már meglévő villamosenergetikai rendszeren belül a KIF hálózat transzformátorkörzetének minimális kiegészítésével.

**H2** - Hipotézisem szerint megvalósítható egy interdependens, napenergia hasznosításán alapuló mobil bázis állomás megtáplálási rendszer, mely az átlagos felhasználói igényeket, valamint a mikrogriden belüli rendszerfelügyelet kiszolgálását végzi black-out alatt.

**H3** - Hipotézisem szerint a veszélyhelyzet alatti paralel mobil kommunikációs technológiák alkalmazása többlet villamosenergia felhasználással jár, ezért a fogyasztás mérséklésére egy prioritási rendszer kidolgozása szükséges.

**H4** - Az Európai Unió elektromos kritikus infrastruktúra rendszerének folyamatai, definíciói helyenként hiányosak, szubjektívek és pontatlanul fogalmazznak, mely negatívumok nemzetbiztonsági hézagokat vetnek fel

## **4 Vizsgálati módszerek**

Kutatásom során a villamos energetikai hálózat felépítésén túl vizsgáltam a polgári villamos fogyasztási szokásokat, valamint a decentralizált villamos energiatermelés szigetüzemű felbontásának kérdését mind az energetika mind pedig a kommunikációs rendszerek oldaláról. A kutatási területet ezenfelül az elektromos kritikus infrastruktúra oldaláról is megközelítettem. Munkám során jelentősen törekedtem az elméleti, valamint a gyakorlati alkalmazások összetett vizsgálatára. A szakirodalmi, valamint az eseményeket bemutató riportok elemzése a kutató munkám alapját képezte, melyek hozzásegítettek kutatási eredményeim strukturáltságának felépítésében. Kutatásom során számos black-out eseményt kiértékelő európai, illetve amerikai dokumentumot, valamint törvényi szabályozást dolgoztam fel. Az így megszerzett tapasztalat hozzá segített a black-out események elméleti és gyakorlati működésének megértéséhez.

Kutatásom előzményeként a felhasznált szakirodalom kiválasztását megelőzte azok determinatív értékelése, melyek esetében döntő fontosságúnak számított a dokumentumok naprakészsége. A kutatási témában alkotott idegennyelvű irodalmak tekintetében elsősorban az angol nyelven megjelent forrásokra támaszkodtam, részint a nyelvi korlátok, valamint az esszenciális fogalmazás tekintetében. Elméleti kutatásom során az aktuális, érvényben lévő jogszabályok, szabványok figyelembevételével közelítettem meg a kérdések körét, azonban célként a gyakorlati felhasználhatóságot tűztem ki.

Disszertációm vázát és fő irányát a források elemzése, a villamos energetikai rendszer felépítése, a kommunikációs hálózatok, a megújuló energiaforrások, valamint az elektromos kritikus infrastruktúra rendszerek lehetőségeinek meghatározásától, a gyakorlati kérdésekre adott válaszokig terjed. Kiváltképp a szigetüzemű ellátási rendszer, valamint annak kommunikációs rendszerének elméleti kialakítására fektetve a hangsúlyt. Az elektromos kritikus infrastruktúra rendszer különbségeinek feltárását az Amerikai Egyesült Államok és az Európai Unió szabályozásai és szervezeti felépítése, valamint folyamataik megismerése segítette. Az egyes villamosenergiarendszerek összehasonlítása lehetőséget teremtett számomra a gyakorlati értelemben vett szigetüzem méretének meghatározásához. Az autonóm mikrogrid rendszer black-out alatti megvalósításával kapcsolatban jelentős számú tanulmány áll rendelkezésre, azonban a dokumentumok nem írják le a rendszer szabályozásának mibenlétét, valamint a felügyeleti rendszer alkalmazhatóságának lehetőségeit. Továbbá nem térnek ki a nagy áramszünet alatti redukált energiafelhasználás mértékére, folyamataira, valamint a redundáns mobil kommunikációs rendszerek prioritizálhatóságára, ezáltal a többlet energiafelhasználásának csökkentésére. Az elektromos kritikus infrastruktúra rendszerek tekintetében pedig nem térnek ki az Európai Unió kritikus infrastruktúra rendszerének, javítása érdekében eltérő értelmezésű szabályozásból történő rendelkezések átemelésére és ezáltal annak hatékonyságának növelésére. A dokumentumok, valamint a források elemzését egyértelműen kutatási tématerületemhez mérten végeztem el. Disszertációm megírásával célom a black-out alatti zavartalan polgári energiafogyasztási igények kielégítése azon keresztül pedig a villamosenergetikai rendszer rendelkezésre állásának növelése, figyelembe véve polgári fogyasztási és kommunikációs szokásokat, vagyis középpontba állítva az emberi tényezőt.

A megismert villamosenergiarendszerekre építve megvalósítottam azok egyszerűsített súlyozott gráf-hálózatát, valamint kérdőív segítségével meghatároztam polgári fogyasztási adatokra vonatkozó közelítési átlagértéket. Célja a mikrogrid méretének meghatározása a fizikai kapcsolódásokra, valamint a fogyasztási szokásokra vonatkoztatva. Az így



meghatározott adatokból kidolgozásra került egy hierarchikus elosztási rendszer, valamint a szabályzás megvalósításához szükséges célhardver és algoritmus, amely képes redukált villamosenergiával ellátni a mikrogriden belüli szolgáltatási területet.

A mobil kommunikációs szokásokat felhasználva matematikai módszerekkel meghatároztam egy napelemes szigetüzemű független mobil betáplálási rendszert, annak érdekében, hogy a mikrogrid hálózaton belül kialakítható legyen a redukált szolgáltatások felügyeletéért felelős alrendszer, mely amellett, hogy információt szolgáltat a fogyasztási adatokról kiszolgálja a polgári mobil kommunikációs igényeket is. A nemzetközi viszonylatban elérhető black-out eseményeket leíró riportok elemzésével, létrehoztam egy a kommunikációs rendszereket azonosító és prioritizáló felbontást, mellyel megjeleníthető az adott technológia és a hozzá tartozó szolgáltatás nagy áramszünet alatti érzékenysége. A prioritizálás célja a mikrogrid felügyeletéért és a mobil szolgáltatásért felelős kommunikációs rendszer rendelkezésre állásának növelése.

Összehasonlító elemzést végeztem az elektromos kritikus infrastruktúra rendszerek Amerikai Egyesült Államok és az Európai Unió rendszereire annak érdekében, hogy feltárjam a két szabályozási rendszer differenciáit. A különbözőségek meghatározása során átemeltem az Európai Unió rendszerébe azon rendelkezéseket, melyekkel növelhető annak hatékonysága.

Különös figyelmet fordítottam a nemzetközi, a hazai, valamint az Európai Unió gyakorlati tapasztalatok elemzésére, ezáltal olyan dedukciók meghatározására törekedtem melyek értékelhetők és alkalmazhatók a gyakorlatban. A kutatást 2020.12.01-én zártam le.

## 5 Új tudományos eredmények

Az energetikai biztonság, a megújuló energiaforrások, a mobil kommunikációs technológiák, valamint az elektromos kritikus infrastruktúra alágazatának kutatása során:

**T1** - Definiáltam egy olyan átmenetileg mikrogrid üzemben működő hálózati egységet, amely a kontinentális európai villamosenergia-rendszer bármely kiefeszültségű ellátási transzformátorkörzetének minimális kiegészítésével megvalósítható. Ezek a szigetek nagy black-out alatt is folyamatos, hosszú távú ellátást tudnak biztosítani – degradált teljesítménnyel. [VA62], [VA63]

**T2** - Az általam meghatározott mikrogrid folyamatosan fenn tudja tartani a mobil bázisállomások független tápellátását, mely az általános mobil telekommunikációs rendszer használatot figyelembe véve alkalmas a szigeten belüli polgári kommunikációs csatornák fenntartására, a redukált energiaelosztás cél hardvereinek felügyeletére és irányítására. Az új betáplálási rendszert HMKE megújuló energiaforrás felhasználásával valósítottam meg, többféle napelem technológia optimális kiválasztásával. [VA64], [VA65], [VA66], [VA67], [VA68]

**T3** - Meghatároztam egy olyan konszekúciós algoritmust, amely egyrészt az átlagos lakossági fogyasztókhöz allokál a rendelkezésre álló teljesítményből, illetve ezen túl prioritást rendel a kommunikációs eszközcsoportokhoz, figyelembe vettem azok fejlettségét, szerepét a kritikus üzemiállapotokban és szenzibilitását a külső zavarokra. [VA69], [VA70]

**T4** - Áttekintettem az Európai Unió, valamint az Amerikai Egyesült Államok elektromos kritikus infrastruktúra rendszereinek kezelését. Ezekben eltérések, fogalmi különbségek, határozatlanságokat mutattam ki. Javaslatokat fogalmaztam meg a szabályozásra vonatkozóan, amely nemzetbiztonságot is érint. Ezen javaslatok: a definíciós rész hiányosságainak pótlása, a folyamatok egzakt meghatározása, valamint az eszközpark karbantartási folyamatainak egységesítése. [VA71], [VA72]

## **6 Az eredmények hasznosítási lehetősége**

Kutatásom során a nagy energiarendszerekkel és azok biztonságos üzemeltetésével foglalkoztam. Megközelítettem e témát mind energetikai, biztonság tudományi mind pedig jogi szempontból. Az eltérő megközelítések egy azon monumentális műszaki vívmányra eredeztethetőek, így alkotva egy átfogó irodalmat. Téziseim megalkotása előtt számos eshetőséget és módszert figyelembe vettem, melyek alapjai lehetnek a téma további boncolgatására irányuló kutatásoknak - pl.: mindent átfogó globális felügyeleti program megalkotásában.

Kutatásaim során számos ajánlást is megfogalmaztam, mely segíti az ezen tématerülettel foglalkozó szakemberek munkáját:

1. Az NKM részére, a polgári fogyasztási adatok racionalizálása érdekében:

- az NKM frissítse a fogyasztói szokásokból adódó információit, adatait,
  - a frissítést ne kizárólag online formában végezzék, mivel az nem jut el megfelelő formában a lakosság valamennyi rétegéhez,
  - nyújtsanak segítséget és adjanak útmutatást a megfelelő fogyasztási értékek mérésében.
2. A villamos energetikai biztonsági szakemberek részére ajánlom, hogy a villamos energetikai hálózat üzemképes állapotának növelése érdekében,
- az energetikai biztonsági szakemberek részére, hogy vizsgálják felül a szigetüzem bevezetésének lehetőségét black-out alatt,
  - vizsgálják felül a megújuló energiaforrások, illetve fosszilis üzemanyag hasznosításán alapuló independens mikrogrid rendszer szigetüzemű megvalósítását,
  - vizsgálják felül a redukált villamosenergia elosztás technológiai feltételeit, mind szoftveres, mind pedig hardveres oldalról,
  - vizsgálják felül a mikrogriden belüli végponti célhardverek alkalmazhatóságát
  - tanulmányozzák továbbá a mikrogriden belüli felügyeleti mobil rendszerek alkalmazhatóságát.
3. Megújuló energiaforrásokkal foglalkozó szakemberek, valamint a mobil kommunikációs piaci résztvevők részére,
- hogy mérlegeljék a mobil állomások veszélyhelyzeti megtáplálási lehetőségeit,
  - hogy vizsgálják meg számukra leginkább megfelelő megújuló energiaforrások alkalmazhatóságának lehetőségeit,
  - a hatékonyabb veszélyhelyzeti kommunikáció lefolytatása érdekében ezen események közepette osszák meg mobil szolgáltatásaikat más piaci résztvevők előfizetőivel,
  - priorizálják kommunikációs vonalaikat veszélyhelyzet esetén a kedvező fogyasztás és a megfelelő minőség tükrében,
  - veszélyhelyzet esetén a szolgáltatók tájékoztassák egymás előfizetőit a mobil korlátozások életbelépéséről.

4. Javaslom az elektromos kritikus infrastruktúra rendszer fejlesztésével foglalkozó szakembereknek, a kritikus infrastruktúra védelem hatékonyságának növelése érdekében, módosítsák, illetve vizsgálják felül a következő kérdéses folyamatokat, valamint bekezdéseket.
  - a. definíciós rész:
    - i. villamos energetikai rendszer részletes mindenre kiterjedő definiálása
    - ii. virtuális nem kézzelfogható tényezők definiálása
    - iii. amerikai példára a dominóhatásból fakadó meghibásodásokat előidéző természeti jelenségek átemelése
    - iv. specifikáltan a hálózatbiztonságot veszélyeztető fogalom átemelése az Amerikai Egyesült Államok rendszeréből
  - b. azonosítás folyamata:
    - i. ideiglenes reakcióterv készítése és holtidő csökkentése
    - ii. azonnali reagálású munkacsoport létrehozása, mely lerövidíti az elektromos kritikus infrastruktúra azonosítását
  - c. kártalanítás folyamat:
    - i. amerikai példára lapozva részletesen kártalanítási tervkidolgozása, mind a tulajdonosokra, az üzemeltetőkre és a fogyasztókra
  - d. információ megosztás folyamata:
    - i. kijelölési és jogosultsági folyamat részletezése veszélyhelyzet alatt
    - ii. az információ nem megfelelő kezekbe jutása esetén életbelépő protokoll rendszer kidolgozása
    - iii. az információ nem megfelelő személyhez jutásának szankcionált rendszerének kidolgozása
    - iv. elektromos kritikus infrastruktúrára vonatkozó információk definiálása
    - v. az információ nyilvánosságra hozatalának időintervallumban történő meghatározása
    - vi. hatáskörök részletes kijelölése
  - e. kijelölési folyamata:
    - i. egységes tagállamoktól független kijelölési rendszer kidolgozása
  - f. diszpécseri titulus:
    - i. belső szakember alkalmazása diszpécseri feladatok ellátáshoz
    - ii. döntési folyamat gyorsítása
  - g. eszközpark ellátása, beszerzése:

- i. pontos szavatosság megállapítása az avult rendszerelemekre
- ii. standardizált eszköz beszerzések folyamatának kidolgozása
- iii. meglévő eszközök szerviz alkatrészeinek gyártásához szükséges folyamatok kidolgozása
- iv. preferált, átvilágított vállalatok alkalmazásához szükséges folyamat kidolgozása

## **7 Irodalmi hivatkozások listája/ Irodalomjegyzék**

- [1], Professor Dr. Berek Lajos, Dr. Berek Tamás, Berek László – Személy- és Vagyonsbiztonság, ÓÉ-BGK 3071, Budapest, 2016
- [2] A világ energia megoszlása - <https://ourworldindata.org/energy>
- [3] Dr Kádár Péter – Hálózati felügyeleti rendszerek - Alállomás irányítás jegyzet, Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, MSc képzés, Budapest, 2013
- [4] Büki Gergely - Erőművek, Műegyetem, Budapest, 2004
- [5] Büki Gergely - Energetika, Műegyetem, Budapest, 1997
- [6] Dr. Fazekas András István - Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I. - Akadémiai Kiadó, 2006.
- [7] Dr. Fazekas András István - Villamosenergia-termelési technológiák jellemzői. - Budapest, MAFE, 2005.
- [8] ENTSO-E hálózat jellemzők - <https://www.entsoe.eu/data/map/>
- [9] Graphviz rendszer - <https://graphviz.org/>
- [10] Barabási Albert-László – A hálózatok tudománya, Budapest, 2017
- [11] Dr Borsányi János, Poppe Kornélné – Világítástechnika I., OE-KVK-2024, Budapest, 2010
- [12] Dr Borsányi János, Dr. Majoros András, Molnár Károly Zsolt - Világítástechnika II., OE-KVK-2018, Budapest, 2012
- [13] Dr Borsányi János, Molnár Károly Zsolt, Nadas József - Innovatív világítás, OE-KVK-2108, Budapest, 2013

- [14] Központi Statisztikai Hivatal - Magyarország Helységnévtára – 2012 Budapest  
<http://www.ksh.hu/apps/!cp.hnt2.telep?nn=13578>
- [15] Fang Lin Luo, Hong Ye – Power Electronics, Advanced Conversion Technologies – CRC Press 2010 Boca Raton
- [16] Muhammad H. Rashid - Power Electronics Handbook, Third Edition – BH 2011  
Burlington
- [17] Badacsonyi Ferenc – Teljesítményelektronika – 2002 Budapest
- [18] Atmega32 adatlap - <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/doc2503.pdf>
- [19] SIM900 adatlap -  
[https://simcom.ee/documents/SIM900/SIM900\\_Hardware%20Design\\_V2.05.pdf](https://simcom.ee/documents/SIM900/SIM900_Hardware%20Design_V2.05.pdf)
- [20] STPM34 adatlap - <https://datasheetspdf.com/datasheet/STPM34.html>
- [21] Mohammad Matin - Spectrum Access and Management for Cognitive Radio Networks (Signals and Communication Technology) – Springer – 2016 - ISBN: 9811022534
- [22] Kenneth Pimple - Emerging Pervasive Information and Communication Technologies – Springer – 2013 - ISBN: 940076832X
- [23] Yongwan Park, Fumiyuki Adachi - Enhanced Radio Access Technologies for Next Generation Mobile Communication – Springer – 2007 - ISBN: 9048173868
- [24] Athula Ginige, Heinrich C. Mayr, Dimitris Plexousakis, Vadim Ermolayev, Mykola Nikitchenko, Grygoriy Zholtkevych, Aleksander Spivakovskiy - Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications: 12th International Conference, ICTERI 2016, Kyiv, Ukraine, June 21-24, 2016 - ISBN: 3319699644
- [25] Thanos Vasilakos - Advanced Communication and Networking (Communications in Computer and Information Science – Springer – 2010 - ISBN: 3642134041
- [26] Josip Lorincz, Tonko Garma, Goran Petrovic - Measurements and Modelling of Base Station Power Consumption under Real Traffic Loads – Croatia - 2012 – ISSN: 14  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22666026> 24-8220
- [27] Solar resource maps and GIS data for 200+ countries

<https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/hungary>

[28] Antonio Luque, Steven Hegedus - Handbook of Photovoltaic Science and

Engineering, Second Edition – Wiley 2011 Chennai, India

[29] Reményi Károly - Megújuló energiák, Akadémiai, 2007

[30] A Nap haladásának kiszámításához szükséges online program az Oregoni Egyetem honlapján: <http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html>

[31] Anyagok reflektív együtthatói [https://www.engineeringtoolbox.com/light-material-reflecting-factor-d\\_1842.html](https://www.engineeringtoolbox.com/light-material-reflecting-factor-d_1842.html)

[32] Péter Kádár, Tibor Kliment - Autoregression test of Solar Photovoltaic energy generation; 3rd IEEE International Symposium on Exploitation of Renewable Energy Sources; March 11-12, 2011; Subotica, Serbia

[33] Upsolar UP-M180M adatlap - <http://www.solardesigntool.com/components/module-panel-solar/Upsolar/1225/UP-M180M/specification-data-sheet.html>

[34] Korax KS-240 adatlap - [http://www.posharp.com/ks-240-solar-panel-from-korax-solar-hungary\\_p1185983022d.aspx](http://www.posharp.com/ks-240-solar-panel-from-korax-solar-hungary_p1185983022d.aspx)

[35] Sanyo HIP NKHE5 adatlap - <https://www.technosun.com/descargas/SANYO-HIP-215-214NKHE5-ficha-EN.pdf>

[36] Renesola JC230S adatlap -

[https://www.rebatsystems.com/uploads/products/rebat\\_systems\\_2699542016-04-29-23-42-49.pdf](https://www.rebatsystems.com/uploads/products/rebat_systems_2699542016-04-29-23-42-49.pdf)

[37] Vad Lajos, Vass Attila – Inverterek kölcsönhatásának vizsgálata, laboratóriumi mérés

[38] Zerhouni et al - Proposed Methods to Increase the Output; Efficiency of a Photovoltaic (PV) System; Acta Polytechnica Hungarica Vol. 7, No. 2, 2010, pp55-70

[39] Frank S. Barnes, Jonah G. Levine - Large Energy Storage Systems Handbook – CRC Press – 2011 - ISBN: 1420086006

[40] Benoit Robyns, Bruno Francois - Energy Storage in Electric Power Grids – Wiley

– 2015 - ISBN: 1848216114

[41] Andrew F. Blum - Fire Hazard Assessment of Lithium Ion Battery Energy Storage Systems  
– Springer – 2016 - ISBN: 1493965557

[42] Andreas Sumper, Oriol Gomis-Bellmunt - Energy Storage in Power Systems – Wiley –  
2016 - ISBN: 1118971329

[43] Véghely Tamás - Napelemek és napelemrendszerek szerelése - CSER Kiadó 2012

[44] Véghely Tamás – Napelemes rendszerek villamos berendezései CSER Kiadó 2014

[45] Nemzetközi katasztrófa statisztikák <https://www.emdat.be/database>

[46] Maros Dóra – GSM, BMF KVK2025, 2006

[47] John C. Hull - Risk Management and Financial Institutions, 4th Edition – Wiley, Marc  
2015

[48] Michel Crouhy, Dan Galai, Robert Mark - The Essentials of Risk Management – Second  
edition, ISBN-13: 978-0071818513

[49] 16 USC 824: Declaration of policy; application of subchapter

Forrás: [https://uscode.house.gov/view.xhtml?req=\(title:16%20section:824%20edition:prelim\)](https://uscode.house.gov/view.xhtml?req=(title:16%20section:824%20edition:prelim))

[50] 49 CFR § 33.20 - Definitions.

Forrás: <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/49/33.20>

[51] 18 CFR § 388.113 - Critical Energy/Electric Infrastructure Information (CEII).

Forrás: <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/18/388.113>

[52] Buchholz, Bernd M., Styczynski, Zbigniew - Smart Grids – Fundamentals and  
Technologies in Electricity Networks – Springer – 2014

[53] COM 2008/114/EK - Európai kritikus infrastruktúra azonosítása és kijelölése, valamint  
védelmük javítása szükségességének értékeléséről

[54] United States. The National Strategy for Homeland Security - Protecting Critical  
Infrastructures and Key Assets

[55] COM (2004)702 - A létfontosságú infrastruktúrák védelme a terrorizmus elleni  
küzdelemben



[56] COM (2005) 576 - Zöld Könyv

[57] COM (2006)786 - A létfontosságú infrastruktúrák védelmére vonatkozó európai programról

[58] North American Electric Reliability Corporation [www.nerc.com](http://www.nerc.com)

[59] Ted G. Lewis - Critical Infrastructure Protection in Homeland Security: Defending a Networked Nation – Wiley – ISBN-13: 978-1118817636

[60] Karl Perman, Terry Schurter - Protecting Critical Infrastructure: A Guide to Critical Infrastructure Protection Based on the North American Electric Reliability Corporation Critical Infrastructure Protection Standards – Amazon – 2016

[61] Congress Acts to Protect Critical Electric Infrastructure Information

<https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=6095bdea-d1fd-4942-a126-8077a3d37ab5>

## 8 Publikációk

### 8.1 A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények

[VA62] Attila Vass, Lajos Berek, Robert Szabolcsi – The splitting of an Energy System – HADMÉRNÖK (2018)

[VA63] Kádár Péter, Vass Attila - black-out alatti mikrogrid rendszer végponti

beavatkozó szervének hardveres kialakítása – Elektrotechnika folyóirat- Kiadás alatt

[VA64] Varga Andrea, Vass Attila, Kádár Péter - Szélenergetikai vizsgálatok az Óbudai Egyetemen In: Wantuchné Dobi Ildikó (szerk.)

Nap és Szélenergia kutatás és oktatás. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2014.05.29 Budapest: Magyar Meteorológiai Társaság, p. &. 33 p.

[VA65] Vass Attila, Berek Lajos - Napenergia és az elektronikai jelzőrendszer, villamos energia hálózattól távol lévő objektumok védelmének lehetőségei HADMÉRNÖK 24:(2) pp. 41-57. (2015)

[VA66] Vass A, Kádár P - Analysis of annual production of a multi-tilted PV system

SISY 2014: IEEE 12th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics. Subotica: IEEE Hungary Section, 2014. p. &. (ISBN:978-1-4799-5995-2)

[VA67] Kádár Péter, Varga Andrea, Vass Attila - Napelemes vizsgálatok az Óbudai Egyetemen LÉGKÖR: AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI INTÉZET SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA 2016:(61) pp. 64-75. (2016)

[VA68] Vass Attila – HMK inverterek kölcsönhatása, Budapest, 2014

[VA69] Berek Lajos, Vass Attila, Maros Dóra - Az interdependencia kérdése az energetikai rendszer és a híradástechnika esetén a kritikus infrastruktúra biztonsága érdekében BOLYAI SZEMLE 24:(3) pp. 9-32. (2015)

[VA70] Vass Attila, Maros Dóra, Berek Lajos - Veszélyhelyzeti infokommunikáció az energetikai black-out alatt BOLYAI SZEMLE 24:(2) pp. 63-76. (2015)

[VA71] Berek Lajos, Vass Attila - Gázturbinás erőműi objektum védelme HADMÉRNÖK IX.:(2.) pp. 5-15. (2014) (Nemzeti Közszolgálati Egyetem)

[VA72] Kiss Sándor, Vass Attila - Energetikai rendszerek polgári védelme HADMÉRNÖK  
IX:(2) pp. 37-47. (2014) (Nemzeti Közsolgálati Egyetem)

További tudományos közlemények

[VA73] Transzformátor állomás szállítása közúton – Vass Attila, Dr. Berek Lajos, 2015

[VA74] Erőműi tűzvédelmi rendszerek – Vass Attila, Dr. Kiss Sándor, 2016

## Jegyzetek