

Óbudai Egyetem  
Doktori (PhD) értekezés



**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

Szigorlati Bizottság:

Elnök:

Prof. Dr. Pokorádi László, ÓE BGK intézetigazgató egyetemi tanár

Tagok:

Dr. habil. Berek Tamás, NKE HHK tanszékvezető egyetemi docens

Dr. habil. Farkas Tibor, NKE HHK egyetemi adjunktus

Nyilvános védés bizottsága:

Elnök:

Prof. Dr. Pokorádi László, ÓE BGK intézetigazgató egyetemi tanár

Titkár:

Dr. Szűcs Endre, ÓE BGK egyetemi adjunktus

Tagok:

Dr. habil. Berek Tamás, NKE HHK tanszékvezető egyetemi docens

Dr. habil. Farkas Tibor, NKE HHK egyetemi adjunktus

Dr. Nagy István, ÓE BGK egyetemi tanársegéd

Bírálok:

Dr. habil. Kovács Tibor, ÓE BGK tanszékvezető egyetemi docens

Dr. Kiss Sándor, NKE HHK egyetemi docens

Nyilvános védés időpontja

.....

# TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS .....	6
A tudományos probléma megfogalmazása .....	6
A témaválasztás indoklása .....	8
A kutatómunkám célkitűzései .....	9
A téma kutatásának hipotézisei .....	10
Kutatási módszerek .....	10
1    MIKROGRID HÁLÓZAT LÉTREHOZÁSA BLACK-OUT ALATT .....	13
1.1    A biztonság fogalmi rendszere és különböző aspektusai .....	13
1.2    Energetikai biztonság .....	15
1.3    Interdependencia a villamosenergetikai biztonságban, a hálózati üzembiztonság növelésének különböző aspektusai .....	17
1.3.1    Az interkontinentális hálózat leképezése gráfhálózattal .....	19
1.3.2    A magyarországi rendszer leképezése .....	21
1.4    A magyarországi fogyasztói szokások vizsgálata, valamint kiértékelése empirikus módszerrel .....	23
1.4.1    Fogyasztói szokások kiértékelése .....	24
Összefoglalás .....	31
2    A MIKROGRID KIALAKÍTÁSA .....	33
2.1    HMKE, valamint a betáplálási trónk rendszer kialakításának lehetőségei .....	36
2.2    A mikrogrid teljesítményszabályzásának kialakítása .....	39
2.3    A beavatkozó célhardver felépítése és algoritmusai .....	43
2.3.1    Leválasztás .....	44
2.3.2    Teljesítmény szabályzás .....	45
2.3.3    A mikrokontroller és környezete .....	48
2.3.4    Akkumulátor töltő egység .....	49
2.3.5    Kimenet .....	50
2.4    A mikrogrid felépítése .....	50

2.4.1	A szétválás folyamata .....	52
2.4.2	Az egyesítés folyamata .....	55
	Összefoglalás .....	56
3	A MOBIL FELÜGYELETI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS RENDSZER BLACK-OUT ALATTI RENDELKEZÉSRE ÁLLÁSÁNAK NÖVELÉSE.....	59
3.1	Mobil technológiák fogyasztási igényeinek meghatározása .....	59
3.1.1	A mikrogrid felügyeleti rendszer fogyasztási igényeinek meghatározása	65
3.2	Az energiatermelő rendszer éves hozamának meghatározása .....	66
3.3	A szoláris út és a különböző reflexiók hatások vizsgálata .....	69
3.4	A napelemes táblák kiválasztásának matematikai folyamata .....	74
3.5	A napelemes betáplálási rendszer sematikus modellje .....	78
3.6	Az optimális energiatároláshoz szükséges alrendszer determinációja.....	82
	Összefoglalás .....	86
4	BLACK-OUT ALATTI KOMMUNIKÁCIÓS TECHNOLÓGIÁK PRIORIZÁLÁSA.....	88
4.1	A kommunikációs technológiák, eszközök felosztása black-out alatt.....	88
4.2	Az autonóm rendszer optimalizálása a GSM mobil technológia fogyasztási adatai mentén .....	93
4.3	A GSM technológia kizárólagos alkalmazásának gyakorlati hatása a teljes rendszer komplexitására .....	96
	Összefoglalás .....	99
5	ELTÉRŐ ELEKTROMOS KRITIKUS INFRASTRUKTÚRA RENDSZEREK DIFFERENCIÁINAK FELTÁRÁSA .....	101
5.1	Eltérő szemléletű globális kritikus infrastruktúra rendszerek differenciái ....	101
5.2	Az Amerikai Egyesült Államok kritikus infrastruktúra rendszerének jogi elemzése az energetikai ágazatra vonatkoztatva.....	102
5.2.1	A felelősségi körök, valamint felelősök kijelölésének folyamatai .....	104
5.2.2	A kritikus infrastruktúra, valamint rendszerelemeinek kijelölése .....	106

5.2.3	Az Amerikai Egyesült Államok kritikus elektromos infrastruktúrával kapcsolatos információ védelme és megosztása .....	107
5.3	Az Európai Unió kritikus infrastruktúra rendszerének jogi elemzése az energetikai ágazatra vonatkoztatva .....	110
5.3.1	Az Európai Unió kritikus infrastruktúra objektumainak azonosítása és kijelölése .....	112
5.3.2	Az Európai Unió és a tagállamok közötti információ védelme a visszacsatolás során .....	116
5.4	Az európai és az amerikai elektromos kritikus infrastruktúra rendszerek összevetése és a vonatkozó módosítási javaslatok .....	118
	Összefoglalás .....	123
	<b>ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK</b> .....	125
	A kutatómunka összegzése .....	125
	Új tudományos eredmények / .....	127
	Ajánlások .....	128
	<b>IRODALOMJEGYZÉK</b> .....	131
	A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények .....	135
	További tudományos közlemények .....	136
	<b>RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK</b> .....	137
	<b>TÁBLÁZATJEGYZÉK</b> .....	140
	<b>ÁBRAJEGYZÉK</b> .....	141
6	<b>MELLÉKLETEK</b> .....	144
6.1	Melléklet – Fogyasztási szokásokat felmérő kérdőív .....	144
6.2	Melléklet - A mobil fogyasztási viszonyok változásai a kommunikációs generációk függvényében a tervezett napelemes rendszerre vonatkoztatva .....	154
6.3	Melléklet Gráf I. ....	158
6.4	Melléklet Gráf II. ....	159
6.5	Melléklet Gráf III. ....	160

6.6	Melléklet Gráf IV.....	161
6.7	Melléklet Gráf V.....	162
6.8	Az Amerikai Egyesült Államok kritikus infrastruktúra rendszerének elemzése az energetikai ágazatra vonatkoztatva .....	163
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS .....		170

„Én lettem a halál világok pusztítója”

„Bárki, akinek a hibáit tíz évig tart kijavítani, nagy ember”

Julius Robert Oppenheimer

## **BEVEZETÉS**

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 háttérében 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 tudományos probléma megfogalmazása**

Disszertációm fókuszpontjában a villamos energetikai üzembiztonság fenntartása áll, a villamosenergetikai rendszerek fizikai kapcsolódási pontjainak, a polgári, valamint mobil kommunikációs rendszerek fogyasztási adatainak, illetve szokásainak fokozott figyelembevételével. Valamint az európai elektromos kritikus infrastruktúra rendszer folyamatainak javítása az Amerikai Egyesült Államok ekvivalens szabályozási struktúrájának szem előtt tartásával.

Létrehozható-e a nemzetközi villamos energetikai rendszeren belül mikrogrid hálózat? Mekkora kiterjedésű alhálózatot lehet létrehozni? Milyen módon lehet a black-out alatti mikrogridben felügyelni és szabályozni a polgári fogyasztási igényeket? Mely további interdependenciálisan kapcsolódó technológiákat kell még a szigetüzemhez igazítani? Hogyan valósítható meg egy mobil bázisállomás független energiaellátása black-out

alatt? Alkalmazható-e a megújuló energiaforrások hasznosításán alapuló független betáplálási rendszer? Priorizálhatók a mobil kommunikációs technológiák black-out alatt és ez milyen kihatással van a független betáplálási rendszer komplexitására? Egységesek az elektromos kritikus infrastruktúra rendszerek? Az Európai Unió által kidolgozott szabályozási rendszer megfelelően és pontosan írja le az egyes folyamatokat és az azokra adott válaszokat? Milyen különbségek tárhatók fel az Amerikai Egyesült Államok és az Európai Unió elektromos kritikus infrastruktúra rendszerei között? Ezen differenciák felhasználhatók az Európai Unió elektromos kritikus infrastruktúra rendszerének javításához, így növelve az általa képviselt villamos energetikai rendszer rendelkezésre állását?

Tanulmányaim, kutatásaim és gyakorlati tapasztalataim alátámasztják, hogy a villamos energetikai rendszer komplexitása ebből kifolyólag, sérülékenységének fokozódása folyamatosan növekszik. Az ember, a technológia, valamint a természet együtt egy komplex rendszert alkot, mely kihatással van a villamos energetikai rendszer rendelkezésre állására. A kialakult black-out események háttérében minden esetben természeti jelenségek vagy emberi mulasztás áll, ami így a villamos energetikai rendszert negatívan érinti. Azonban az látható, hogy mind az Amerikai Egyesült Államok, mind pedig az Európai Unió nagyobb villamos energetikai rendszerleállításokból készült riportjai alapján, hogy a minden esetben elindul egy lavina szerű folyamat a hálózaton keresztül, amit megállítani kizárólag abban az esetben tudnak, ha kiszakaszolják ezáltal izolálják a sérült részeket. Ennek eredményeképpen több esetben létrejöttek olyan szigetek, melyek vagy nem kapcsolódtak egymáshoz közvetlenül, vagy egyéb villamos paraméterek különbözőségei alapján egymáshoz immáron nem képesek a decentralizált villamos energiatermelésre. A szolgáltatók nem kívánt megoldásként tekintenek a szigetüzem elméletére, mivel nincs határozott elképzelés az üzemeltetett terület felügyeleti és szabályozási sémájára. Azonban az ilyen módon kialakult részrendszerek, kialakíthatók tervezetten is, így már előre felkészíthető a rendszer egy tervezett felbomlásra, mely ilyen formán képes a redukált villamos energiatermelésre, önálló mikrogrid rendszerben.

Kutatásom során ezért arra keresem a választ, hogy kialakítható-e olyan mikrogrid rendszer, mely önállóan képes az adott ellátási területen generálódott fogyasztási igényeket black-out esetén lefedni. Továbbá azt vizsgálom, mely további alrendszereket kell áthelyezni a mikrogridbe, hogy így felügyelni és szabályozni lehessen a villamos energiafelhasználást, valamint a szigeten belül fenntartani a kommunikáció lehetőségét.



Kutatásom továbbá kiterjed az elektromos kritikus infrastruktúra Európai Unió rendszerének hatékonyságának növelésére.

### **A témaválasztás indoklása**

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. Másrészről korábbi kutatásom mely a napelemes rendszerek villamos paramétereinek terhelés függő állapotváltozásaira irányult. Az így kialakult szakmai kép arra ösztönzött, hogy milyen módon, milyen eszközökkel van lehetőségem az elektromos energetikai rendszer rendelkezésre állását növelni, mind technológiai, mind pedig az elektromos kritikus infrastruktúra rendszerek fejlesztésének oldaláról. Azonban jelentős a benne rejlő biztonsági kockázat mértéke, illetve a ráépülő rendszerek, üzletágak 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 üzemállapot normál állapotnak felel meg. Abban esetben mikor ezen jellemző 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 halmozottan 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 üzemszerű 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 fő aspektusa, a villamos energetikai hálózat fizikális kapcsolat rendszere, valamint annak kritikus infrastruktúraként történő kezelése, az emberi tényező jelenléte és az ebből származtatható empirikus fogyasztási, illetve kommunikációs szokások vizsgálata. Nem célja azonban az egyéb villamos, valamint kommunikációs ágazatokat érintő technikai kérdések kifejtése, megválaszolása.

### **A kutatómunkám célkitűzései**

**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

### **A téma kutatásának hipotézisei**

**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 megáplálási 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 fogalmaznak, mely negatívumok nemzetbiztonsági hézagokat vetnek fel

### **Kutatási 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 gráfálózatát, 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 amellet, 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.

# 1 MIKROGRID HÁLÓZAT LÉTREHOZÁSA BLACK-OUT ALATT

Az első fejezetben a biztonság fogalmi rendszerét követően áttekintem az energetikai biztonságot befolyásoló tényezőket, valamint kitérek annak üzemszerű működéséhez szükséges feltételekre. Majd kitérek az interdependenciális kapcsolatokra, melyek megléte jelenti disszertációm vázát, valamint a teljes villamos energetikai hálózat üzemben tartásához szükségesek. Részletesen foglalkozom a mikrogrid rendszer hierarchikus megvalósításával, valamint az optimális energiefelhasználáshoz szükséges redukált villamosenergia szolgáltatás kérdésével. A fejezet lezárásaként bemutatom a redukált, folyamatos villamosenergiatermelés megvalósításához szükséges célhardvert, valamint részegységeit és a vételezés elbírálásához szükséges algoritmus működését.

## 1.1 A biztonság fogalmi rendszere és különböző aspektusai

Az emberiség ezáltal a ráépülő emberi civilizáció a közösség szellemiségének megléte nélkül nem alakulhatott volna ki, vagyis maga a kollektíva, mint biztonságot jelentő csoportosulás az egyén hovatartozását fejezte ki. Mindazonáltal, hogy a kollektíva hány egyedet számlál, valamint mik az alapvető szükségletei a biztonságot több szempontból megközelítve számos aspektusban használjuk.

Teljesen laikus szemlélettel élve magunkba tekintve is meg tudjuk fogalmazni. Azon állapotunkat fedi le melyben jól érezzük magunkat, nincs fenyegetettség, nem fog el rossz érzés, egy olyan állapot, amiben szívesen létezünk. Ezen érzéssel, kijelentéssel teljesen ellentétesen a fenyegetettség kerít minket hatalmába, a biztonságtalanság. Azonban ezt a megfogalmazást tételesen vizsgálva nincs arra mód, hogy pontos formájában definiáljuk, mivel ez bármely személy számára mást és mást jelent. Eltérő szempontokat állít fel egy férfi, egy nő kortól, valamint foglalkozástól, illetve élettértől függően szintén mások lehetnek az elképzelések, csak és kizárólag maga az érzés az, ami konstansnak mondható. Ebből kifolyólag kell megalkotni a biztonság általánosan vett tudományos definícióját.

A definíciót fokozatosan felépítve tárom fel annak lényegi aspektusát így elősegítve annak könnyebb megértését. Ahhoz, hogy egy folyamatot biztonságosnak tekintsünk ismernünk kell hozzá a fenyegetett állapotot. Vagyis csak és kizárólag együtt tárgyalható a két eshetőség. A következtetés abból indul ki, hogy van olyan állapot mely biztonságos és ennek van egy ellentétes eshetősége is. Abban a pillanatban mikor nem beszélhetünk rendellenes, a folyamatra káros behatásról, maga a biztonság is elveszíti mind

jelentőségét mind pedig értelmét, mivel nem létezik ellentétes állapot. Ezért úgy kell tekintenünk a biztonságos állapotra, mint egyfajta mágnesre, mely folyamatosan vonzza saját ellentétét. A vonzás, mint hatás jellemezhető nagyságával azonosan, mint a biztonság annak szintjével. Vagyis minél több ártalmas interakció ostromolja, befolyásolja a személyünket annak biztonsági szintje annál kedvezőtlenebb. Időben vizsgálva okfejtésemet a rendeltetésszerű működés mindösszesen egy állapot mely csak ideig óráig tart, vagyis tekinthetjük konstansnak. Azonban jelen állapot nem maradhat fenn a már előzőleg kifejtett okok miatt. Amint beigazolódik a veszély jelenléte időbeni folyamatosságát a biztonság elveszíti, ami egészen addig fennáll amíg káros hatások jelen vannak, tehát így tekinthetjük dinamikusan változóknak.

*Ebből kifolyólag a biztonság egy időben dinamikusan változó alapállapot melyet az alanyra ható negatív interakciókkal tudunk jellemezni. [1 pp.5]*

Jelen megfogalmazás már konkretizálja a biztonság alaptulajdonságát, viszont még nem tartalmazza magára a negatív hatásra adott választ. Jelen esetben az alany döntéshozatala az őket ért hatásra tetszőleges vizsgálatunk szempontjából érdektelen. Azonban a való életben természetesen ettől eltérő, nincs olyan személy, aki ne tenne akár még akaratlanul is, tudat alatt saját biztonsága érdekében megfelelő lépéseket. Így már pontosíthatjuk a fogalmat az alany ellenhatásával kiegészítve.

*A biztonság egy olyan alapállapot, amit az alanyra ható negatív hatásokkal, valamint az azokra adott, biztonságos állapotért tett ellenhatásokkal együttesen határozunk meg. [1 pp.6]*

Az alapállapotot minden eshetőség és minden definíció esetében az alany azon jellemzője, hogy az adott szituáció milyen mértékben veszélyezteti biztonság érzetét, azaz hogyan befolyásolja üzemszerű működését.

A második a megfogalmazás már konkretizálja a hatások, illetve ellenhatások érvényesülését az adott személyre. Azonban ezt még mindig nem tekinthetjük véglegesnek, mivel hiányzik; a hogyan? és a mi módon? kérdésekre adott válasz. Az elmúlt évszázadokara visszatekintve a történelemben a biztonság kissé lazább értelmezést nyert. Megvédhettük magunkat anélkül, hogy az bármiféle következménnyel járt volna. Napjaink civilizált társadalmában ezen állítás már nem állja meg a helyét. A biztonság

minden egyén alapvető kiváltsága lett, melyet az állam vagy adott kormányzat jogi, ezáltal szervezeti úton kíván érvényesíteni. Ezért immáron nincs lehetőségünk megvédeni biztonságunkat akár törvénytelen módon is. Ezzel az apró, de annál fontosabb kiegészítéssel kell a biztonság definícióját kiegészíteni, hogy eljussunk a végső megállapításhoz.

*A biztonság egy olyan alapállapot, amit az alanyra ható negatív hatásokkal, valamint a tudatosan elkövetett jogellenes viselkedéssel, és az azokra adott, biztonságos állapotért tett ellenhatásokkal együttesen határozunk meg. [1 pp. 6]*

A biztonság jelen definíciója adekvát módon kimeríti a teljesség igényét, így ezen megfogalmazás köré építem disszertációm további fejezeteit.

## **1.2 Energetikai biztonság**

Az energetikai biztonság, egy az adott országot érintő fontos ágazatokból. Számos oka van annak, hogy szinte valamennyi ország napirendjére tűzte az energetikai rendszerek védelmét. Az elmúlt néhány évtized bizonyos mértékben nyugalomba telt. Azonban elindult egy gazdasági folyamat, mely a fejlődő országokat érinti leginkább. Mint ahogy ismeretes a gyártás jelentős mértékű kiszervezése a nyugati országokból olyan lavinaszerű fejlődést idézett elő a fejlődő országokban, hogy állampolgárai életszínvonalának fejlődésének megtartása érdekében kénytelenek energiaigényük kielégítésére. Példaként tekintsük át a Föld két legnépesebb országát Kínát és Indiát. Mindkét ország olyan szintű fejlődésen ment keresztül, hogy a népességben belül egy új középosztály alakult ki. Ezen réteg számát tekintve nagyobb, mint a teljes európai lakosság. Egy ekkora volumenű embertömegnek tekintélyes mértékű az energiaigénye is. Amennyiben az energiaigény hasonló ütemben fokozódik az azt fogja eredményezni, hogy a Föld lakosságának a 2030-as évekre vonatkoztatott szükséglete közel 50%-kal magasabb lesz jelenkorunk szükségleteinél. Ehhez hozzátartozik még azon megfigyelésem is, hogy csak Indiában körülbelül a lakosság felének van lehetősége a villamos energia vételezésére. Még ennél is nagyobb azon energiafogyasztóknak a száma, akik az éghajlati adottságok vagy egyéb geopolitikai hatások folytán csak és kizárólag a hagyományos természeti kincsekre tudnak támaszkodni. Gondolok itt a fával, egyéb növényi és állati munkával előállított energiatermelésre. A biztonság definíciójának meghatározása során kitértem annak nehézségeire is, az energetikai biztonság esetében

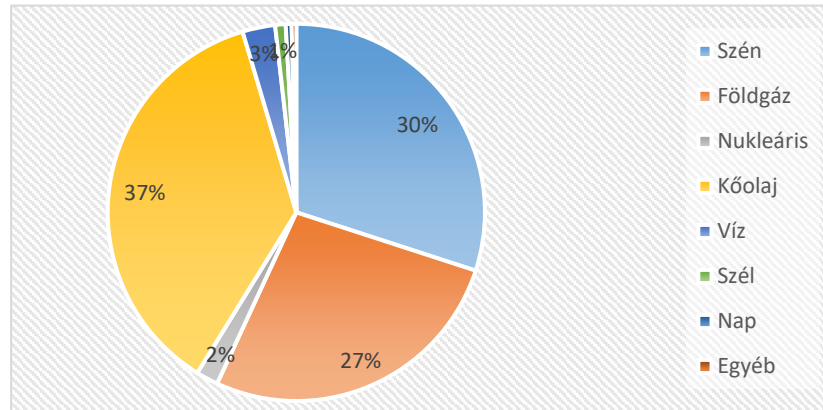


hasznos nehézségekbe ütközhetünk. Eltérő az elképzelése a biztonságról egy harmadik világban élő személynek, mint egy fejlett országban élő embertársának. A fejlődő országok esetében a fűtés a világítás vagy akár az ivóvíz ellátás is igényelt szükségletnek minősülhet míg egy fejlett országban ezen felsorolás alapvetőnek tekinthető. Az energetikai biztonság témaköre igen széles, nem lehet csak a felhasználókra vonatkoztatni. Számátlan területe van, mint például az import, export, vagy a tranzitországok érdekeinek érvényesülése, az ellátás biztonságának fenntartása érdekében valamennyi résztvevőt ki kell elégíteni a zavartalan üzem fenntartása érdekében. Az importőrök szempontjából a biztonságot a lehető legalacsonyabb árak melletti ellátás biztonság adja. Az exportőrök inkább a keresletre vonatkoztatott biztonságot keresik, mely hosszú távú és így jelentős mértékben tervezhetővé teszi egy ország költségvetését. Az exportálni képes országok esetében gyakran előfordul, hogy ellátási nehézségekkel küzdenek saját határaikon belül, mivel az energiahordozók egyenetlen eloszlása esetén az adott területen túlermelés alakulhat ki így nehezítve annak országon belüli értékesítését. [3]

Egy adott ország esetében az energetikai biztonságot két szempont jelenti:

- az első, hogy mekkora a saját határain belül felmerülő energiaigény,
- a második, hogy milyen energiaellátásra vonatkozó sebezhetőségek, zavarok jelentkezhetnek.

Mindkét esetben fontos megjegyezni, hogy az energiaigény kielégítésére két lehetőség kínálkozik, vagy helyben termelik meg, vagy az energiahordozó szállításával érik el annak kiegyenlítését. Két fő primer energia létezik melyek nem keverendők össze a primer energiahordozókkal. Az első az egyik legnagyobb mennyiségben előállított villamos energia, a másik az úgynevezett mozgó energia. Az energiahordozók jelentős mértékű átrendeződése ment végbe napjainkra. A kőolaj nagymértékű kiszorulása következett be immáron csak 36,6%-os a részesedése, míg a szén 30%-ot a földgáz 26,8%-ot a megújuló energiaforrások összesen 4,6%-ot tudhatnak magukénak míg a nukleáris energiahordozók mindösszesen 1,9%-kal képviseltetik magukat. Jelen eredmények napjaink állapotát tükrözik, ami nagy valószínűséggel az elkövetkezendő években nagymértékű változáson fog átmenni. Az alábbi diagram foglalja össze a világ villamos energia termelésének megoszlását a fosszilis és megújuló energiahordozók tükrében.[2]



1-1. ábra Energiahordozók százalékos megoszlása a villamos energiatermelésben

Másik esetben, az energiahordozónk egyértelműen a kőolaj, melynek fő felhasználási ágazata a szállítmányozás, közlekedés. Legfontosabb funkcióját az anyagok, termékek szabad áramlását teszi lehetővé a világ körül. Az elektromos autók valamint a tömegszállítás kizöldítése jelentős hatással lesz az üzletágra. Véleményem szerint jelentős lesz a százalékos megoszlás változása, mivel az elektromos autók a közeljövőben már nem közvetlenül ezen, hanem a villamos energiatermelés ágazatába fognak tartozni. Az energetikai biztonság üzemszerű működéséhez a következő feltételeket ismernünk kell:

- az energiahordozók és azok rendelkezésre állását,
- a fosszilis üzemanyag készleteket és megoszlásukat,
- a fosszilis üzemanyag készletek élettartamát,
- az energiaellátás lehetőségeit,
- az ellátás biztonságát,
- a kommunikációs csatornák biztosítását,
- a rendszer teljes felügyeletét,
- a hibakereső megoldásokat, melyekkel lerövidíthetők a hibahelyek feltárási ideje,
- a jogszabályoknak történő megfeleltethetőségeket.

### 1.3 Interdependencia a villamosenergetikai biztonságban, a hálózati üzembiztonság növelésének különböző aspektusai

A kölcsönös függés napjaink nagy korlátozó tényezője, az eltérő iparágak kontinentális mértékűvé fejlődött hálózatainak üzemszerű működtetése felügyeleti alrendszer nélkül megoldhatatlan. Így a villamosenergetikai ipar területe is érintett az interdependenciális probléma kérdéskörében. Üzemszerű működéséhez számos eltérő technológia szükségeltetik. Azonban ezen támogató területek villamos hálózatból történő ellátás

hiányában használhatatlanná válnak, tehát egyfajta kölcsönös függés alakul ki így közöttük. A kölcsönös függést miatt kialakult egymásra utaltság kérdéskörét a kritikus infrastruktúra rendszer tárgyalja, de személyes aspektusomból és a választott téma terület okán, jelen csoportosítás túlzottan bőséges a részletes kifejtéshez. Ezért szükségessé vált a területek redukálása, olyan méretekben, hogy azok közvetlen ráhatással legyenek a villamosenergetikai biztonságra. Példának okáért, nézőpontomból teljesen irreleváns az egészségügyi rendszer, valamint a villamos hálózat kapcsolata. Természetesen reverzibilis megközelítéssel élve elképzelhetetlen elektromos áram nélkül életet menteni, fenntartani. Egyértelműen a kritikus-infrastruktúra intézménye tartalmaz olyan területeket melyek elengedhetetlenek, de jelen mű keretein belül további területeket nem vizsgállok. A könnyebb átláthatóság miatt tekintsük át a következő függőségi ábrát. [4], [5]



1-2. ábra A villamosenergetikai biztonságot érintő területek az értekezés vonatkozásában

Az ábrából látható, hogy az üzembiztonságot helyeztem a középpontba, mivel a villamosenergetikai biztonságnak ezen tulajdonsága tekinthető alapvető fontosságúnak kutatásom szempontjából. A központi szerepet betöltő villamosenergetikai tulajdonságot támogató további területek tekintettel kiterjedésükre, elkülönült iparáganként kezelendők, melyek egymásra hatással vannak és kölcsönös függést mutatnak. Ezért fontosnak tartom a területek interdependenciakénti vizsgálatát. A későbbiekben rátérek az ellátás biztonságának növelésére a villamosenergetika, a megújuló energiaforrások, az infókommunikáció, valamint az elektromos kritikus infrastruktúra szemszögéből. Tehát megvizsgálom a kommunikáció, valamint az energetikai rendszer kölcsönös függését, amellett, hogy kutatom egy önálló betáplálással rendelkező mobil rendszer létrehozásának lehetőségét a mikrogrid hálózaton belül.

A nagy kiterjedésű hálózati rendszerek, mint a villamosenergetikai hálózat, biztonsági szempontból hatalmas kockázati tényezővel bír. Megsemmisülése vagy károsodása lévén olyan demoralizáló hatása lenne a lakosságra, hogy annak súlya kihatással lehet egy adott ország gazdaságára, valamint teljes kormányzatára. Nem véletlen tehát, hogy kritikus infrastruktúraként tekintünk rá. Számos nagy amerikai black-out következett már be a közelmúltban ezek közül, hogy néhányat megjegyezsek 1965-ben, valamint 2003-ban, illetve, hogy egy közelebbi dátumot említsek a 2006-os európai nagy rendszerszétesést. Minden korábbi esemény, legyen az emberi beavatkozás, (mely lehet szándékos, véletlen vagy mulasztásból adódó), illetve természetbeni, minden esetben egyetlen hálózati szemlélettel élve, egy apró momentumhoz köthető. Mely ezután lavinaszerűn dönti le a teljes rendszert, vagy annak adott részét, illetve részeit. Az energetikai rendszert felosztva kisebb önálló mikrogrideket képzünk, melyek képesek az autonóm működésre. Az apró okokból induló hatások immáron nem veszélyeztetik a teljes hálózatot, mivel a szigetek közvetlenül nem kapcsolódnak egymáshoz.

A jelenlegi európai rendszer egy többszörösen hurkolt villamosenergetikai hálózatot alkot, mely jelen formájában igen bonyolult képet mutat. Ebből kifolyólag a hálózatot egyszerűsíteni kell olyan módon, hogy átláthatóvá váljon, feltárva ezzel a fizikális kapcsolódási pontokat. Ehhez a gráfelméletet kell alkalmazni a teljes hálózatra. Viszont ezen megoldás továbbra is egy átláthatatlan kapcsolódási halmazt alkotna. Ezért a leképezést feszültség szintenként kell értelmezni. Vagyis létre kell hozni egy Európára vonatkoztatott nemzetközi elosztóhálózaton alapuló gráfot, ebből leszarmaztatva az adott ország, esetünkben Magyarország alaphálózatát, majd ebből a főelosztó hálózatot, az elosztó hálózatot, valamint a középfeszültségű alhálózatot eljutva egészen egy többszintes lakóépület blokk független ellátásáig. [6], [7]

### **1.3.1 Az interkontinentális hálózat leképezése gráfhálózattal**

A mikrogrid rendszer logikai felépítésének első fázisában a teljes Európai, az Észak-Afrikai régiót, valamint keleti országokra vonatkoztatott elektromos hálózatot feltérképeztem. A teljes rendszer leképezése annak sokszínűsége és területi egyenetlenségei miatt a gráfelméletet választottam. Mely kellőképp pontos képet ad a hálózati kapcsolatok fizikai összeköttetések megvalósításáról. A teljes kapcsolati hálózat megadása egy igen hosszadalmas időintervallumot ölelne fel, valamint ez esetben szükségtelen. Az elvégzéséhez a felső rétegektől a legalsó felé haladva határozom meg a sziget létrehozásának lehetőségét. Az interkontinentális hálózatot a rendelkezésre álló adatok alapján 62 ország függvényében ábrázoltam. A rendszer elemeit úgy választottam

meg, hogy a gráf csomópontjai az országok az élei pedig a kapcsolatot jelentő távvezeték feszültség specifikus rendszerei. Jelen témakör szempontjából az országokon belüli ábrázolás, valamint a kapcsolatok vizsgálata irreleváns, így azokat mellőzve kizárólag a határokon átívelő kapcsolódásokat vizsgáltam meg. Az ábrázoláshoz hagyományos gráf felállítását elvettem, mivel az nem mutatja meg a kapcsolatokra vonatkoztatott súlyozás mértékét, így téves, nem kielégítő megoldást adna. Ebből kifolyólag az ábrázolt rendszer nem csak a kapcsolatokat mutatja, hanem az összeköttetéseket súlyozva a gráf élei megjelenítik az egymáshoz viszonyított szabványos feszültség szintek nagyságát is. A súlyozás alapját a következő táblázat írja le. [8]

<b>Távvezeték feszültség szintje</b>	<b>A feszültség szintre vonatkoztatott súlyozás</b>
750KV	0,68
500KV	0,45
380-400KV	0,363
300-330KV	0,3
220KV	0,2
132-150KV	0,136
110KV	0,1

*1-1. táblázat A távvezetési hálózat súlyozási rendszere*

A súlyozás megválasztásánál a legfontosabb szempont a gráf áttekinthetősége volt. Ugyanis a súlyozás és majd a későbbiekben látható gráf éleinek szemléletes ábrázolása a vonalak vastagságától tettem függővé, azonban az ábrázolás nem érte el a kívánt hatást. Így kizárólag a súlyokból, valamint a feszültség szintekből származtatott summázott értékeket tüntettem fel az ábrázolás során. Szükségességét azon okból tartottam nélkülözhetetlennek, hogy a nagy villamosenergiahozamot termelő országok kapcsolódásai is könnyedén leolvashatók legyenek. Ugyanakkor a táblázatomból az is szintén leszűrhető, hogy elsősorban a távvezetési hálózatot, valamint annak feszültség szintjével jellemzem, nem pedig annak terhelhetőségével, illetve az átvihető teljesítményével. Ennek indoklása rendkívül egyszerű, ugyanis a távvezetési feszültség szintek adott nyomvonalon konstansnak tekinthetők, míg a fogyasztói igényekből kifolyólag az aktuális teljesítmény számossága dinamikusan változhat. A kapcsolódási hálózat megjelenítésében az AT&T kutatólaboratórium által fejlesztett grafikai programot a Graphviz 2.38-as verzióját alkalmaztam, melyet külön az erre írt DOT nyelven lehet programozni. [9] Az ábrázolási módszer kiválasztásánál fontos szerepet

játszott, hogy jelen szoftver rendkívül jól használható, ugyanakkor a programkönyvtára rendkívül sokoldalú, hatalmas szabadságot adva ezzel a programozó kezébe. A kérdéses hálózati topológiát két ábrázolási módszerrel is megoldottam. [10]

Első esetben a teljes hálózati kapcsolatokat tekintettem át. Vagyis a különböző villamosfeszültség szinteket nem választottam külön, azok summázva jelennek meg a gráf éleit adva. Az így megvalósított rendszer elsősorban a nemzetek teljes, egyben vizsgált egymáshoz viszonyított villamos hálózatát adja meg. Így vizualizálva azon résztvevőket, melyek magasabb prioritással rendelkeznek a teljes ENTSO-E szervezetén belül. A második esetben az erőfőlényeket félretéve, vizsgálatom a különböző feszültség szintenkénti gráf hálózatra irányult. A vizsgálatom rámutat arra, hogy hogyan épül fel a teljes energetikai hálózat az apróbb eltérő alhálózatoknak hála. Ezen alrendszerek melyek egyértelműen a különböző feszültség szintekre vezethetők vissza szűkebb értelemben önállóan tekinthetők, azonban azt nem felejthetjük el, hogy ezen topológiák egymással kizárólag interdependenciában létezhetnek. Ez azzal magyarázható, hogy a vizsgált interkontinentális rendszer hierarchikus felépítésű. És mint sok ilyen rendszer a szintek egymástól elkülönülnek, viszont egymás nélkül nem képesek üzemszerűen üzemelni. A magasabb szinten levő nagyfeszültségű hálózatok nélkül az alacsonyabb hozzárendelt feszültség szintűek nem működhetnek ahogy az alacsonyabb névleges feszültségű hálózatok sem üzemképesek a magasabban elhelyezkedőktől, de a fogyasztó szemszögéből tekintve ez semmilyen formában nem különbözik a korábbi eshetőségtől.

### **1.3.2 A magyarországi rendszer leképezése**

Az interkontinentális hálózat leképezése a végtelenségig nem bontható, mivel a teljes leképezés akár éveket is igénybe vehet, mindazonáltal, hogy feladatom elsősorban a magyarországi rendszerre terjed ki. Így a már korábban megismert módszert alkalmazva a VER-re, megkaphatjuk annak gráfját. Mivel egy olyan hálózati részről beszélünk, mely részét képezi az európai rendszernek, a két gráf közötti átjárhatóságot meg kell hagyni. Nem szorítkozhatok csak az országon belüli leképezésre. Ezt a legegyszerűbben a külső, hazánkon kívüli kapcsolódási pontok bevonásával tudom megvalósítani. Így immáron az interkontinentális rendszer részét képezi a magyarországi VER-re vonatkoztatott gráf is. A leképezés azonos az eddig tárgyalthoz, azzal a különbséggel, hogy ebben az esetben a rendszer csúcsait azon városok, illetve helyiségek képezik melyekben az adott feszültség szintre vonatkoztatott állomás, alállomás található, illetve villamosenergiát előállító objektum található. Ebben az esetben egyetlen gráf felállítását vázolom fel. A topológia a teljes feszültség szintekhez rendelt súlyozással mutatja be a kapcsolódást. Így

megfigyelhető egyfajta tranzit csatorna országon belül is. Mely elsősorban Közép-Magyarország – Ukrajna, valamint Nyugat-Magyarország – Észak-nyugat Európai irányultságú. A VER-re vonatkoztatott gráf a teljes hierarchikus rendszert mutatja be a 750KV-os, a 400KV-os, a 220KV-os nagyfeszültségű távvezetési hálózat kapcsolódásával, olyan módon, hogy a színjelölések, illetve súlyozásuk szerint könnyebben áttekinthetők legyenek. A 120KV-os távvezetési hálózat is a NAF hálózatok közé sorolandó, azonban kiterjedése olyan bonyolultságú, hogy a gráfot átláthatatlanná tenné, így bevezetését később a megfelelő áramszolgáltatási területre vonatkoztatva fogom megadni.

Az így kapott gráf hálózatok jól szemléltetik a villamos energetikai rendszerünk kapcsolódásait. Azonban a teljes ellátottság eléréséhez tovább kell haladni a hálózat feltérképezésében. Ahogy minél részletesebben mutatom be a villamosenergetikai rendszert úgy kerülnek előtérbe a már ismertetett alhálózatokhoz kapcsolódó vonali feszültségek. Ezen okból kifolyólag a súlyozási rendszert is módosítani kell, a fennálló rendszerhez. Mivel közvetlenül nem kapcsolódhatnak egymáshoz, mégis egy egységként kell rá tekinteni, így a már meglévő súlyozási rendszert kell tovább bővítenünk a korábbiak figyelembevételével. A következő táblázat a 120KV-os vonali feszültséggel bővíti a súlyozási rendszert.

<b>Távvezeték feszültség szintje</b>	<b>A feszültség szintre vonatkoztatott súlyozás</b>
120KV	0,11

*1-2. táblázat: A 120kV-os átviteli hálózat súlyozása*

A nagyfeszültségű hálózat az energetikai rendszer gerincét adja. Komoly szerepe van a nemzetközi, az országos, valamint a főelosztó hálózat üzemszerű működésében. Az ismertetésből a 120KV-os feszültség szintet a korábbi ábrázolási problémákra hivatkozva kihagytam, azonban szerepe semmiképp sem elhanyagolandó. Ahhoz, hogy megértsük szerepét a VER-ben, kiterjedését egy áramszolgáltatóra vonatkoztatva adom meg. A teljes országra vonatkoztatott 120KV-os rendszer leképezése kutatásom szempontjából szükségtelen, így egy kisebb területre vonatkoztatva mutatom be értelmezésemet.

Ennek alapján a hálózat további területeire is átültethető. A jelenleg fennálló rendszert a következő áramszolgáltatók fedik le:

- ELMÜ
- ELMÜ-ÉMÁSZ
- EON-EED

- EON-EDE
- EON-ETI
- EDF-DÉMÁSZ

Az áramszolgáltatási területek közül az ELMŰ hálózatra támaszkodom. Így a harmadik gráf csoportot a magyarországi már korábban ismertetett VER-gráf 120KV-os vonali feszültséggel kibővített ábrázolásával az ELMŰ területére vázolom fel.

Azonban azt le kell szögezni, hogy a nagy ipari, valamint a fogyasztói csoportokkal a közepfeszültségű hálózat teremt kapcsolatot. A következő gráfok megalkotása, tehát a KÖF hálózat kiterjedését, valamint kapcsolódási szintjeit hivatott leírni. A közepfeszültségű hálózat vázát a következő táblázatban ismertetett feszültség szintek adják, melyeket így további súlyozással láttam és vettem fel a már meglévő rendszerbe.

Közepfeszültségű távvezetékek feszültség szintjei	A feszültség szintre vonatkoztatott súlyozás
35KV	0,031
20KV	0,0182
10KV	0,009

1-3. táblázat: A közepfeszültségű alhálózat súlyozása

A közepfeszültségű hálózat feltérképezésével lehetőség nyílik a fogyasztói, valamint a táplálási rendszer összekapcsolására. Ezáltal felépíthető a teljes erőműi rendszer, valamint transzformátor állomások kapcsolókertjei és a nagyobb települések, városok, gyárak közötti összeköttetés. Tehát a gráf pontjaiban az elosztás alapeszközei, éleiben pedig a közepfeszültségű 10KV-os vezetékek jelennek meg. Az energiaegyensúly felállításához fel kell venni az átlagos polgári fogyasztásra jellemző adatokat. Az így nyert információ és a fizikális kapcsolatok kettőséből meghatározható azon mikrogrid alrendszer kiterjedése mely a villamosenergiahálózattól függetlenül is üzemképes és produktív black-out alatt.

#### **1.4 A magyarországi fogyasztói szokások vizsgálata, valamint kiértékelése empirikus módszerrel**

A fogyasztási szokásokra jellemző, hogy két csúcsos terhelési görbeként jeleníthető meg, melyek a reggeli, valamint az esti időszakban mutatnak leginkább dinamikus változást. A tendencia természetesen évszakonkénti lebontásban is megmutatkozik. Ezen koordináta rendszerben ábrázolt eredmények hosszú fejlődés, éghajlat, valamint életszínvonal változás következményei. Eltérő tanulmányokban számos fogyasztási



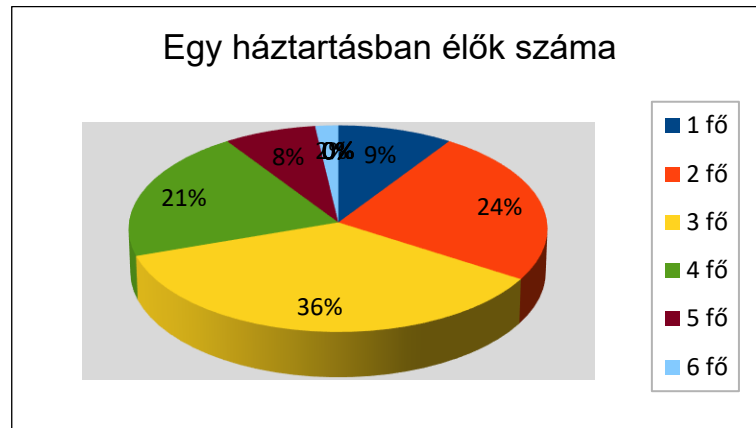
szokásokat vizsgáló, értékelő eredményt találtam, de ezek mindegyike kivétel nélkül elavult vagy hiányosnak tekinthető. Így összeállítottam egy saját, friss trendek alapján készült kérdőívet és ezt ismertségi körömben szétosztva vizsgáltam napjaink szokásait. A kérdéssor természetesen a függelék részben megtalálható. Az következő fejezet során jelen kérdőívet értékelem ki matematikai és statisztikai módszerekkel, így meghatározok egy az átlagos polgári fogyasztásra jellemző átlagértéket. Ezen átlag szükséges a sziget kiterjedésének felvázolásához.

#### **1.4.1 Fogyasztói szokások kiértékelése**

A fogyasztói szokások kiértékeléséhez egy 27 kérdésből álló kérdőívet állítottam össze. Az igény felmérő részletesen kitér az egyes háztartásokon belül használatos elektromos eszközök által generált villamos teljesítmény igényekre. A még pontosabb eredmények eléréséhez vásároltam néhány fogyasztásmérő eszközt, hogy ezzel megkönnyítsem a válaszadók dolgát, ha esetleg bizonytalanok lennének a visszajelzéssel kapcsolatban. A méréseket, illetve kérdőíveket 2018. március 1 és 2019. március 1, között vizsgáltam. A kiszabott intervallum pontosan egy évet fed le, így megvizsgálhattam valamennyi hónap fogyasztási adatait. A válaszadók változó aktivitással szolgáltatott információkat. Az így összegyűlt kérdőívek számszerűsítve 58 melyből mindösszesen 53-at sikerült szabályosan, hiánytalanul kitölteni. A kérdéskör kiterjed az együtt élők létszámára, a világítási rendszerek típusára, valamint a használat gyakoriságára. Az elektromos eszközök terén, helyiségenként, illetve szerepük szerinti lebontásban azonosítottam és tettem fel kérdéseimet az igénybevétel és annak gyakoriságára vonatkoztatva. A kérdéskör végére a megújuló energiaforrásokra, valamint a zöld közlekedésre, helyeztem a hangsúlyt, így vizsgálva ezen eszközök felhasználását. Mivel jelen technológiák még sajnálatos módon hazánkban kevésbé állnak rendelkezésre, illetve költségeik miatt csak a társadalom bizonyos rétegei engedhetik meg maguknak, így ezen kérdéskört mindösszesen néhány kérdés erejéig fejtettem ki. Nyilvánvalóan a felhasználási adatok jelentős mértékben függenek az adott háztartás jellegétől, valamint országunkban betöltött szerepétől, elhelyezkedésétől. Gondolok itt a környező munkahelyek számára és annak gazdasági helyzetére ezen keresztül a munkavállalók által megszerezhető anyagi forrásokra. A felmérést Budapesten végeztem. A kiértékelés a feltett kérdés jellegétől függően matematikai és statisztikai módszerekkel készültek.

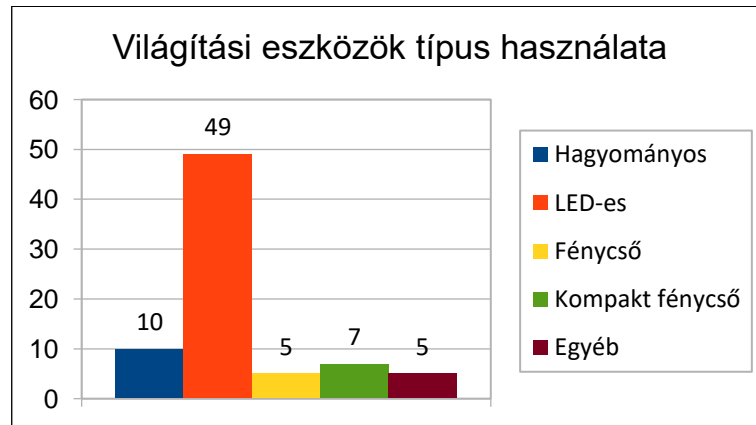
A válaszadók között megtalálhatóak egyedülálló, kis- és nagycsaládos háztartások is. Az első kérdésre adott válaszok alapján a következő diagram állítható fel, ahol, a nagycsaládosok nem egész mint 9,5%-ban a kis- és közepes méretű családok 56,5%-ban,

az idősek vagy gyermektelen családok 24,5%-ban, az egyedülállók pedig közel 9,5%-ban vettek részt.



1-2. ábra A háztartások személyenkénti megoszlása

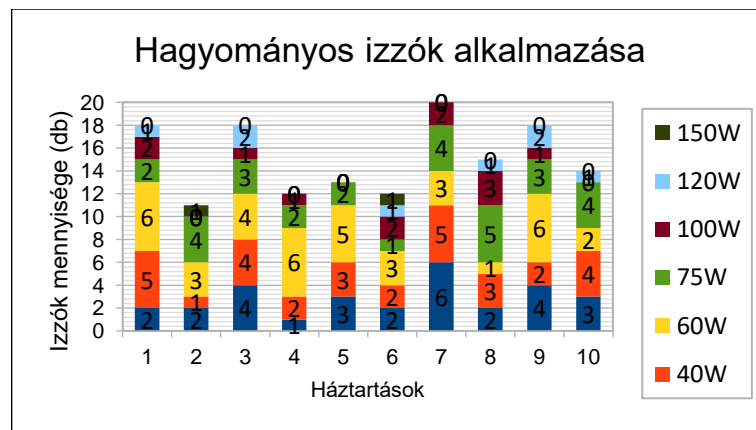
Ezek alapján megfigyelhető, hogy a válaszadók a társadalom, valamint az életkor széles rétegeit képviselik. A következő néhány kérdés a világítási rendszerekkel azok korszerűségével kapcsolatos. A fokozatos fejlesztéseknek hála, ebből következetesen a csökkenő árak, a hagyományos termékeket lassan, de biztosan kiszorítják a piacról és helyébe a LED-es fényforrások kerülnek. Ezen meglátásomat az alábbi ábra is alátámasztja.



1-3. ábra Világítási eszközök felhasználásának adatai

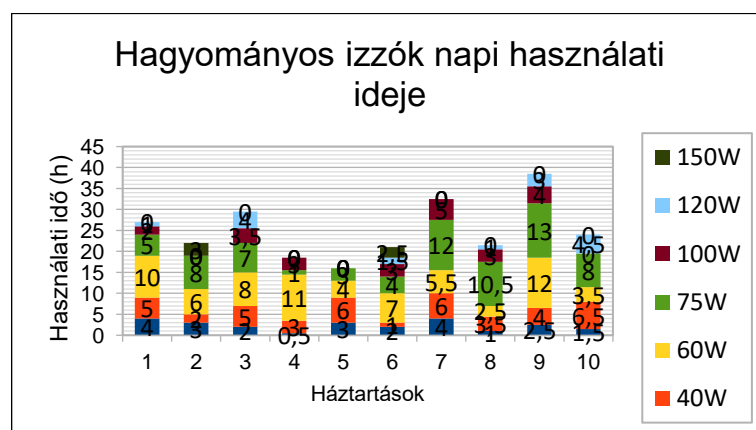
A hagyományos izzókat a megkérdezett háztartások kevesebb mint ötöde részesíti előnyben, javarészt az idősebb korosztály ragaszkodik ezen eszközökhöz. Azonban már közöttük is megfigyelhető a LED-es áramforrásokra történő átállás lehetősége. A kereskedelmi hálózatok nem forgalmazznak 2009-óta Wolfram szálas izzókat, valamint a halogén fényforrásokat is a 2018-as évvel elkezdték kivonni a forgalomból. Helyüket a kompakt fénycsövek vagy LED-es fényforrások töltik be. Ebből kifolyólag az idősebb korosztály is kénytelen az energiatakarékos megvilágítás felé fordulni. Az ábrából kitűnik, hogy a leginkább használatban levő típus nem más, mint a LED, ez néhány

kivételtől eltekintve valamennyi háztartásban, valamilyen mennyiségben elérhető. A fénycsövek, valamint csoportjai is a kifutó technológiák közé sorolható, mivel erősen vibráló fénye nagyban fárasztja a szemet. A rendelkezésre állásról nem is beszélve, mivel jelentős azon időintervallum, ami alatt elkezd fényt kibocsájtani. A válaszadók csupán kis csoportja alkalmazza még a két fénycső típust, elmondásuk alapján, a meghibásodásra várnak. A csere kimenetele egyértelműen a félvezetős technológia felé fogja a mérleg nyelvét billenteni. Az egyéb kategóriába inkább a vészhelyzetre tartogatott fényforrásokat soroltam, mint például: viharlámpák, petróleumlámpák, tölthető LED-es fényforrások. Nem képezik fontos részét a mindennapi felhasználásnak. [11], [12], [13]



1-4. ábra Wolfram szál izzó háztartásonkénti alkalmazása

A fenti ábrából leolvashatók a háztartásonkénti izzók darabszámait a teljesítményük függvényében. A lenti ábrán a hagyományos izzókat használó háztartások átlagos napi felhasználási idejének összegzett diagramja látható teljesítmény szintenkénti lebontásban. Sajnálatos módon a hagyományos izzók felhasználási szokásai jelenleg már csak korlátozottan vizsgálhatók, mivel a fentebb említett uniós direktívák nem engedik a termékek további értékesítését. Ami így redukált felhasználó csoportot eredményezett, ezért azt csak egy tíz elemből álló diagramon tudom bemutatni. [11], [12], [13]



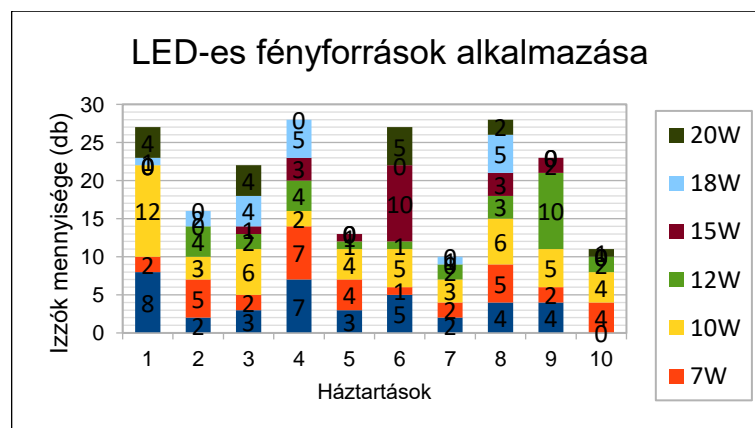
1-5. ábra: A hagyományos izzók háztartásonkénti alkalmazási ideje

A további fényforrások tárgyalásától eltekintek, mivel azok olyan csekély mértékben járultak hozzá a fogyasztási adatok befolyásolásához, hogy azok számottevő változást abban nem eredményeznek. Felhasználási területük olyan mértékre korlátozódott, hogy kizárólag műhelyekben, valamint kültéri területeken alkalmazzák ezen fényforrásokat. A LED-es eszközök térhódítása megkérdőjelezhetetlen, felhasználási szokásaikat a következő ábrák szemléltetik. A kérdőívben megadott teljesítményű fényforrásokat az áruházakban, valamint a kereskedelmi forgalomban könnyen elérhető termékekre vonatkoztatva gyűjtöttem össze. Az ettől eltérő esetekre létrehoztam egy egyéb kategóriát, azonban a válaszadók kizárólag a felsorolt tételekből választották ki sajátjaikat. Ez azon egyszerű okból kifolyólag volt valószínűsíthető, hogy a gyártók a már korábban forgalmazott hagyományos izzók helyettesítőjeként is megadták a LED-es fényforrások paramétereit. A következő táblázat a két technológia helyettesíthetőségét mutatja be.

<b>Hagyományos fényforrások</b>	25W	45W	60W	75W	90W	100W	120W
<b>LED-es fényforrások</b>	5W	7W	10W	12W	15W	18W	20W

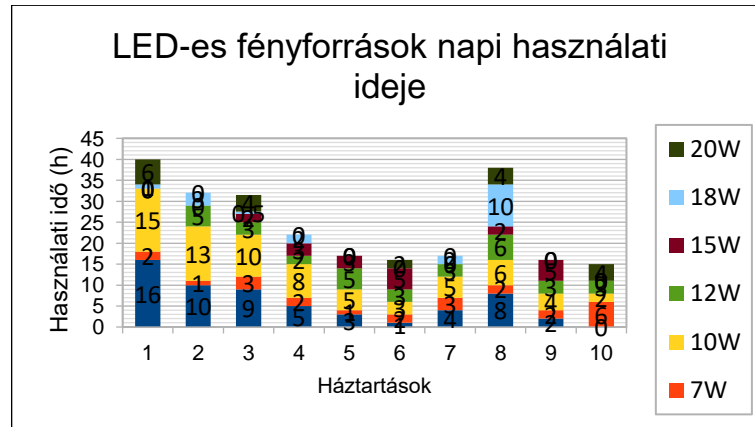
1-4. táblázat: A LED-es, valamint hagyományos izzók teljesítmény megoszlásai

Mivel ettől eltérően számos egyéb típus beszerezhető, a különböző foglalatokon keresztül a dizájn, valamint a teljesítmény viszonylataiban, létrehoztam egy „Egyéb” kategóriát is. Ebbe beletartozik, minden olyan fényforrás melyek a korábbi csoportokba be nem sorolható. Azonban a válaszadók nem adtak részemre olyan információt, melyből ezen kategória feltölthető lenne adatokkal, csak és kizárólag a feltüntetett paraméterű izzókra adták le voksukat. [6], [7], [8]



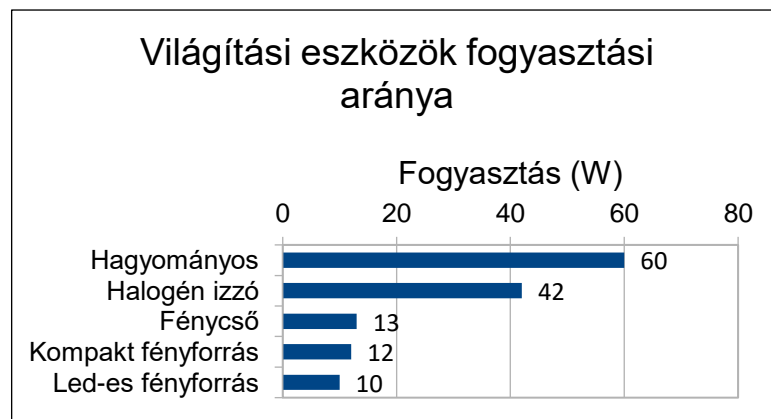
1-6. ábra: LED-es fényforrások felhasználása

Az elemzés során szintén egy tíz elemből álló csoportot vettem alapul, melyben megtalálhatóak vegyesen a különböző méretű, alapterületű lakások, valamint lakóépületek. Így a felső ábrán látható diagramot vettem fel, melyről általánosságban elmondható, hogy az elemszám 10 és 27 közé esik, vagyis négyzetméterenként 0,2 darab izzó szükséges a megfelelő megvilágítás eléréséhez.



1-7. ábra: LED-es fényforrások használatának ideje

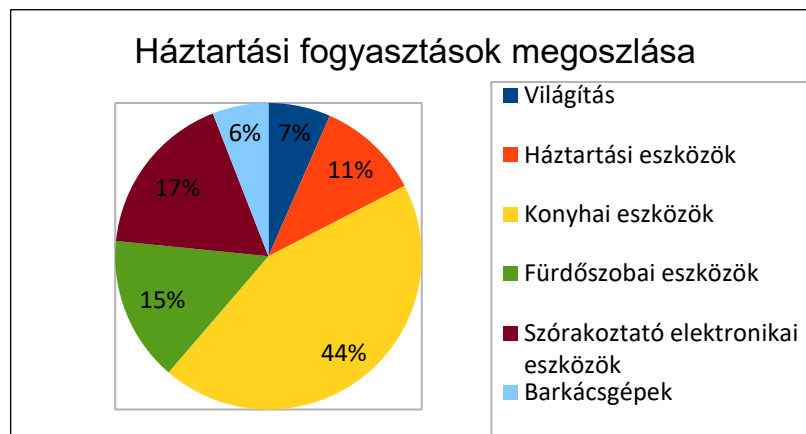
A használati idővel kapcsolatban a következő kijelentés szögezhető le, napi szinten az eredményeim alapján a 40, illetve a 17 óra közötti idő használati idő számolható fel. Ez abból adódik, hogy párhuzamosan több világítóttest is üzemben lehet az adott helységben. A kiértékelt és összegzett fogyasztási adatokból, melyek a világítási szokásokra vonatkoznak, leszűrhető, hogy azonos megvilágítás mellett, ahol egy egységnyinek tekintünk egy 60W-os hagyományos Wolfram szálaz izzót, mely megközelítőleg 800 Lumen fényáramot biztosít a további fényforrások jóval kedvezőbb teljesítményfelvétel mellett azonos megvilágítást biztosítanak. [11], [12], [13]



1-8. ábra: Az eltérő technológián alapuló világítási eszközök fogyasztása

A fenti ábra jól szemlélteti azt a fejlődési tendenciát, mely töredék teljesítmény mellett közel azonos vagy jobb fényárammal rendelkező fényforrásokat eredményezett. Az eddig

tárgyalt eszközök a teljes fogyasztási szokás közel 19%-át adják, alkalmazásuk, valamint a helyes technológia megválasztása fontos és egyben környezetkímélő hatású is lehet. A következőkben a hazatartás körül fellelhető gépeket és azok alkalmazását, szokásait vizsgálom. Ezen eszközök fogják a teljes fogyasztás gerincét adni. A kérdőíven több kérdésen keresztül azokat lebontva munkafolyamatokra, valamint helységekre, vizsgálom azok teljesítménybeni viszonyait. Mivel azonban a csoportosítás terén jóval szerteágazóbb folyamatokat fednek le, mint az eddig ismerttetett világítási források, ezért ezen eszközöket egyben vizsgálom, feltárva ezzel a teljes fogyasztásban betöltött szerepüket. A következő ábrán a teljes fogyasztás kördiagramját, valamint az egyes típusokba sorolt eszközöket, valamint a már említett fényforrások részesedését mutatom be a teljes fogyasztásra vonatkoztatva. Vagyis, hogy milyen arányban járulnak hozzá fogyasztási szokásainkhoz.



1-9. ábra: Háztartási eszközök fogyasztási megoszlása

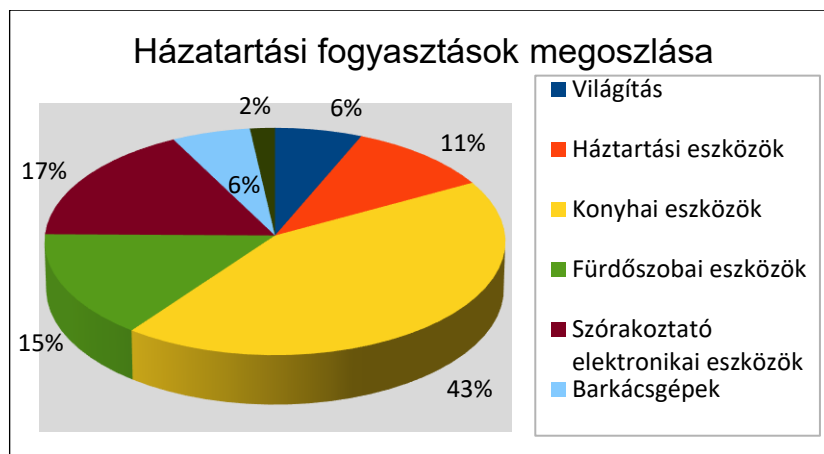
Az árából jól leolvasható, a konyhai eszközök vezető szerepe a fogyasztásban, mivel a legtöbb, valamint a legnagyobb teljesítményű berendezések is ezen a területen találhatóak meg. Ebbe a kategóriába soroltam a hűtéssel kapcsolatos eszközöket, melyek jelentős teljesítményfelvétellel csekély hatásfok mellett tartják hidegen ételünket az év bármely időszakában. Ezt követi a szórakoztató elektronikai eszközök csoportja, ahol a túlnyomó felhasználást az audiovizuális eszközök adják. Manapság háztartásonként azon belül a lakóhelyiségenként képmegjelenítők, valamint audió eszközök megléte általánosnak nevezhető. Ezt követik a világítási eszközök, melyeket már ismerttettem. A tíz százalék alatti fogyasztási rátával rendelkező berendezések vagy felhasználás, vagy redukált felhasználással rendelkező termékek lehetnek, melyek alkalmazása nem közvetlenül képezi részét a napi rutinnak. Az utolsó barkácsgépek kategóriát inkább csak teljesség igénye miatt hoztam létre. Ugyan nem elhanyagolandó eszközökről van szó, de létjogosultságuk inkább csak vidéken mutatkozik meg, városban kevésbé jellemző, mind

a hely hiánya mind pedig a szakemberek gyakorisága okán. Így a fogyasztás teljes mértékben feltárhatóvá vált. Azonban egy fontos tényező még hiányzik az alapos elemzéshez. A 21-századi elektronikai eszközök egyik velejárója a folyamatos rendelkezésre állás, még akkor is, ha huzamosabb ideig nem használjuk azt. Ez abban mutatkozik meg, hogy egy eszközt felébreszthetünk távvezérlőjével, vagy vezeték nélküli eszközzel, ehhez nincs másra szüksége csak folyamatos áramellátásra, ami az elektronika egy részét bekapcsolva tartja. Ebben az esetben folyamatos energiafelhasználásról beszélhetünk, még ha ez töredéke is mint a tényleges, számolnunk kell vele. Ez nem más, mint a Standby teljesítmény. Ami a jelenlegi irányelvek szerint nem lehet több mint 0,5W, ez az a teljesítmény, amit az eszköz készenléti üzemmódban felvesz, tehát mindig mikor nincs használatban, de a hálózatra csatlakozik. Ezen érték egy 2008-as uniós direktíva alapján került elfogadásra, amivel a gyártókat kötelezték ezek betartására. Azonban azt le kell szögezni, hogy ez a jelenlegi 2008 óta gyártott szórakoztató elektronikai eszközökre vonatkozik. A korábbi termékek esetén ennél jóval magasabb energiafelhasználás is megengedett volt. A kérdőívek áttekintése közben találok olyan eszközökkel melyek standby módban 6,5W-ot fogyasztottak. A következő táblázatban a válaszadók által mért készenléti teljesítményeket adom meg, melyek ugyan nagy energiafelhasználási viszonyokat nem adnak, de 7/24-es rendelkezésre állás mellett már nem elhanyagolandó fogyasztást mutatnak.

<b>Eszközök</b>	<b>Konyhai eszközök</b>	<b>Hálózati eszközök</b>	<b>Informatikai eszközök</b>	<b>Szórakoztató elektronikai eszközök</b>
Standby fogyasztás	0,5W-3W	0,5W	0,5W-6,5W	0,5W-15W
30/7/24-es fogyasztás	0,36KW/h-2,1KW/h	0,36KW/h	360W/h-4,68KW/h	0,36KW/h-10,8KW/h

*1-5. táblázat: Általános háztartási eszközök standby fogyasztási adatai*

A táblázatomból látható, hogy a készenléti üzemmódban álló eszközök egy 30 napos hónappal számolva is tetemes fogyasztást generálnak. Egy átlagos háztartás esetén ez az arány a teljes havi villamosenergiafogyasztás akár a 1-2%-a is lehet. Ami a teljes éves kvóta 10-20%-át jelentheti. Tehát a fogyasztási eredmények alapján még ezen adatokkal is számolni kell, ami a már korábban vázolt diagramot a következők szerint módosítja.



1-10. ábra Standby fogyasztással bővített háztartási villamosenergia mérleg

A fogyasztási szokások valamennyi paramétere így rendelkezésre áll ahhoz, hogy meghatározhassam egy átlagos magyar háztartás villamos energia igényét. Ami így számszerűsítve a következők szerint oszlik meg.

Barkácsgépek	15,8KW/h/30nap
Fürdőszobai eszközök átlagos fogyasztása	40,8KW/h/30nap
Házartási eszközök	28,97KW/h/30nap
Konyhai eszközök	117,2KW/h/30nap
Szórakoztató elektronikai eszközök	46,7KW/h/30nap
Világítás	17,5KW/h/30nap
+ Standby fogyasztás	5KW/h/30nap
<b>Szumma</b>	<b>271,97KW/h/30nap</b>
Éves átlagos fogyasztás	3,3MW/h/év

Az átlagos éves fogyasztási adattal már tovább értelmezhető hipotézisem, ahol így meghatározhatóvá vált a szükségáramforrás köré csoportosítható felhasználók teljes fogyasztási adatai.

### Összefoglalás

A jelenlegi társadalmi struktúrák sokszínűségéből adódóan a biztonság kérdése napjainkra halmozottan felértékelődött. Szubjektivitása egyén, társadalmi és a társadalomban betöltött szereptől függ. Azonban kijelenthető, hogy megléte kulcsfontosságú. Ez nem kizárólagosan a biztonság fogalmára igaz, hanem bármely műszaki, technológiai stb. területre is mely rendelkezik az utóbbi fogalommal kapcsolatos olyan üzemállapottal mely normál konzisztenciának tekinthető. A jelenleg fennálló



társadalmi rendszert több ilyen, műszaki, gazdasági terület jellemzi, melyek együttesen a kritikus infrastruktúra rendszerét alkotják, a jelenlegi szóhasználatban nemzeti létfontosságú rendszerelemekként utalnak rá. Jelen területek biztonságának megőrzése alapvető a társadalom morális szintjének konstans értéken tartásához.

Az energetika területe egy létfontosságú rendszerelemek közül. Számos egyéb szektorral rendelkezik, melyek az adott területen belül és más ágakkal is szoros kooperációban interdependenciában képesek csak a biztonságos üzemállapot fenntartására. A jelenleg fennálló rendszer a teljes európai hálózatra tekintve decentralizált struktúrával jellemezhető. Ennek oka az országok villamosenergiatermelésének kooperációjában keresendő, mivel az így képzett tartalékok, stabilabb és olcsóbb termelést tesznek lehetővé. Az energiahordozókban szegény országok, ilyen módon esélyt kapnak a villamosenergia vételezésre. Ahhoz, hogy a rendszer tartós üzemállapota fennmaradjon a termelést szabályozni és irányítani kell. Ennek megfelelően létrehoztak egy szervezetet az ENTSO-E személyében, akik ezen feladatot ellátják.

A rendszer felépítésének, és a szigetüzem kialakításának egyik legfontosabb alapja a jelenleg fennálló hálózat vizsgálata. Azonban összetettsége kizárólagosan matematikai közelítő modellekkel írható le. Tehát a szigetüzem felállításához szükséges azon ellátási terület kijelölése mely minimális KIF hálózat módosítással megvalósítható. Ezért felvettem a teljes rendszerre annak gráf-hálózatú modelljét, melyet fokozatosan közelítettem a KÖF/KIF határához, ahol az elrendezés megvalósíthatóvá vált.

A szigetüzemű rendszer kialakítása így megvalósítható vált, azonban a tervezési fázis előtt szükséges a termelési, valamint a felhasználási oldal igényeinek feltárása. Ennek megfelelően szükségessé vált a fogyasztás meghatározása. Ehhez egy kérdőívet készítettem és értékeltem ki empirikus módszerekkel, így meghatározva egy olyan konstans értéket, melyből számolhatóvá vált a mikrogrid rendszer által biztosítható degradált villamosenergia szolgáltatás mértéke

## 2 A MIKROGRID KIALAKÍTÁSA

A közepesfeszültségű hálózatra támaszkodva kijelölhetővé válik helyrajzi szám alapján a lakóépülettömbök betáplálási útvonala ezáltal black-out esetén fizikálisan is leválaszthatók a villamos hálózatról a kábelhálózat módosítása nélkül. Ezért szükséges azon objektum kijelölése mely megfelel ezen kritériumoknak.

A budapesti régió lefedésére több fővárosi kiserőmű is szolgáltat villamosenergiát, így feloszthatjuk azt:

- Észak-Budai
- Dél-Budai
- Észak-Pesti
- Dél-Pesti
- Csepeli régiókra.

Ezen területeken minden esetben megtalálható energiatermelő objektum, melyek a következők a felsorolásban szereplő létesítményeket azonos sorban jelölöm, mint a korábbi területi egységeket:

- MVM Észak-Budai Fűtőerőmű
- Kelenföldi Erőmű
- Újpesti Erőmű
- Kispesti Erőmű
- Csepeli Erőművek

Kutatásom során a dél-budai régió 10KV-os hálózati rendszerét állítottam fókuszpontba. A korábban felvázolt gráf alapú hálózati leképezés jelentős támpontot nyújt a sziget kialakításához. A budai alsó kvadráns több transzformátor házon keresztül jut villamosenergiához, ezek az:

- albertfalvai
- lágymányosi
- kelenföldi állomások.

A lefedett területen több ipari fogyasztó is osztozik, ezeket adatvédelmi okokból kizárólag „IpariFogyasztóX” néven említem. Az elosztáshoz szükséges infrastrukturális eszközöket szintén nem nevezhettem nevén, így „KapcsolóállomásX”, illetve „FogyasztóiÁllomásX” elnevezésekkel adtam meg. A tényleges kapcsolási ábrát alapul

véve alkottam meg gráfomat, mely hűen a valóságnak megfelelően tükrözi a dél-budai régió fizikálisan vett villamosenergia hálózatának összeköttetését. A hálózat kiterjedésének vizsgálata során a 10KV-os rendszert vettem alapul. A 20KV-os hálózat kiterjedését nem vizsgáltam, mivel az a külső kerületek, valamint a Budapesten kívüli helységek becsatlakoztatását hivatott megoldani. [4]

A korábban általam felvázolt kapcsolódási pontok megléte révén a fizikai értelemben vett kontaktus biztosított. A népesség eloszlási adatok a következő táblázat részletezi.

	Települések	Lakos	Házt.	Települések	Lakos	Házt.	Összesen:	Népesség: 145974 fő	Háztartás: 70183 db
XI. Kerület	Albertfalva	11 845	5 235	Madárhegy	22	10	Összesen:	Népesség: 145974 fő	Háztartás: 70183 db
	Dobogó	–	–	Nádorkert	–	–			
	Gazdagrét	11 929	5 172	Őrmező	7 660	3 389			
	Gellérthegy	5 703	2 788	Örsöd	902	302			
	Hosszúrét	152	76	Péterhegy	715	228			
	Infopark	–	–	Pösingermajor	523	200			
	Kamaraerdő	407	–	Sasad	14 389	5 961			
	Kelenföld	53 332	26 830	Sashegy	4 009	1 751			
	Kelenvölgy	3 447	1 406	Spanyolrét	–	–			
	Kőérberek	282	145	Szentimreváros	10 914	6 355			
	Lágymányos	19 741	10 333	Tabán	2	2			
XXII. Kerület	Települések	Lakos	Házt.	Települések	Lakos	Házt.	Összesen:	Népesség: 52548 fő	Háztartás: 20208 db
	Baross Gábor-telep	3 016	1 060	Budatétény	10 705	3 686			
	Budafok	26 782	10 645	Nagytétény	12 045	4 817			

2-6. táblázat A Dél-Budai kvadráns népességi és háztartási megoszlása [14]

A korábbi fogyasztási adatokat figyelembe véve az adott területek teljesítményigény a következők szerint fog alakulni.

$$\sum_{e=1}^n P_{tmax} \geq \sum_{f=1}^n P_f$$

ahol

$$\sum_{t=1}^n P_e = \sum_{sziget=m}^n P_m + P_{m+1} + P_{m+2} + \dots + P_{n-1} + P_n - \text{a termelési oldal}$$

és

$$\sum_{e=1}^n P_f = \sum_{fogyaszto}^n P_m + P_{m+1} + P_{m+2} + \dots + P_{n-1} + P_n - \text{a fogyasztói oldal összege.}$$

A szigetméret, valamint a teljesítmény egyensúly esetén a következő egyenlet vázolható fel. Ahol a mindenkori felosztás eredményeként létrejött önálló mikrogridok által termelt villamosteljesítmény külön-külön is kielégíti a fogyasztói szokásokból adódó igényeket.

$$\sum_{m=1}^n P_{szigetm} = \sum_{m=1}^n P_{fogyom}$$

Ebből eredeztethetően a termelési oldalon előállítható maximális teljesítménynek le kell fednie a fogyasztói igényeket. A mikrogrid kialakításának folyamata során kiemelten figyelembe vettem a kábelhálózat integráltságát, mely a városi környezetben kiemelten fontos szempont. Annak jelenlegi fizikai kialakítása mellett a jelenlegi nyomvonal megváltoztatása nélkül vázoló fel a sziget méretét és elhelyezkedését. A személyiségi jogok megsértése nélkül a leválaszthatóságra alkalmas 48 lakásos tömbházat, a XI. kerületben definiálom a pontos cím meghatározása nélkül, mely eleget tesz a korábbi kritériumoknak. Az objektum fogyasztási igényei a korábban diagnosztizált adatok alapján az előző képletbe helyettesítve a következő eredménnyel szolgált egy 30 napos időintervallummal számolva:

$$\sum_{m=1}^n P_{fogyom/30nap} = \sum_{fogyaszto}^n P_m = 13,055 MWh$$

Az épület HMKE<sup>1</sup> rendszerrel nem rendelkezik így kialakítása kiemelt fontosságú. A black-out alatti villamosenergiavételezés kizárólag egy erre alkalmas alhálózaton lehetséges, mely redukált teljesítmény igénylési lehetőséget biztosít a felhasználók számára. A megkötés fontossága a kialakult helyzetre való tekintettel elkerülhetetlen.

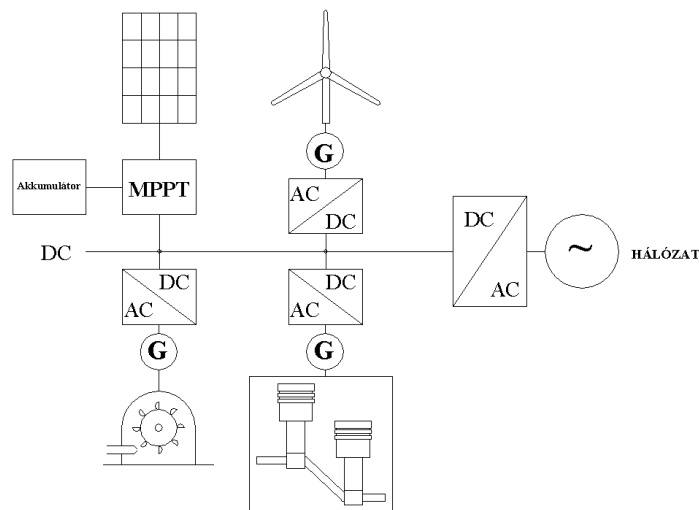
---

<sup>1</sup> HMKE – Háztartási méretű kiserőmű

## 2.1 HMKE, valamint a betáplálási trónk rendszer kialakításának lehetőségei

A hálózattól független szigetüzem betáplálási rendszerének kialakítása szignifikáns mértékben függ az objektum méreteitől, valamint annak környezetétől. Kiserőmű kialakítható megújuló, valamint fosszilis energiaforrásra támaszkodva, eltérő struktúrájú kábelhálózat kialakításával egyen-, illetve váltakozó feszültségű trónk alhálózatként.

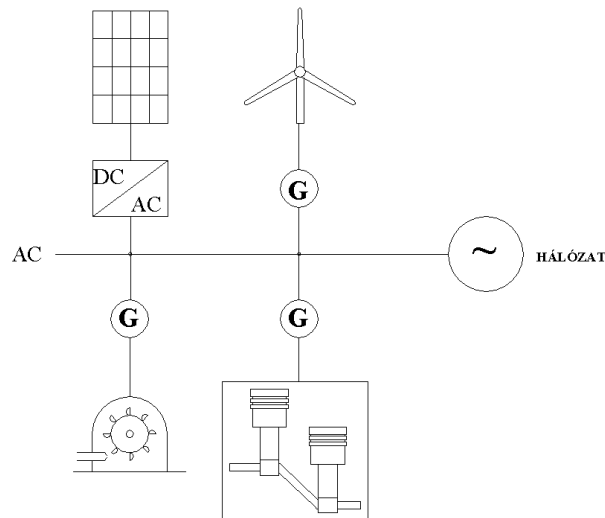
Egyenfeszültségű kábelhálózat kialakítása esetén valamennyi forgómozgást végző gép esetén alkalmazni kell egy inverter egységet, mely elvégzi az AC/DC konverziót. Napelemes megtáplálás esetén a transzformáció nem indokolt, kizárólagos esetben az egyenfeszültségű gerinc esetén kell végezni DC/DC átalakítást, hogy valamennyi egység azonos feszültség szinttel rendelkezzen. A tápvonal végén elhelyezkedő inverter a megtermelt DC feszültséget adaptálja a felhasználó által igényelt formára.



2-1. ábra Egyenfeszültségű sín alkalmazása

A fenti ábrán látható elrendezés a leggyakrabban alkalmazott technológiákat jeleníti meg. A megtáplálni kívánt tömbház esetében a szélkerék, a vízerőmű, valamint a napelemes rendszerek megvalósítása redukált formában, de lehetséges a mérsékelt rendelkezésre álló felület miatt. Mint látható az épületen belül szükséges a DC gerinc vezeték kialakítása, valamint a fogyasztói igényeknek megfelelő áram nem előállítás. Tehát valamennyi lakásban a mellékelt ábrának megfelelően egy invertert kell elhelyezni mely ez említett átalakítást elvégzi, valamint a black-out alatt képes teljesebb képet adni a lakásban tartózkodó személyek fogyasztási igényeiről, illetőlegesen be is avatkozik túlfogyasztás esetén.

Váltakozó feszültségű kábel rendszer kialakítása során a már korábban telepített hálózatot felhasználhatjuk. Azonban valamennyi erre tápláló egységet szinkronizálni kell, hogy a megfelelő jelalak kialakulhasson a fogyasztói berendezések defektusa nélkül. A frekvencia minden körülmények között folyamatos szabályozás mellett ellenőrizni kell. Ennek hiányában sem a megfelelő hatásfok, sem pedig a rendszer feszültség szintje, stabilitása nem tartható fenn.



2-2. ábra Váltakozó feszültségű gyűjtősin alkalmazása

A váltakozó feszültségű elrendezés financiálisan kedvezőbb megoldás, mint a DC eset a szükségtelen átalakítások miatt, a váltakozó feszültségű struktúra esetén további előnyök mutathatók ki, melyek abszolválása elengedhetetlen az alrendszer hatékonyságának növelése érdekében.

A belső hálózat kialakítás során elsődlegesen a rendszer gyakorlati megvalósíthatóságát helyeztem előtérbe. Ennek megfelelően a korábban vizionált elrendezések differenciáit megvizsgálva a következő megállapítások fektethetők le. Az egyenfeszültségű struktúra esetén megállapítható előnyök és hátrányok a következők:

- Egyszerűbb struktúra kialakítás
- Nem jelentkezik kapacitív reaktancia
- Ebből következetesen nem lép fel meddőteljesítmény
- Magasabb az átvihető teljesítmény mértéke
- Az egyenáramú kábelhálózaton megjelenő teljesítmény jobban szabályozható
- A frekvencia változásának hiányában a vezetőkben nem lép fel az ebből adódó korlátozó örvényáram, vagyis Skin-hatás

- Ebből adódóan kisebb a veszteségi tényező, vagyis a kábel hossz növelhető a váltakozó áramú struktúrával szemben
- Nincs szükség szinkronizálásra a belső hálózaton, vagyis a fellépő villamos paraméterek felügyelete így a feszültség szintek prezenciájára korlátozódhat
- Ebből következik, hogy a belső hálózat stabilitása független az egyenfeszültségi kábelhálózat hosszától
- A frekvencia független állapot miatt kialakult zárlati villamos paraméterek alacsonyabbak, mint váltakozó feszültségű megáplálás esetén
- A forgómozgást végző energiatermelő egységek által a rendszerbe juttatott időben váltakozó paraméterekkel jellemezhető villamos áram, az alkalmazott inverter rendszerek révén átalakított, majd a szállítás után ismételt transzformált váltakozó áram villamos összetevői nem befolyásolják a forrás és a felhasználó oldali rendszerek zárlati teljesítményét. Vagyis az inverter függetleníti a primer és szekunder oldalán megjelenő zárlati paramétereket.

A váltakozó áramú technológia kialakítása során a jelenleg rendelkezésre álló kábelhálózat alkalmazható, nincs szükség további trónk alkalmazására. A hálózat kialakítása így alacsonyabb bekerülési költségekkel jellemezhető, azontúl, hogy az inverter rendszerek mennyisége is csökkenthető, viszont számos negatív jellemzővel csökkenti a mikrogrid rendszer stabilitását:

- Folyamatos szinkronizálás fenntartása szigetüzem alatt a mikrogrid rendszerben
- Összetettebb kábelhálózati igény
- Alacsonyabb határfok, mely visszavezethető a Skin-hatás, valamint a meddőteljesítmény jelenlétére
- Alacsonyabb átvihető teljesítmény
- A hálózati frekvencia miatt kialakult kapacitív reaktancia
- Állandó szabályozást igényelnek a terhelt mikrogrid hálózatban termelő villamos gépek
- További felügyeleti eszközök beépítése szükséges, hogy a hálózat adott pontjairól információt nyerhessünk az aktuális állapottal kapcsolatban a megfelelő stabilitás fenntartása érdekében
- Ebből kifolyólag hosszabb időintervallumú nehezebb szabályozhatóság

- A hálózat valamely pontján kialakult frekvencia ingadozás, vagy megjelenő zavar a teljes hálózatra kiterjed, nincs leválasztás mely kaszkád hibák kialakulásához vezethet
- A kábel hossza befolyásolja a rendszer stabilitását, ebből származtatva a megfelelő teljesítmény rövid távolságon valósítható meg optimális hatások mellett
- A redukált energiatermelés és ezáltal a black-out esemény alatti villamosenergia termelés esetén további kábelhálózat kiépítése nem indokolt, mivel a rendszer csatlakoztatható a már meglévő KIF vezetékrendszerhez

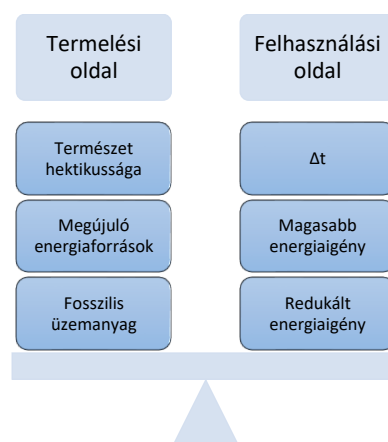
A tárgyalt rövid elméleti differenciák rámutatnak mind az egyenáramú mind pedig a váltakozó áramú gerinchálózat alkalmazhatóságára. A hálózati stabilitás fenntartása érdekében utóbbi rendszer kerül kidolgozásra, mivel gyakorlati megvalósítása ezen kialakításban racionalizálható, még abban az esetben is, ha az egyenfeszültségű rendszer kedvezőbb paraméterekkel bír. Finanziális szempontból megközelítve a kialakíthatóság esetén is kedvezőbbnek hat a váltakozó áramú technológia, mint egyenáramú esetben, amellett, hogy gyakorlati megvalósítása esetén a meglévő rendszer módosítása csak kis mértékben szükséges. Jelen speciális felhasználás mellett elengedhetetlen a mikrogrid rendszer konstans állapotának fenntartása.

## **2.2 A mikrogrid teljesítményszabályzásának kialakítása**

A jelenlegi normál helyzetben fennálló fogyasztási igények kielégítése a rendszer zavartalan üzemállapotában nem okoz fennakadást. Azonban egy bekövetkezett nagyobb méretű infrastruktúrális szétválás esetén a jelenleg beépített villamosenergia termelő egységek nem képesek a lakossági igények kielégítésére, mivel a területileg végbement széttagolódás ellehetetleníti a decentralizált energiatermelést. Így kizárólag a helyi HMK egységek lokális méretű és kiterjedésű energiaellátása rendelkezik megfelelő képességekkel a lakossági igények redukált kielégítésére. A redukáltság mértékének megállapítása a szükségtelen villamosenergiát felhasználó használati tárgyak elhagyásával lehetséges. Így jelentős mennyiségű energia takarítható meg, ami a kialakult idealizálatlan helyzetre való tekintettel szükséges és elkerülhetetlen. Mivel a HMK meghatározott véges mennyiségű energiaelőállításra képes, csak meghatározott ideig a teljesítmény felhasználásának szabályozása elengedhetetlen. A mikrogrid esetén a kialakítás azonosan fogyasztást mérő eszközökhöz lakásonként értelmezhető, valamint a kvóta rendszer is ezen formában valósítható meg. A megfelelő fogyasztási teljesítmény



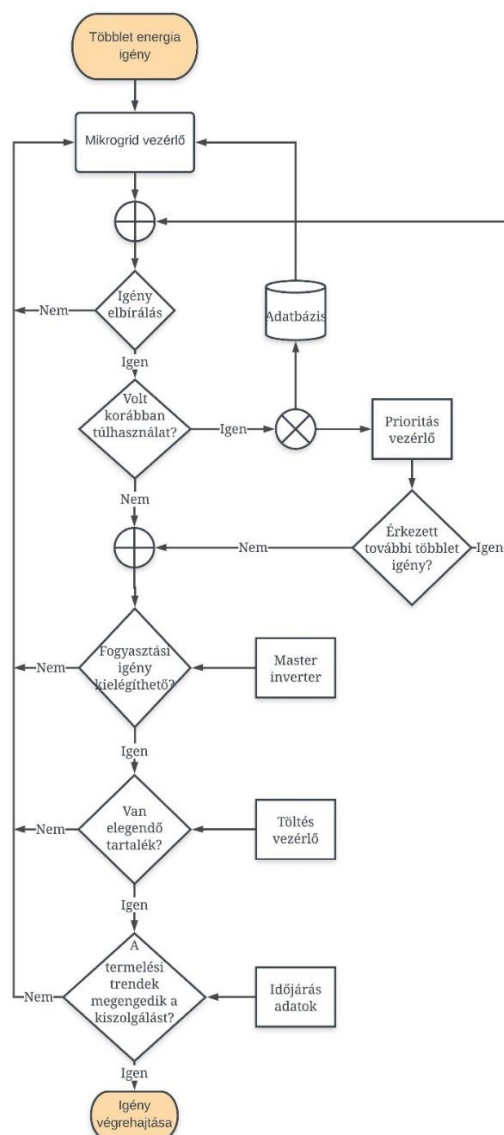
kiválasztásához a korábban begyűjtött kérdőívet használok fel, így a legfontosabb nélkülözhetetlen háztartási eszközök üzemben tarthatók. A legmagasabb prioritással rendelkeznek a telekommunikációs, a világítási rendszerek, valamint az élelmiszer tárolással kapcsolatos berendezések, melyek elengedhetetlenek a black-out átvészeléséhez. Ennek megfelelően infokommunikációs eszköz típustól függően fogyaszthat néhány tíz W-tól több száz KW-ig. Hasonlatosan az élelmiszer hűtésére szolgáló berendezések is igen széles skálán mozognak, valamint folyamatos üzemelésük mellett magasabb fogyasztási igényeket generálnak. A világítási rendszerek ugyan elhanyagolhatóbb mértékben befolyásolják a villamosenergia vételezés során felmerülő szükségletet, azonban bevonások a redukált teljesítmény szétosztásban megkérdőjelezhetetlen. Az alrendszer maximális black-out alatti redukált teljesítmény szintje 1000W-ra adódik, mely tartalmaz egy átlagos teljesítmény igényű hűtőgépet, egy híradástechnikai eszközt, mely vagy egy alacsony energiafogyasztású televíziókészülék vagy egy rádió, valamint a világítási rendszert is ellátja villamosenergiával természetesen alacsonyabb kihasználtság mellett. Az alkalmazott teljesítmény igény szigorú szabályozása elengedhetetlen a teljes mikrogrid üzemképességének fenntartása érdekében. A túlhasználat lehetőségét szabályozni kell, vagyis a rendszer fenntartása érdekében azon felhasználót, akinek teljesítmény igénye magasabb, mint a vételezhető, kizárólagosan a teljes rendszerben aktuálisan rendelkezésre álló tartalékok számbavételével valósítható meg. Ezen megállapítással kiegészítendő azzal, ha a rendszer nem képes a többlet kielégítésére, vagyis amennyiben rendelkezésre áll további felhasználható excedens villamosenergia a kiszolgálás megtörténhet.



2-3. ábra A mikrogrid egyensúlyi állapota

A többlet igény kielégítése a végtelenségig nem fokozható, mint ahogy huzamosabb ideig a többletvételezés sem. Vagyis a mikrogrid vezérlőnek folyamatosan monitoroznia kell

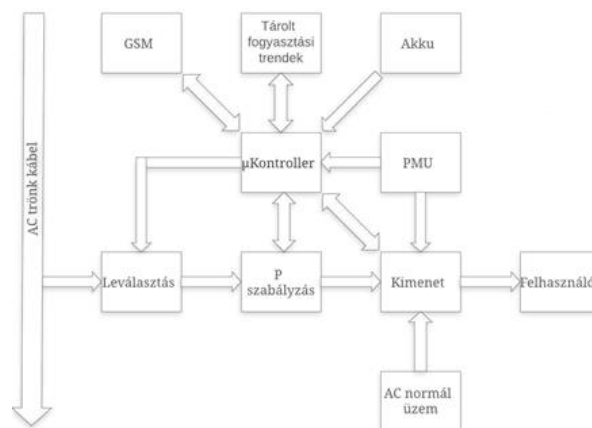
mind a termelési oldal, mind pedig a vételezés oldali igényeket, és azt kiegyenlített formában kell megtartania a szigetüzem fenntartása érdekében. Rendszeresen meg kell vizsgálni, hogy az aktuálisan beérkező redukált teljesítmény igényen felül mutatkozó szükségletek kiszolgálhatók-e. Az éppen aktuális fogyasztó mekkora időintervallumig használhatja, illetve további magasabb fogyasztási szükségletek milyen kihatással lesznek mind az letárolt energia, mind pedig az aktuálisan megtermelt villamosenergia mértékére. Ahhoz, hogy a sziget üzemállapota fennmaradjon a rendszer által megtermelt energiát a lehető leghatékonyabb formában kell szétosztani. Ezen feladatot a mikrogrid vezérlő végzi, hogy teljesüljön a kitűzött cél a következő folyamatot kell bejárnia.



2-4. ábra Az igénylés elbírálásának folyamata

A folyamatábrán látható, hogy a kiszolgálás egy sor fontos döntésen keresztül haladva, kiértékelve hajtható csak végre. A művelet sor fontos részét képezi a prioritás vezérlő, valamint az azt megelőző összeadó eljárás. Ennek magyarázata a felhasználók sorozatos igény túllépésében keresendő, mivel a black-out alatti, normál üzemtől eltérő esetben az igénylő szokatlan környezetben találja magát, melyet kizárólag a felállított szabályrendszer megszegésével tud csak elviselni. Ez azonban kizárólag a kezdeti időszakra tehető, míg be nem áll, vagy meg nem szokja a redukált szolgáltatás rendszerét. Tehát annak érdekében, hogy a rendszer ne terhelődjön túl szükséges az azonos kliens felől érkező igények szummázása és tárolása melyet a mikrogrid vezérlő is elér. Így biztosítható azon optimális ellátás mely minden lakást azonos mértékben kiszolgál.

A szabályzást megvalósító egység elhelyezése valamennyi lakásban szükséges. Felépítését tekintve egy AC trónk kábelre csatolt leválasztás, valamint egy teljesítmény szabályzó áramkör melynek értéke  $\Delta P=1000W$  szabadon paraméterezhető. Az megoldásomat továbbá kiegészíti egy mikrokontroller, mely a szinusz hullám kitöltésének mértékét vezérli, illetve az aktuálisan beállított értékre állítja be a teljesítmény elektronikai eszközök munkapontját. Továbbá kiegészíti egy kommunikációs modul, mely a teljes felügyeletet biztosítja és a black-out alatti vezeték mentes információcserét szolgáltatja GSM rendszer alatt. A tényleges fogyasztási adatokat folyamatosan monitorozva a kimeneten további áramkörök elhelyezése indokolt. Ahhoz, hogy tényleges képet kapjunk a fogyasztási adatokról, szükséges a kimeneti villamos paraméterek vizsgálata is. Így tehát a kimeneti feszültség, áram, valamint az ebből származtatott teljesítmény, illetve frekvencia mértékét is visszacsatolásként a szabályzásba figyelemmel kell kísérni és be kell avatkozni a nem megfelelő villamos jellemzők esetén.



2-5. ábra A teljesítmény szabályzás folyamata

A szabályzási körből látható, hogy a teljesítmény szabályzását egy mikrokontroller végzi, melynek további perifériái kerültek felcsatlakoztatásra. Így a GSM modul segítségével a kontroller valamennyi paramétere ezen keresztül az igényelhető teljesítmény is befolyásolható a fogyasztási igényeknek megfelelően. A mikrokontroller továbbá csatlakozik egy memória egységhez, melyben a korábbi fogyasztási szokások menthetők el. Az akkumulátor alkalmazása egy plusz biztonsági funkció mely az áramkör esetleges árammentes állapota ellen véd a black-out és a normál üzemmód közötti váltást teszi akadálymentessé. A PMU<sup>2</sup> egység egy visszacsatolást jelent a kimeneten megjelenő váltakozófeszültségű villamos paraméterekről. Az egység feladata a meghatározott feszültség, áram, ezen keresztül az igényelt teljesítmény minőségének fenntartása a megadott határok között a megfelelő frekvencia mellett. Emellett az eszközbe integrálásra került egy leválasztási lehetőség, mellyel a trónk kábel, valamint a teljes mikrogrid rendszer rendelkezésre állása növelhető. Az esetlegesen kialakuló kezelhetetlen túlfogyasztás, valamint a rövidzárlat esetén a mikrogrid vezérlő a PMU adatainak ismeretében képes az adott vételezési pont leválasztására, annak érdekében, hogy fenntartsa a hálózat integritását black-out alatt.

### **2.3 A beavatkozó célhardver felépítése és algoritmus**

A bemeneti oldal felől haladva az első áramköri megoldás a teljes lakás lekapcsolására alkalmazható leválasztás. A teljesítmény határoknak megfelelően a kapcsolat megbízhatóságának növelése érdekében mágneskapcsoló alkalmazása szükséges, melynek meghúzásához 12V-ot kell biztosítani. Az áramköri lapon ezért elhelyezésre került egy 12V-os tápáramkör, valamint egy a mikrokontroller segítségével kapcsolható integrált félvezető relé, melynek kapcsain a mágneskapcsoló meghúzásához szükséges egyenfeszültség biztosítható. Azzal az esettel számolva mikor a rendszer nulla állapotból, tehát energiamentes állapotból áll fel, vagyis ezáltal a tápáramkör sem üzemképes a felügyeleti eszközbe a szünetmentes tápellátás is integrálva lett, melyet a beépített 24V-os li-ion energiatároló egységtől kap. Vagyis elsőként, primer feszültségként a 12V-os tápfeszültség szint jelenik meg. Ebből tovább alakítva szekunder szintként az 5V-os ág áll fel, mely megfelelő feszültség szinttel látja el a mikrokontrollert és áramköri kapcsolatait, majd ebből leosztva a 3,3V is kialakításra kerül a GSM és a PMU modul részére.

---

<sup>2</sup> PMU- Power Monitoring Unit – Teljesítmény monitorozó egység

### 2.3.1 Leválasztás

A leválasztás rendelkezésre állásának fontossága kiemelten indokolt a nem megfelelő fogyasztási igények lekapcsolása végett, valamint a teljes mikrogrid tehermentesítése céljából. A szigetüzemű rendszer normál üzemállapotú alkalmazása mellett a felhasználók által generált fogyasztási igények kielégítése nem mérvadó a teljes hálózatra vonatkozólag, mivel azt a szolgáltató képes kielégíteni. Azonban a mikrogrid black-out üzemmód esetén nem támaszkodhat a KÖF hálózat teljesítőképességére, mivel attól szeparáltan üzemel a sziget belső hálózata. A belső ellátási rendszer kizárólag a tervezési fázisban meghatározott beépített tartalékokkal és energiatároló egységgel rendelkezik, melyek, mind gazdasági mind pedig helytakarékossági szempontokból csak az igények adott hányadát képesek lefedni. Így ebből következően véges termelési kapacitással rendelkezik, amit a fogyasztási igények redukálásával van lehetőség csökkenteni. Az így kiszabott kvóta kizárólag a legszükségesebb eszközök üzemben tartására használhatók fel. Bizonyos esetekben van lehetőség magasabb vételezési paradigmák bevezetésére, azonban ez a teljes rendszert érintő globálisnak tekinthető rizikóval rendelkezik, tehát minden esetben valamennyi áramforrást és töltés tároló állapotát meg kell vizsgálni és csak abban az esetben engedélyezhető a magasabb igény, ha a rendszer üzembiztos állapota fenntartható. A redukált fogyasztástól történő eltérés azonos mértékben kezelhető a fogyasztó AC sínre történő felcsatlakoztatásával. Mivel a KÖF hálózathoz mérten alacsony tartalékokkal és termelékenységi mutatóval rendelkezik a sziget belső tápellátási hálózata, így a fogyasztói felcsatlakoztatás sem történhet meg egy azon időben. Az ilyen módon történő beiktatás akkora többlet energia igényt generálna, ami romba döntené a rendszer szabályozási körét. Tehát a fogyasztók ellátása kizárólag sorrendi algoritmus segítségével lehetséges és valamennyi új felhasználó után vizsgálni kell a rendszer stabilitását. A leválasztás alkalmazásával a GSM kommunikációs technológia segítségével a mikrogrid vezérlő távolról képes saját fogyasztói hálózatának kiépítésére. Emellett a beépített PMU folyamatos monitorozása mellett bármely rövidzárlat esetén vagy nem várt káros behatások ellen is védett a rendszer mivel a villamos paraméterek folyamatos vizsgálata teljesebb képet ad a vezérlőnek, így az a kellő pillanatban izolálhatja a stabilitást fenyegető fogyasztói alhálózatot.

A leválasztás, tehát fontos szerepet játszik mind a black-out üzemállapotba, valamint az abból történő kilépési folyamat során. Technikai megvalósítása egy az áramköri lapot tartalmazó szekrény kalapsinén helyet foglaló mágnes kapcsolóval alakítható ki. Mivel a

redukált fogyasztási értékeken felüli teljesítmény átvitele is lehetséges, a kiválasztáshoz magasabb villamos paraméterekkel kell rendelkeznie, mint a küszöb érték. A mágneskapcsoló folyamatos működtetéséhez, annak állandó célú behúzása szükséges. Azonban, hogy elkerüljük a folyamatos vezérlés szükségességét, a mágneskapcsolót öntartásban kell működtetni, amit a mikrokontroller működtet, relé kontaktusokon keresztül, mivel nem képes a tartós nagyobb teljesítmények kapcsolására.

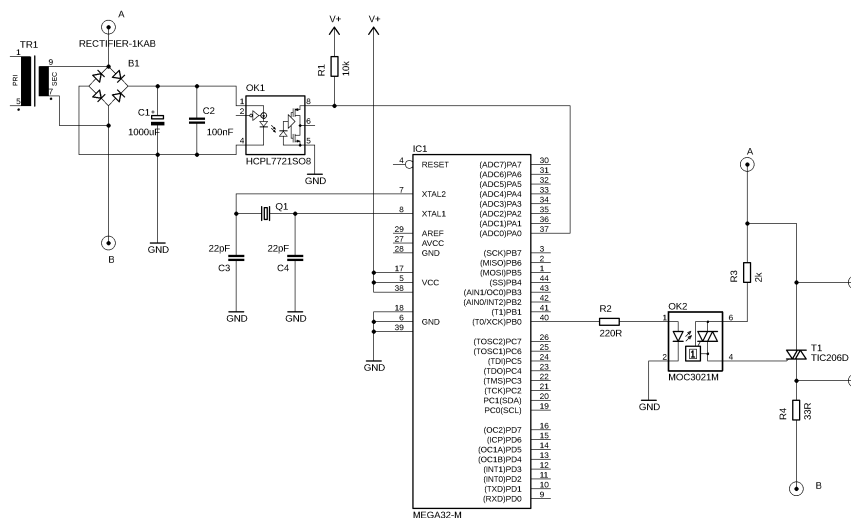
### **2.3.2 Teljesítmény szabályzás**

A szabályzás folyamata a már átalakított leválasztókör kimenetén kezdődhet meg. Ahol a kapott 230V-os váltakozó feszültségű szinusz jel redukált teljesítmény szabályzása valósulhat meg. A black-out alatti szimmetrikus energiaelosztás több konstans beépített energiatermelő egységen alapul. Black-out alatt a beépített tartalékok nem növelhetők, egyértelműen szükséges a meleg tartalékok beépítése, mivel meghibásodás esetén is el kell látni a teljes rendszer energia szükségletét. További létesítmények azonban nem képesek jelen séma szerinti termelésbe csatlakozni, így kizárólag a tervezett teljesítmény szétosztása lehetséges. Ehhez elengedhetetlen a felhasználók részéről alapvetőnek tekinthető konstans fogyasztás fenntartása, mely kizárólag a célzott energiatermelést valósítja meg. Az emberi természetből fakadóan azonban a rendszert mégis fel kell készíteni a többlet teljesítmény igény kiszolgálására. Ez kizárólag a teljes rendszerben fellelhető mozgó teljesítmények monitorozásával, valamint felhasználásával lehetséges. Így a fogyasztási igények kiszolgálását szigorú korlátok között kell tartani. A szabályzási kör feladata ezen scenárió maradéktalan teljesítése. Az áramkör következő fokozata tehát a teljesítmény szabályzó részegység. Erre a feladatra számos technológiai lehetőség kínálkozik, azonban az egyik legmegbízhatóbb az impulzus szélesség moduláció alkalmazása. A teljesítmény konstans értéken tartása esetén, ezért a szinusz hullám folyamatos szaggatása szükséges, melyet a mikrokontrollerbe írt C-kód szabályoz, a kimeneten megjelenő fogyasztási igényeknek megfelelően, melyet a PMU biztosít árammérő tekercsein keresztül. Így a szinusz jelleggörbe kitöltési tényezőjének szabályzásával valósítható meg a teljesítmény redukált határok közötti tartása. Mivel a teljesítményigény folyamatosan változik, vagyis a mikrokontroller két üzemmód között vált:

1. üzemmód - normál redukált állapot esetén a  $0W \leq \Delta P \leq 1000W$
2. üzemmód – redukálttól magasabb állapot esetén  $\Delta P \geq 1000W$

Azonban a két állapot közötti váltás csak úgy jöhet létre, ha a szabályzás adott időközönként egy beállított időszakra vonatkoztatva fokozatosan engedi a teljesítmény növekedést, annak érdekében, hogy az árammérő tekercsek képesek legyenek az igényelt teljesítmény maximumának megállapítására. Ellenkező esetben a konstans beállított teljesítmény érték levágja a felhasználó felől érkező igény mértékét és így a rendszer nem kap információt a felmerülő szükségletekről.

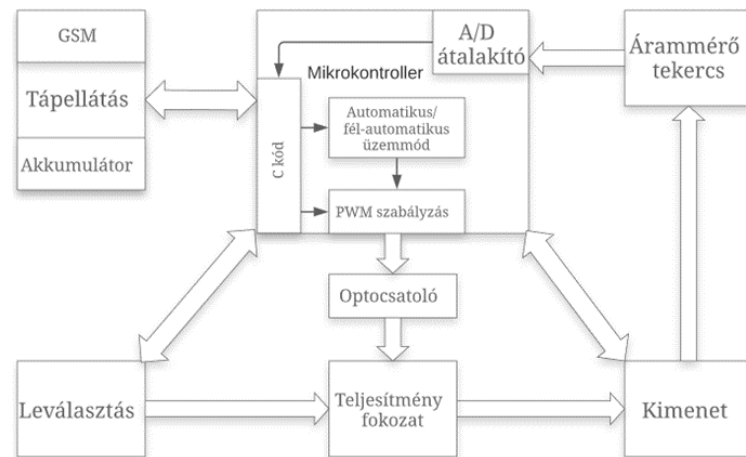
Erre a feladatra a megfelelő teljesítmény elektronikai eszközöket kell felhasználni, mint a triak opto-triak általi vezérlés.



2-6. ábra Teljesítmény szabályzás

Ahol a bemeneti oldalon található tekercs szerepe az áramkörileg is különálló fokozat szeparálása a korábbi részekről, így a szűrés miatt további felharmonikusok nem jutnak át. Tovább haladva a kapcsolás további két részegységre bontható egy nullátmenet érzékelő, valamint a teljesítmény szabályzó áramkörökre. A nullátmenet a szinus hullám negatív-pozitív átmenetének zérus értékű amplitúdója. Mivel szinus hullám formálást végző áramkör beépítése elengedhetetlen a teljesítmény szabályzásához, így megfelelő időzítés szükséges. Ennek lehetősége a hullám nullátmenetének detektálása, melynek 50Hz-es frekvenciája pontosan érzékelhető. Ennek hiányában a szabályzás során a villamosenergiát hasznosító eszközök elhasználódása megnövekedne, mindamelllett, hogy a szabályzást végző áramköri elemek az időzítetlen kapcsolások során jelentős mértékű károsodást szenvednek mely a magas hőszokra vezethető vissza. A detektálás során így a triak az átmenet során kapcsolódik be, mellyel a disszipáció mértéke csökkenthető. Az alkalmazás során a váltakozó feszültséget egy Graetz-híddal

egyenirányítva a szinusz hullámok kizárólag pozitív félperiódusú négyszögjelekké konvertálódnak. Az így kapott jelalakot a mikrokontroller egy fototranzisztoron keresztüli leválasztás során képes detektálni. A szoftver képes a frekvencia mérésre és a nullátmenet érzékelésre. Az átmenet pillanatában a programban megadott konstans ms felbontású késleltetés indítja el a kitöltési tényező vezérlésének folyamatát. A vezérlő, így a kimenetére kapcsolt opto-triak beavatkozásával megvalósítja a teljesítmény szabályzást, melyet a kimeneten látható triak valósít meg. [15], [16], [17]



2-7. ábra A mikrokontroller programkódjának kapcsolata a perifériákkal

A mikrokontroller programkódjának metodikája a fenti ábrán látható, melyben megtalálható azon két üzemmód, mely képes a fél automatikus, vagyis a konstans értékre beállított teljesítmény értékek biztosítására, valamint automatikus esetben a redukáltan felüli igények kielégítésére. A PWM<sup>3</sup> jel előállításához a kontroller regiszter értékeinek megadása mellett 10%-os kitöltési tényezővel a nevezetes pontok kerültek meghatározásra, a programkód ettől eltérő eseteket is tartalmaz a pontos beállítások miatt. A megadáshoz az OCR regiszter értékeinek számítása szükséges a következő képlet alapján: [18]

$$\text{Kitöltési tényező}(\%) = \frac{(255 - \text{OCR0}^4 \times 2)}{(255 \times 2)}$$

Ezen összefüggés alapján a következő pontok kerültek kiszámításra:

Kitöltési tényező	OCR0 értéke	Kitöltési tényező	OCR0 értéke
0%	255	60%	102

<sup>3</sup> PWM – Pulse Width Modulation – Impulzus szélesség moduláció

<sup>4</sup> Output Compare Register - Kimeneti összehasonlító regiszter



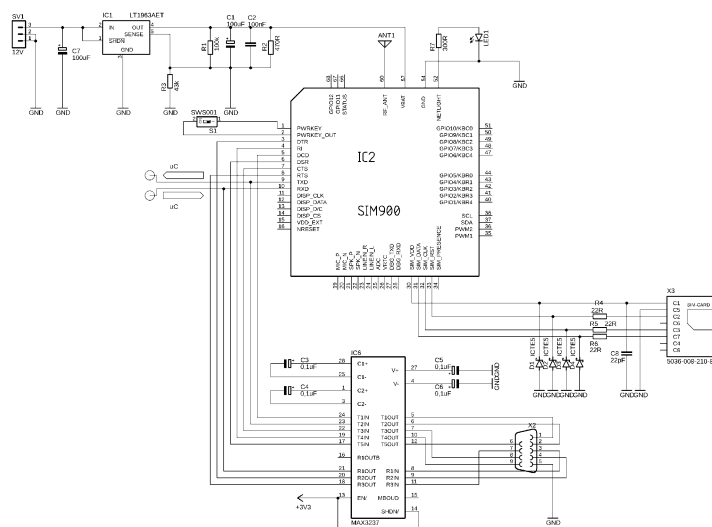
10%	229	70%	76
20%	204	80%	50
30%	178	90%	25
40%	152	100%	0
50%	127	-	-

2-1. táblázat Nevezetes pontok és regiszterértékeik

A megadott értékeknek megfelelően a mikrokontroller képes a kitöltési tényező dinamikus kezelésére 0%-100% között annak érdekében, hogy a rendszer a lehető legmagasabb üzembiztonsággal üzemelhessen a tartalékok optimális felhasználása mellett.

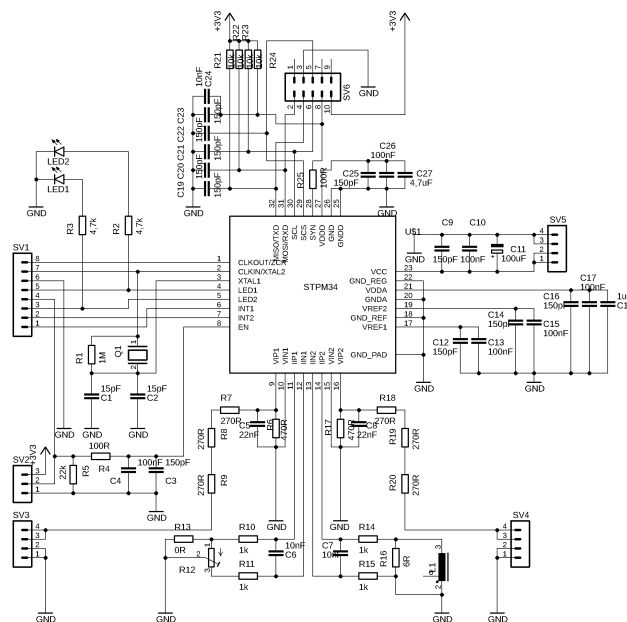
### 2.3.3 A mikrokontroller és környezete

A teljesítmény szabályzó egység központi szerepét egy 8 bites mikrovezérlő tölti be, mely kellőképp gyors és megfelelő számú bemeneti/kimeneti porttal rendelkezik. Az egység a kommunikációs vonal tekintetében GSM900-at használ, mely egy komplett modul formájában került beépítésre az egységek közötti információ cserét UART interfészen keresztül egy Rx-Tx kapcsolaton keresztül végzik, míg programozását RS232 porton lehet elvégezni. Ugyanakkor a rendszer támogatja az 1800MHz-es frekvencia sávot is. A modul természetesen rendelkezik GPRS adatkapcsolati technológiával, így az adatok küldésére és fogadására is alkalmas. A kódolás tekintetében támogatásra kerülnek a CS-1/2/3/4 GPRS sémák. Tápellátás tekintetében egy 12V-os DC feszültségre van szükség. Az egység képes az alvó állapot elérésére inaktív állapotban, így fogyasztása is jelentősen 1,5mA-re korlátozódik. [19]



2-8. ábra GSM modul

A fogyasztási trendek a begyűjtés folyamatában a mikrokontroller egység memória területén tárolódnak, amit megadott időközönként frissítve küld a központi mikrogrid vezérlőnek. Ahhoz, hogy a fogyasztási szokások rögzítésre kerüljenek, szükséges a villamosparaméterek begyűjtése. Ehhez egy PMU modul beépítése szükséges mely szintén egy komplett egységként integrálható a rendszerbe. A kiválasztott mérőmodul paramétereit tekintve képes 140-300V-os határok közti váltófeszültség mérésére, valamint 5-100A közti terhelés rögzítésére, illetve a frekvencia mérésére 10%-os tűrés mellett. A kommunikációs kapcsolatot SPI/UART interfészen keresztül valósítja a mikrovezérlővel. Programozása a GSM modulhoz hasonlóan RS232 kapcsolaton keresztül lehetséges. A PMU tápellátását egy 3,3V-os DC táp egység végzi. A mérés a modul áram és feszültség mérő érintkezőin keresztül megy végbe.[20]



2-9. ábra PMU egység

### 2.3.4 Akkumulátor töltő egység

Az akkumulátor töltő egység a beépített 12V-os li-ion akkumulátor folyamatos automatikus töltését végzi az egyéb perifériák beavatkozása nélkül. A töltés tároló feladata azon feszültség mentes állapotok áthidalása, melyek a normál üzemből black-out üzembe történő átkapcsolás során jöhet létre. Elsődleges célja a mikrokontroller, valamint környezetének villamosenergiával történő ellátása, kiterjesztve a GSM, a PMU, valamint a bemenet, illetve a kimeneti mágneskapcsolók meghúzásának fenntartása ezen rövid energiamentes állapot során. Az akkumulátor folyamatos töltöttségét biztosítani kell mind a normál mind pedig black-out üzem alatt.

Ennek megfelelően normál üzemben elengedhetetlen a 230V-os AC tápfeszültség egyenirányítása és stabilizálása mellett egy töltésvezérlő áramkör beiktatása is. Tehát a bemenetre érkező váltófeszültséget egy transzformátor beépítésével alacsonyabb szintre kell redukálni, majd azt a már megismert Graetz-híddal egyenirányítva pozitív félperiódusokat kell létrehozni. A létrejött feszültség szintet pufferelve, valamint stabilizálva biztosítani kell a megfelelő minőségű egyenfeszültséget a li-ion akkumulátor töltéséhez. Mivel egy rendkívül instabil akkumulátor technológia kerül beépítésre, elengedhetetlen a töltéstároló egység folyamatos felügyelete annak túltöltöttségének megakadályozása végett. Természetesen szem előtt tartva annak folyamatos rendelkezésre állását. Így egy integrált töltésvezérlő kapcsolás kerül beépítésre, mely biztosítja az akkumulátor üzemszerű működését és biztosítja annak folytonos hozzáférhetőségét a teljes, optimalizált élettartama alatt.

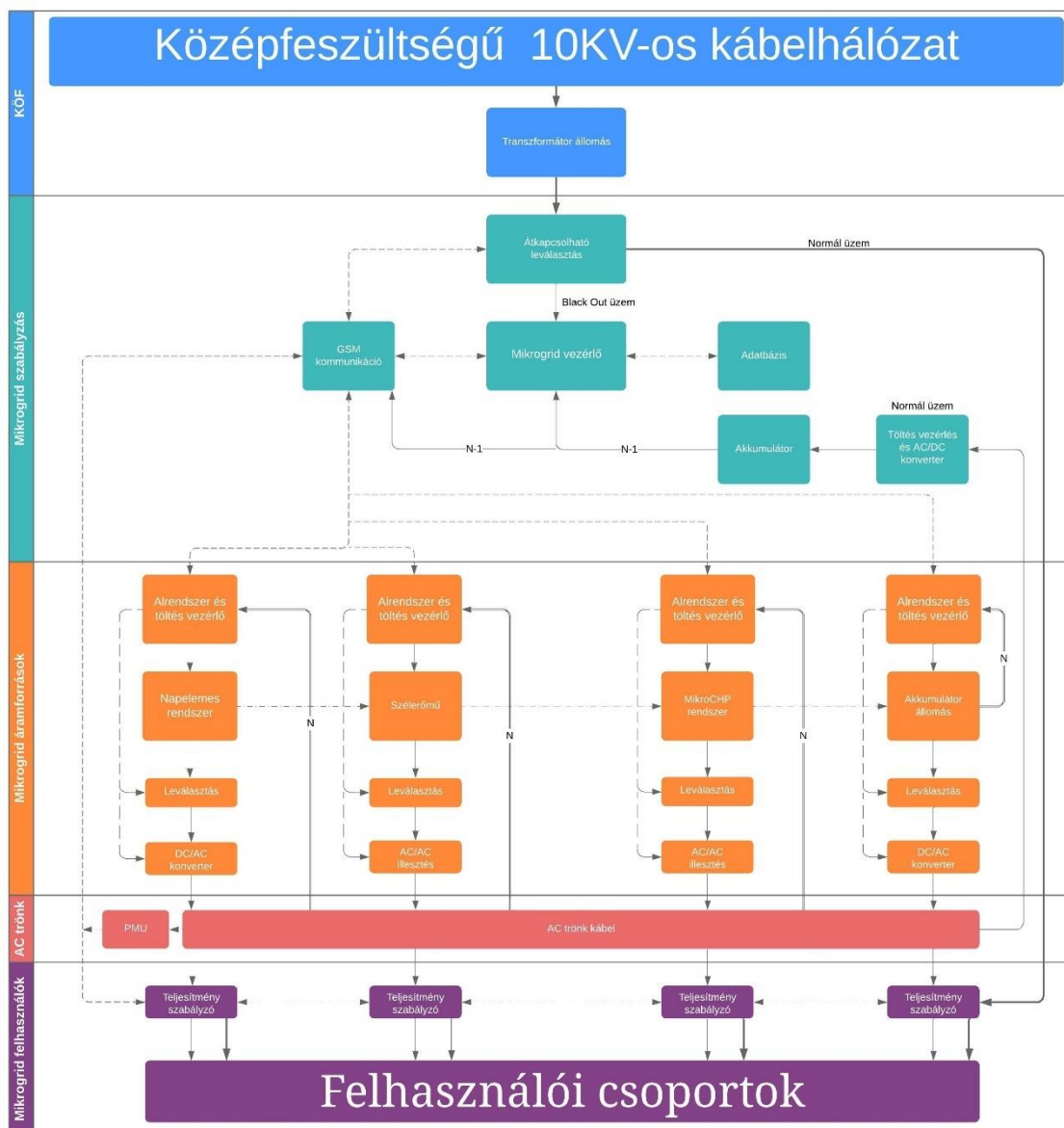
### **2.3.5 Kimenet**

A kimenet az alrendszer korábban ismertetett bementi megoldásához hasonlatosan mágnescapcsolókkal választható le, azzal a különbséggel, hogy az energiaellátás a választott üzemmód függvényében változhat. Normál üzemben a KÖF hálózat által biztosított villamosenergiát hasznosítja a felhasználó, míg black-out üzemben a mikrogrid szolgáltatásait használja ki. Az átváltás a két üzemmód között mágnescapcsolók segítségével történik automatikusan, amit a mikrokontrolleren keresztül a mikrogrid vezérlő végez.

## **2.4 A mikrogrid felépítése**

A rendszer felépítését tekintve öt különálló szintre bontható, melyek mindegyike hierarchikusan épül egymásra. A technológiailag azonos szerepet betöltő elemek, illetve funkciók egyazon hierarchikus szinten épülnek a rendszerbe. A mikrogrid alhálózat több megszakítási pontot is tartalmaz. Az első ilyen beépített funkció, mely egy átkapcsolási lehetőség a normál és a black-out betáplálás között a mikrogrid szabályzási szintjén található. Feladata a 10KV-os KÖF hálózat felől érkező villamosenergia betáplálásának biztosítása, illetve black-out esemény alatt a sziget üzem szeparáltságának kialakítása. Tehát funkciója a leválasztás biztosítása a villamos energetikai hálózatról. Normál üzemmód alatt a felhasználói csoport az épület korábbi elektromos hálózatán keresztül kapja a villamos energiát. További megszakítási opciók kerültek beépítésre valamennyi villamos energiát szolgáltató és tároló infrastrukturális egység kimeneti pontjára. Így a sérült, szükségtelen, valamint karbantartást igénylő egységek is probléma mentesen

javíthatók, illetve kizárhatók. A szabályozható, szabályozhatatlan energiaforrások, valamint a töltés tároló egység is teljes mértékben hierarchikus vezérlési formát használnak, amit GSM kommunikációs technológiával monitoroz és felügyel a mikrogrid vezérlő. A vezérlő a KÖF/KIF rendszerek határán helyezkedik le, így folyamatos kapcsolatban áll a külső hálózattal is, ahonnan szintén monitorozza a szignifikáns villamos paramétereket. Emellett tartalmaz olyan kulcsfontosságú szoftveres funkciókat, melyek a teljes mikrogrid rendszer rendelkezésre állását növelik. Gondolok itt a hálózat megadott pontjaiból származó villamos paraméterekre, feszültségre, áramra, frekvenciára, egyéni és csoportos terhelésekre, gazdaságossági mutatók kielégítésére. Gyűjti és tárolja a fogyasztási és termelési trendeket az alrendszerek vezérlőitől, hogy csökkentse ezáltal a rendszer kiszolgáltatottságát az időjárás felé. Továbbá a felhasználók igényeit monitorozó teljesítmény szabályzó eszközök irányítását végzi és real-time dönt az esetleges problémakörökben. A vezérlő továbbá el lett látva egy feszültség mentes állapot áthidalására alkalmas akkumulátoros rendszerrel, mely közvetlenül kapcsolódva az AC trónk kábelre folyamatos töltés alatt áll. A teljes rendszeren belül, megtalálható egy másik kisebb hierarchikus alrendszer, mely a folyamatos termelési, valamint terhelési adatokat szolgáltatja a mikrogrid vezérlő felé ez az alrendszer és töltés vezérlő. Az alrendszer vezérlő felügyeli a már említett villamos paramétereket, valamint szabályozza az egységek kihozatalát ezáltal csökkentve a meddő teljesítmény mennyiségét. A töltésvezérlő a terheléseket monitorozza, illetve bizonyos esetekben képes a kimenet lekapcsolására. A szeparált hálózat felépítése a következő ábrán látható.



2-10. ábra A mikrogrid rendszer felépítése

### 2.4.1 A szétválás folyamata

A szétválás folyamata során a kialakított mikrogrid rendszer szeparáltan a villamosenergetikai hálózattól normál üzemmódról black-out állapotba kerül. Ahol a sziget önellátóvá válik a redukált és szabályozott teljesítmény igényekre vonatkoztatva. A korábbi megoldásoktól eltérően jelen hálózat frekvencia függősége minimálisra csökkent azon egyszerű tény okán, hogy valamennyi áramforrás, valamint energia tároló egység black-out üzemben a közös AC trónk gerincére táplál. A forgó mozgást hasznosító villamos gépek egy AC/AC illesztés beiktatásával képesek a megfelelő áramnem eléréséhez, míg az egyenfeszültségű rendszerek, mint amilyen a napelemes állrendszer,

valamint az akkumulátor telep egy DC/AC konverterrel csatlakoznak a trónk kábelre. Ezen megoldás alacsonyabb veszteségi mutatóval rendelkezik a kábelhálózaton.

black-out-ot megelőző N-1. állapotában a mikrogrid vezérlő megadott időközönként villamos paramétereket gyűjt a belső hálózatról, tehát megállapítja és tárolja a fogyasztási trendeket. Az adatok kinyerése Smart mérők segítségével történik a GSM hálózat segítségével. A redukált üzemmód magában hordozza azon szabályrendszerek és feltételek szükségességét, melyeket a mikrogrid vezérlő alkalmazni fog a helyreállítás fázisában, így azt szoftveresen bele kell integrálni. Mivel a teljes rendszer közvetlen zökkenő mentes állapotváltása nem lehetséges, azaz a szigetet rövid időre, de biztosan eléri az energiamentes állapot, a felügyeleti eszközöket, valamint a villamos energiát igénylő áramforrásokat el kell látni villamosenergiával. A mikrogrid vezérlő és közvetlen környezete egy szeparált akkumulátoros áramforrással bír mely mind a vezérlőt mind pedig a GSM kommunikációs alrendszert ellátja. A hierarchia alsóbb rétegeiben található eszközök önfogyasztásáért és a felügyeleti eszközök támogatásáért a folyamatos töltés alatt álló energia tároló rendszer felel. Az akkumulátoros rendszer jelentősen hozzájárul az energiamentes állapot esetén a lassabb indítási rátával rendelkező áramforrások problémamentes rendelkezésre állásának eléréséhez, mivel lefedti azon időszakot amíg a CHP rendszer feltáplál a belső hálózatra. Az állandó töltés kizárólagosan a megújuló energiaforrásokból származhat, mivel azok rendelkezésre állása kellően magas. A rendszer jellemzőinek lefektetése során megállapításra került, hogy a hierarchián belül egy további szabályzás is szerepet kapott, mely az energiaforrások önszabályozhatóságát biztosítja. Vagyis ebben a formában a mikrogrid vezérlő tekinthető master egységnek, azonban az energiatermelő egységek a korábbi szerepkörükből kiindulva szintén master feladatot látnak el. A különbség kizárólag annyi, hogy míg a központi vezérlő a globális rendszert szabályozza, addig a többi eszköz lokálisan végzi ugyan ezen feladatkört. Ebből következően a szigetüzem N-1. állapotában a rendszer multi-master tulajdonságokkal bír, míg N. állapotában single-master vezérlést alkalmaz. A két vezérlés közti átmenet lebonyolítását a mikrogrid rendszer végzi.

Az N. állapot, vagyis a bekövetkezett black-out esetén a folyamat azon része tekinthető, mely aktuálisan energiamentes állapotba került, vagyis rövid időre a teljes mikrogrid rendszer is ezen helyzet rabja. Mivel azonban több beépített akkumulátor is alkalmazásra került, a sziget koordinációs és felügyeleti területei aktív állapotban maradnak. A helyreállítást így a mikrogrid vezérlő elkezd a tárolt scennáriók szerint, mely

egyértelműen problémákba fog ütközni. Így érvénybe lép a black-out üzemmód, ahol a következő lépések alkalmazásával képes lesz a rendszer redukált üzemmódjának felépítésére. Elsőként ki kell alakítani a sziget üzemet, vagyis le kell választani a védendő területet a KÖF hálózatról. A szakaszolás végbemenetele után valamennyi terhelést, valamint áramforrást izolálni kell. Mivel a belső váltakozófeszültségű hálózat N-1 állapotában nem kapcsolódott a fogyasztói csoporthoz, kizárólag attól elkülönülve üzemelt, ettől eltérő állapot előfordulása nem alakulhat ki, azonban ellenőrizni szükséges. A nem megfelelő elkülönítés során a hálózat indulásának idejében a hirtelen megnövekedett igények gátolhatják, vagy jelentősen megnövelhetik a rendszer üzemképes állapotának elérését. A rendszer elemeket így először szeparálni kell, hogy később üzemképes állapotba kerülhessen. Következő lépésként a termelés indítása, vagyis az AC tápsín teljes kapacitásra hozása történik meg. Ehhez elsőként a multi-master üzemmódot kell single-master módra állítani, vagyis a mikrogrid vezérlő átveszi az irányítást az energiaforrások és energiatároló modulok vezérlői felett. A szabályzás átadásával az akkumulátoros rendszerből a vezérlők felé biztosítani kell a villamosenergia áramlását, valamint stand-by állapotból aktív üzemmódra kell az áramforrások vezérlőit, valamint a hierarchikus, sorban következő alrendszereiket állítani. Elsőként a szabályozható CHP rendszert kell üzembe helyezni, majd napelemes és szélenergiát hasznosító forrásokat kell bekapcsolni a rendszer élesztéséhez. Az energiatároló töltöttségi szintjét folyamatosan monitorozni kell, adott szint alá csökkenése során az alrendszert tölteni kell.

N+1- es állapot esetén a belső hálózat termelése redukáltan, de helyre áll. Ahogy az energiaforrások felcsatlakoztak az AC sínre, megkezdődik a fogyasztók egymás utáni beiktatása a rendszerbe. Minden egyes beiktatás előtt szükséges a rendszer stabilitásának vizsgálata, vagyis adott időközönként mintát kell venni a hálózat pontjaiban elhelyezett PMU-kból, valamint vizsgálni kell a már említett akkumulátor rendszer töltöttségét. A rendszer összeállítás fázisában minden nemű túlfogyasztást tiltani kell. Kizárólag abban az esetben engedélyezett a redukált szint feletti igény kielégítése, mikorra valamennyi fogyasztó felcsatlakozott és a hálózat elvégezte a szükséges villamos paraméterek vizsgálatát. A redukált teljesítmény szint feletti vételezés a már korábban levezetett folyamaton keresztül lehetséges, központi mikrogrid vezérlés közreműködésével.

Állapotok	N-1 állapot jellemzői	N állapotjellemzői	N+1 állapot jellemzői
Üzemállapotok	Normál üzemállapot	Átmeneti állapot	black-out állapot
KÖF kapcsolat	Aktív	Inaktív	Inaktív
Mikrogrid vezérlő szerep	Fogyasztási adatok gyűjtése, tárolása	Sziget helyreállítása	Központi szabályzás
MKV és GSM energiatároló rendszerek állapota	Mikrogrid vezérlő és GSM akkumulátorának állandó töltése	Mikrogrid vezérlő és GSM akkumulátorának állandó töltése	Mikrogrid vezérlő és GSM akkumulátorának állandó töltése
GSM rendszer	Fogyasztási trendek továbbítása	Kommunikáció az áramforrások vezérlőivel	A teljes rendszerfelügyelet lebonyolítása
Vezérlés	Multi-master vezérlés	Single-master vezérlés	Single-master vezérlés
AC sín állapot	Redukált aktív AC sín	Aktív AC sín	Aktív AC sín
Energiaforrások állapota	Aktív megújuló termelés	Szabályozható áramforrás indítása elsőként, majd a nemszabályozható	Valamennyi áramforrás csatlakoztatva
Aktív felhasználó kapcsolat	Felhasználók leválasztva a belső hálózatról, csak felügyelet	Felhasználók leválasztásának ellenőrzése	Felhasználók sorrendi felcsatlakoztatása
Teljesítmény szabályzás	Normál vételezés	Nincs vételezés	Redukált vételezés
Többlet teljesítmény vételezés	Normál vételezés	Nincs vételezés	Valamennyi felcsatlakoztatott fogyasztó után
Központi töltéstároló állapota	Folyamatos töltöttség fenntartása	Kitárolás a rendszer éledéséig	Folyamatos töltöttség fenntartása, további igények kielégítése

2-2. táblázat Az állapotoknak megfelelő feltételek

#### 2.4.2 Az egyesítés folyamata

Az egyesítés folyamata során a sziget betáplálási sémája az önfenntartó állapotból a külső KÖF hálózat segítségével valósul meg. Az egyesítési eljárást a már korábban megismert állapotok szerinti megközelítéssel fogom kifejteni.

Tehát az N-1. állapot során a belső hálózat önálló tulajdonsággal jellemezhető. A redukált villamosenergia vételezés, valamint a némely esetben az ettől magasabb teljesítmény igények váltakozásának kielégítése jellemzi a rendszert a KÖF hálózattól izoláltan. Mindkét hálózat folyamatos monitorozása elengedhetetlen a folyamat



elindításához. A mikrogrid vezérlő a középfeszültségű hálózatról gyűjtött villamosparaméterek folyamatos elemzése során vizsgálja annak lehetőségét, hogy a sziget visszacsatlakoztatható-e a villamosenergetikai hálózatra. A pozitív megítélés esetén a vezérlő a túlfogyasztási engedélyeket visszavonja, majd megkezdi a felhasználók lecsatlakoztatását a belső AC sínről.

Az N. állapotban a felhasználók energiamentes állapota következik be. Vagyis a mikrogrid vezérlő elsőként redukálja az áramforrások termelékenységét. Elsőként a szabályozhatatlan napelemes, valamint szélkerekes termelőeszközöket mérsékli, majd a szabályozható CHP rendszert állítja le. Mind a vezérlő és az egyéb felügyeleti rendszerek, mint a GSM, illetve a teljesítmény szabályzó eszközök, PMU-k üzemben maradnak. A vezérlést is a single-master sémáról multi-master-re módosítja, hogy ezzel a belső rendszerek önfenntartását biztosítsa az AC tápsín, és az energiatároló egységek segítségével. Így a sziget visszaáll a lekapcsolódás előtti állapotra.

A következő N+1- esetre, így a sziget szakaszolásának megnyitása, valamint a fogyasztók sorrendi felkapcsolása marad. A felcsatlakoztatás folyamata hasonlatos a már megismerthez, azzal a különbséggel, hogy ebben az esetben nincs szükség a teljesítmény redukciójára. Viszont a mikrogrid vezérlőnek folyamatosan figyelemmel kell kísérnie a KÖF hálózat leválasztó transzformátorát, valamint a hálózat villamos paramétereinek változásait. Tehát minden egyes felhasználói csoport rákapcsolásánál vizsgálni kell a csatlakoztatás által generált villamos paraméterek változásait. Szükség esetén hátrátni kell a nagyobb terhelések felcsatlakoztatását a hálózatra. Valamennyi hálózati fogyasztó sikeres visszacsatlakoztatása esetén a mikrogrid vezérlő visszatér az eredeti állapotába, vagyis felügyeli a villamos paramétereket és fogyasztási trendeket tárol a következő esetleges black-out esemény bekövetkeztéig. Továbbá a töltéstároló rendszerek töltöttségét folyamatosan vizsgálni kell, valamint elhasználódásuk esetén cserélni szükséges.

## **Összefoglalás**

A decentralizált villamosenergia termelés a jelenleg fennálló energetikai rendszer alapvető jellemzője, mely a rendszer magas fokú fejlettségéről ad tanúbizonyságot. Összetettségéből fakadóan a lokális energiatermeléstől már kizárólag elvonatkoztatva beszélhetünk a régmúlt idők távlatából. Azonban mindkét sémának megvannak az előnyei, hátrányai, melyek befolyással vannak a gazdasági, társadalmi rendszerekre.

Ennek megfelelően a villamosenergetikai rendszerek prioritása kiterjedéséből adódóan, illetőlegesen interdependenciájának a többi technológiai és gazdasági területre vonatkoztatva megnövekedett. Immáron olyan rizikó faktort hordoz magában, melynek elhanyagolása megengedhetetlen, ezért mint nemzeti létfontosságú infrastruktúrára tekintünk rá. Ezt kiváltképp alátámasztja bármely black-out esemény a közelmúltból, mely kontinenstől függetlenül súlyos következményekkel járt, mind gazdasági mind pedig társadalmi szempontból.

Ezért a rendszervédelem további kiterjesztését választva szükségessé vált a teljes rendszer hierarchiájának interpretálása a Gráfelmélet alkalmazásával. Így vizualizálva a kapcsolódási pontok koherensét, alkalmazott feszültség szintenként. Ezen vizsgálat jelentősége prioritálan kap szerepet a hálózati szigetüzem kialakítása során, mivel erre építve alkotható meg teljes részletességgel a globális rendszerből kialakított independens alhálózat. Az első hipotézisnek megfelelően célként került meghatározásra a hálózati szigetüzem, mint a decentralizált villamosenergetikai rendszer veszélyhelyzet alatti üzembiztonság növelésének egyik szignifikáns megoldása.

A szeparált hálózati rendszer megvalósításához a fogyasztói szokások vizsgálata fontos tárgyat képezett, így az igények felmérésének folyamatához egy felhasználói mintán végzett beható analízis vált szükségessé. A felmérés során valamennyi háztartási fogyasztási eszköz szekcionált adatfelvétele és azok empirikus kiértékelése során egy átlagos fogyasztási értéket generálva állt elő egy mutató mely a felhasználók igényeit számszerűsíti. A megadott átlagos fogyasztási adatból tervezhetővé vált a szigetüzemű redukált villamosenergiát szolgáltató rendszer veszélyhelyzet alatti villamos szolgáltatási paramétere.

A szigetüzemű rendszer elméleti hierarchikus felépítésének kidolgozása során fontos kritériumként jelent meg az egyénekenkénti fogyasztási paraméter, ahol a rendszer tápellátását megújuló, valamint fosszilis áramforrások igénybevételel kell fedezni. A teljes rendszer a már kiépített váltakozóáramú elosztórendszerre épült. Egyéb esetekben az egyenáramú megoldás is lehetőséget jelent legfőképpen a szigeten belüli szinkronizáció szükségtelensége miatt, azonban a rendszer alkalmazásához további kábelhálózat beépítése indokolt. A megfelelő szétválás, elosztás, valamint összekapcsolódás folyamatait a KÖF és KIF hálózatok peremén létesített mikrogrid vezérlő végzi. A black-out alatti fogyasztási igények monitorozását, illetve szabályzását

a fogyasztói végpontokban elhelyezett teljesítmény szabályzó modulok végzik a GSM hálózaton keresztül a mikrogrid vezérlő felügyelete alatt. A redukált teljesítményen felüli szolgáltatás szabályzásáról szintén a központi rendszer gondoskodik, ahol a sziget mozgó tartalékainak dinamikus kiszolgálásával képes az optimális fogyasztási igények kiszolgálására. Az így megtermelt és tárolt energia elosztása ilyen jellegű optimalizálás mellett szavatolja a rendelkezésre állás időbeni maximalizálását a kialakult veszélyhelyzet alatt.

### **3 A MOBIL FELÜGYELETI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS RENDSZER BLACK-OUT ALATTI RENDELKEZÉSRE ÁLLÁSÁNAK NÖVELÉSE**

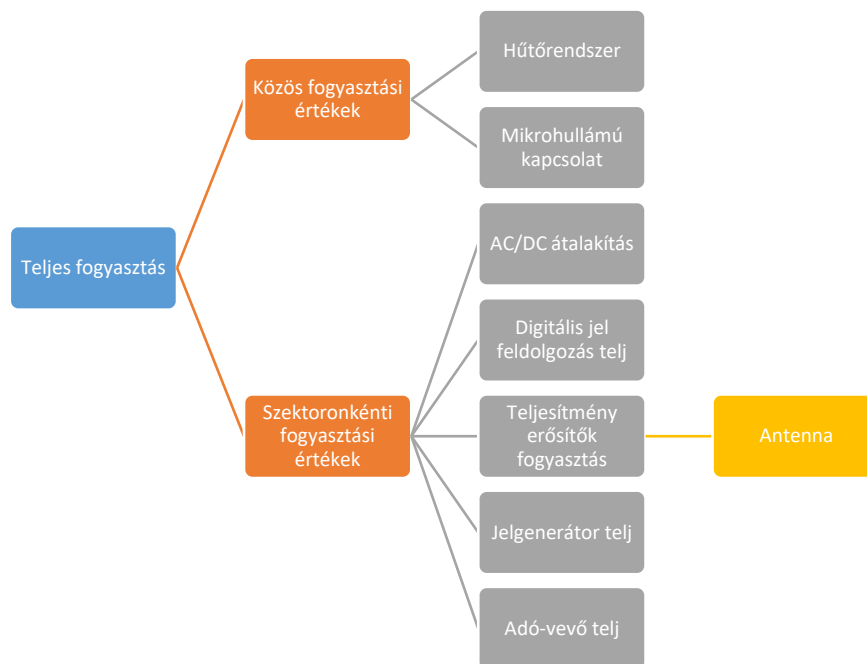
A villamosenergetikai rendszer kiterjedése szerint az egyik legnagyobb hálózatnak tekinthető. A telekommunikációs rendszer mely maga is a kritikus infrastruktúra részét képezi interdependenciális kapcsolatban áll a tápellátását megvalósító rendszerrel. A múltban számos olyan esemény következett be a kommunikáció hiányából, mely éppen ebből eredeztethető vagy meglétének hiánya tovább mélyítette a krízist ezzel tömeghisztériát okozva a lakosság körében. A legjobb példák erre a black-out események, mely során a hálózat bizonyos szakaszai teljesen vagy részlegesen megbénultak, irányíthatatlanná váltak. Ez természetesen visszavezethető a már korábbi kijelentésemre, mely a villamosenergetika és a telekommunikáció szoros kölcsönös függésére utal. A kommunikációs rendszer feletti irányítás elvesztése lerövidíthető amennyiben a rendszer villamosenergetikai hálózattól független tápellátása megoldott. Számos technológiai fejlesztésből meghatározó kommunikációs formák alakultak ki. Megtalálhatók itt mind a vezetékes, valamint a vezeték nélküli, valamint a műholdas megoldások. Ezért hipotézisemnek megfelelően egy az előzőekben ismertetett megoldásra épülő independens mobil tápellátás elméletét állítom fel mely a veszélyhelyzet alatti kommunikációs feladatokat látja el. További elemzésem tárgyát elsődlegesen a mobil kommunikációs rendszerek képezik, mivel jelen technológia ad optimális kihasználtság mellett megfelelő lefedettséget. Az elemzésem kizárólagosan 5G alatti rendszerekre terjed ki mivel az új kommunikációs forma terjedése jelenleg is folyamatban van, így kevés a technológiát jellemző adat áll rendelkezésre.

#### **3.1 Mobil technológiák fogyasztási igényeinek meghatározása**

A mobil információs rendszerek teljesítmény igényének meghatározása összetett feladat, mivel azok dinamikusan változtatják teljesítmény igényüket a felhasználók számától és kódolástól, a hibajavító eljárásoktól, generációktól, a hozzáférési technológiától függően. Ezért egy konstansnak tekinthető normál eloszlású felhasználói körrel rendelkező mobil bázisállomást veszek alapul, amihez tervezni fogom a megújuló energiaforrásokon alapuló szigetüzemű rendszeremet.

A mobil kommunikációs rendszerek az utóbbi években rohamos fejlődésen estek át, melynek fő irányvonala a méretek tipizálása, valamint a magasabb hatásfok, illetve

hatékonyság elérése. A kompaktabb kialakítás kisebb fizikai dimenziókat ezáltal lényegesen sűrűbb áramköri megoldásokat eredményezett. Ezen megoldások háttérében a félvezetőgyártás fejlődése, illetve az ehhez felhasznált integráltáramkörök kedvezőbb csíkszélességgel megtervezett egységei állnak, amik így közvetve is alacsonyabb fogyasztási igényeket mutatnak. Mivel azonban a modulok mérete lecsökkent, illetve összevonásra került a termelt hőmennyiség immáron jóval kedvezőtlenebb esetet eredményez, mint a korábbi megoldások esetében. Az így keletkezett hősokkot aktív hűtési, dedikált klíma rendszerekkel kell a normál szinten tartani. [21],[22]



3-1. ábra A mobil kommunikációs torony fogyasztási adatainak megoszlása

A teljesítmény teljes kiszámításához mindemellett számos részegység adatai is hozzáadódnak, melyek elengedhetetlenek az állomás üzemszerű működéséhez.

$$\sum P = \sum_m^n P_{hűtés} + \sum_p^r P_{adás} + \sum_s^t P_{világítás} + \left( \sum_i^j f_{szektor} \times \sum_k^l P_{eszközök} \right)$$

ahol

$$\sum_m^n P_{hűtés} = \text{az adó klimatikus rendszerének összegzett teljesítménye}$$

$$\sum_p^r P_{ad\acute{a}s} = \text{a mikrohullámú adás összegzett teljesítménye}$$

$$\sum_s^t P_{vil} = \text{a bázisállomás világítástechnikai rendszerének teljes fogyasztása}$$

$$\sum_i^j f_{szektor} = \text{az állomás által üzemeltetett szektorok számával}$$

valamint

$$\sum_k^l P_{eszközök} = P_{digit} + \sum_m^n g_{antenna} \times (P_{erősítő} + P_{adó}) + P_{tápegység}$$

ahol

$P_{digit}$  = a digitális jelfeldolgozó rendszer összteljesítménye

$$\sum_m^n g_{antenna} = \text{a bázisállomásra felszerelt antennák, sugárzók összteljesítménye}$$

$P_{erősítő}$  = az állomás jelerősítő rendszerének névleges teljesítménye

$P_{adó}$  = az állomás teljes adásteljesítménye

$P_{tápegység}$  = az eszközöket ellátó tápegységek teljesítménye

Az előzőleg felírt képletekből látható, hogy az eszközök teljesítménye függ a felszerelt antennák számától, valamint az adott modul mobil generációban betöltött helyzetétől. A korábbi generációk kevesebb energiát fogyasztanak, mint például a 3G, 4G, valamint a jelenlegi 4,5G-s hálózatok, viszont az adatátviteli sebességük jóval elmarad az utóbbi technológiáékétól. Ettől eltérően a további eszközök számára nincs hatással a szektorok mennyisége, vagyis egységesnek tekinthető bármely adott technológiai szinten. Így a következő táblázatban feltüntetett mért értékek konstansnak tekinthetők. [23],[24]

A teljesítmény jellege	Névleges teljesítmény
$\sum_m^n P_{hűtés}$	1200W
$\sum_s^t P_{vil}$	60W
$\sum_p^r P_{adás}$	80W

3-1. táblázat Konstans teljesítmény tényezők

A különböző generációk teljesítmény tényezői más és más kiépítésben egyértelműen eltérő fogyasztási adatokat szolgáltatnak. Egy átlagos felszereltségű napjainknak megfelelő bázisállomás tulajdonságait mutatja be a következő táblázat. [25]

A rendszer jellemzői	GSM 900	GSM 1800	UMTS	HSPA	LTE
Gyártási év	2002	2009	2010	2010	2014
Frekvenciasáv	900MHz	1800MHz	2100MHz	2100MHz	2600MHz
Adóvevők száma	18	12	3	7	7
Adóvevők szektoronkénti megoszlása	7/7/4	4/4/4	1/1/1	1/2/4	1/2/4
Antennák száma szektoronként	2	1	1	2	2
A kimenő teljesítmény szektoronként	50W	25W	25W	20W	20W
A teljes rendszer átlagos fogyasztása	7,5kW			3,72kW	3,77kW

3-2. táblázat A minta bázis állomás paraméterei [26 p.5]

A fenti táblázatból kitűnik, hogy a korábbi technológiák, mint a 2G és a 3G együttesen rendelkeznek akkora fogyasztással, mint a 3,5G, valamint a 4G-s rendszerek. A rendszer elemek prioritizálásánál ez fontos szerepet fog játszani az optimalizálás során, mivel így a felsőbb, fejlettebb generációk lekapcsolásával az akkumulátorokban tárolt energia hatékonyabban és hosszabb időintervallumig lesz képes az állomást ellátni villamos energiával. A sziget üzem méretezéséhez a következő napi szintű fogyasztási adatoknak kell a rendszernek megfelelni, azonban előtte szeparáltan meg kell vizsgálnunk a bázis állomás DC, valamint AC oldali fogyasztási adatait. A két oldal egyidejű mérése esetén az AC/DC konverterek hatásfoka, valamint a légkondicionáló egység fogyasztása is

meghatározható. A szinuszos oldal teljesítmény tényezőit a következő képlet határozza meg:

$$\sum P_{AC} = P_{hűtés} + P_{vil} + (P_{conv} \times \eta_{conv}) + (P_{UPS} \times \eta_{UPS}) + \sum P_{DC}$$

Ahol a  $P_{conv}$  az AC/DC konverteren eső teljesítmény, valamint annak  $\eta_{conv}$  hatásfoka, a  $P_{UPS}$  a szünetmentes áramforrást biztosító egységen eső teljesítmény különbség, és az egyenfeszültség átalakításához szükséges  $\eta_{UPS}$  hatásfok különbségek, illetve a  $\sum P_{DC}$  az egyenfeszültséget igénylő berendezések együttes teljesítmény igényének, a  $P_{hűtés}$  hűtési rendszernek valamint a  $P_{vil}$  világítási rendszernek az összege.

$$\begin{aligned} \sum P_{DC} = & (P_{dig} \times \eta_{dig}) + (P_{MIMO} \times \eta_{MIMO}) + (P_{SISO} \times \eta_{SISO}) \\ & + (P_{RAV} \times \eta_{RAV}) + (P_{gen} \times \eta_{gen}) \end{aligned}$$

Vagyis a  $P_{dig}$  digitális jelfeldolgozó, valamint az  $P_{SISO}$  egy és több  $P_{MIMO}$  antennás rendszerek, a  $P_{RAV}$  rádió adó-vevő és a  $P_{gen}$  jelgenerátor teljesítmény igényeinek összessége azok hatásfokának tényezője mellett. A fenti levezetés tudatában a mért értékek egy 5 napos periódusára vetített adatokat a következő táblázatban adom meg, ahol a GSM 900-as, valamint a GSM 1800-as rendszer, valamint az UMTS hálózat eredményei tisztán mért KWh-ban megadott értékek, amíg a HSPA és az LTE rendszert leíró teljesítmény értékek felhasználóra vonatkoztatva állnak elő. A korábbi generációk mért adatai egy teljes nyári hétvégét, valamint az azt megelőző és az azt követő napokon készültek, így a teljes terhelhetőség megfigyelhető.

Mobil generáció	DC Fogyasztási viszonyok (KWh)				
	Péntek	Szombat	Vasárnap	Hétfő	Kedd
<b>GSM 900 (I.)</b>	8,37	15,04	14,68	16,45	6,69
<b>GSM 900 (II.)</b>	8,13	14,49	14,21	15,58	6,37
<b>GSM 1800</b>	18,81	34,91	34,48	36,97	15,39
<b>UMTS</b>	6,87	13,42	13,35	13,48	5,83
<b>HSPA</b>	19,41	38,48	37,99	40,92	16,992
<b>LTE</b>	20,95	39,168	38,496	41,472	17,234
<b>SZUM</b>	82,54	155,51	153,21	164,87	68,51

3-3. táblázat DC fogyasztási adatok [26 p.10-11]



A táblázat adataiból kitűnik, hogy a legmagasabb fogyasztási igénye a HSPA, valamint az LTE alrendszereknek vannak. Az összegzett eredmények azt mutatják, hogy előzetesen becslés által egy közel 200KWh napelemes rendszer képes lehet a teljes bázis állomás villamos energia ellátására, azonban a teljes fogyasztási oldal meghatározásához még szükséges az AC oldal vizsgálata is, mely a már korábban említett létfontosságú eszközöket tartják üzemben. Mivel hálózat ezen része háromfázisú, a teljes rendszerre vonatkozólag adom meg az iránymutató számadatokat.

Fázisok	AC Fogyasztási viszonyok (KW)				
	Péntek	Szombat	Vasárnap	Hétfő	Kedd
<b>L1 (átlagos)</b>	6,88	7,2	6,58	7,06	5,36
<b>L2 (átlagos)</b>	4,37	4,83	4,58	4,76	3,78
<b>L3 (átlagos)</b>	4,37	4,78	4,6	4,79	3,76
<b>Teljes napi felhasználás (KWh)</b>	179,12	354,56	337,06	360,57	122,76

3-4. táblázat AC fogyasztási adatok [26 p.17]

A fogyasztási adatok immáron a teljes rendszer igényét szemléltetik, amit egy 360KWh-ás fotovoltaiikus rendszerrel lehet lefedni egy 10%-os tartalékkal számolva ez a szám 400KWh-ra tevődik. A terhelések a három fázison viszonylag egyenletesen oszlanak meg, azonban az L1-en tapasztalható differencia a légkondicionáló egységtől eredeztethető. A magas teljesítmény igény magyarázható azzal a ténnyel, hogy a mérések július hónapban történtek, melyek jelentős külső környezeti hőmérséklettel akadályozzák a rendszer elemek megfelelő szellőzését és hűlését. Ezen értékek a következő szintek között mozogtak.

Hőmérséklet	Péntek	Szombat	Vasárnap	Hétfő	Kedd
<b>Maximum (°C)</b>	33,5	33,2	31,4	34	32,4
<b>Minimum (°C)</b>	28	25,8	25	24,8	27
<b>Átlag (°C)</b>	30,75	29,5	28,2	29,4	29,7

3-5. táblázat A mérés alatti külső hőmérséklet [26 p.6]

Ezen adatokból látható, hogy a mérési eredmények meleg nyári napokon kerültek rögzítésre, melyek tovább növelik a fogyasztási értékeket. Az eddig közölt fogyasztási adatokból és szokásokból immáron megtervezhetővé vált a megújuló energiaforráson

alapuló szükséghelyzeti szigetüzemű mobil kommunikációs állomást megtápláló mikrogrid rendszer, felhasználói oldala. Azonban a felügyeleti rendszer fogyasztása, mely a végponti beavatkozásokat végzi a redundáns villamosenergiaszolgáltatás esetén szintén részét kell, hogy képezze az igényeknek. Tehát meghatározása szükséges a további tervezési fázis megkezdése előtt.

### 3.1.1 A mikrogrid felügyeleti rendszer fogyasztási igényeinek meghatározása

A mikrogrid rendszerfelügyeleti kommunikációs alrendszeréhez tartozó fogyasztási adatok meghatározásához elsődlegesen a végponti beavatkozó szervek teljesítmény igénye szükséges. Ennek oka a korábban már tárgyalt mobil kommunikációs rendszer fogyasztásának meghatározott teljesítmény igénye, vagyis ezzel elkerülhető az igények redundanciája.

A végponti GSM szolgáltatás üzemszerű működéséhez elengedhetetlen szerepe van a mobil kommunikációs modul, a mikrokontroller, valamint a technológiából információt gyűjtő PMU alrendszernek. Következésképpen az eredő teljesítmény számításához a következő összefüggés írható fel.

$$\sum P_{CS} = P_{GSM} + P_{\mu C} + P_{PMU}$$

a képletben kifejezve feszültség és áram értékeket

$$\sum P_{CS} = P_{GSM} + P_{\mu C} + P_{PMU} = (U_{GSM} \times I_{GSM}) + (U_{\mu C} \times I_{\mu C}) + (U_{PMU} \times I_{PMU})$$

behelyettesítve az értékekkel

$$\begin{aligned} \sum P_{CS} &= (5V \times 2A) + (5V \times 1,1mA) + (5V \times 4,3mA) \\ &= 10W + 5,5mW + 21,5mW = 10,03W \end{aligned}$$

Tehát a számolt értékekből az eredő többlet teljesítmény mely a végponti beavatkozók felügyeleti rendszerben betöltött aktív státuszából adódik, kerekítve egy 10W-os pillanatnyi fogyasztás igénnyel számszerűsíthető lakásonként. A felügyeleti rendszer által igényelt villamosteljesítmény idő függő 24/7-es nonstop üzem esetén 0,24KWh-ra adódik. A teljes GSM állomás AC oldali teljesítményével számolva a fogyasztás még száz mérő esetén is a korábban meghatározott tartalékon belül marad, tehát a rendszer ilyen irányultságú módosítása ebből a szempontból irreleváns. Számszerűsítve az előbbi okfejtést a következők szerint:

$$\sum W = \sum W_{AC} + \sum_{W_{CS=1}}^{100} W_{CS} = 360 \text{ KWh} + 2,4 \text{ KWh} = 362,4 \text{ KWh}$$

Tehát a száz lakásos mérő esetén is az igény a maximális tartalékkal számolt érték alatt van.

$$\sum W \leq \sum W_{max} = 362,4 \text{ KWh} \leq 400 \text{ KWh}$$

### 3.2 Az energiatermelő rendszer éves hozamának meghatározása

A sziget megtervezéséhez rendelkezésre álló adatokból a kitűzött cél egy 400KWh-át biztosító stabil megújuló energiaforrásokon alapuló rendszer megtervezése, melynek elsődleges feladata a mobil bázisállomás, valamint a sziget felügyeletéért felelős alrendszer villamos energiával történő ellátása black-out esemény bekövetkezése alatt. Az ellátás biztosíthatóságát nem közvetlenül zöld energiaforrásból kiindulva képzelem el, hanem a beépített munkaakkumulátorok segítségével, így tehát a megújuló energiaforrásokból közvetve történik a megtáplálás. A villamos energia fenntartását legfeljebb 24h-ra tervezem, ami így a jelenleg fennálló rendszert képes hatékonyan újra értelmezni. A szigetüzemű alhálózatot napelemes megújuló energiaforrással támogatva tervezem meg, hiszen hazánk esetében kiemelkedő a napsütéses órák száma, a környező országokhoz viszonyítva, valamint telepíthetősége is jogszabályi oldalról tekintve is kedvezőbb.

A rendszert a következő konstansok megadásával jellemzem [27]:

1. Légtér tisztasági tényező<sup>5</sup>: AM = 1,5
2. A napelem modulok optimális hőmérséklete: 25°C
3. A teljes föld felületet ért maximális direkt sugárzás: E<sub>direkt</sub>=1000W/m<sup>2</sup>
4. A modulok hatásfoka:
  - 4.1 Vékony film napelem hatásfoka: η<sub>tf</sub> = 7% – 13%
  - 4.2 Szilícium napelem hatásfoka: η<sub>si</sub> = 13% – 20%
5. Hazai éves hozam 1kW csúcsteljesítményre vonatkoztatva

$$w_{év} = 1000 - 1300 \frac{\text{KWh}}{\text{KWp} \times a}$$

<sup>5</sup> Légtér tisztasági tényező – Európában a nem merőleges besugárzási tényező 1,5

A modulok hatásfok tényezőjével, valamint a teljesítmény egyensúllyal kapcsolatosan a következő egyenlet írható fel:

$$\eta_{nm} = \frac{P_{max}}{P_{opt}} = \frac{P_{max}}{E_{direkt} \times A}$$

Ahol a  $\eta_{nm}$  a napelem modulok hatásfok tényezője, a  $P_{max}$  a rendszerből kivehető maximális teljesítmény, a  $P_{opt}$  az optimálisan kivehető teljesítmény. Így felírható az egyenlet másik oldala, ami a  $P_{opt} = E_{direkt} \times A$ -val teszi egyenlővé, ebben az esetben az  $E_{direkt}$  a már korábban említett földfelszín ért direkt sugárzás adott felületre vetített mértéke, illetve az  $A$  ismeretlen, mely azon felület mértékét adja meg mellyel lefedhető az adott konstans fogyasztási igény. Az egyenleteket átrendezve a következő összefüggést kapjuk:

$$A_{si} = \frac{P_{max}}{\eta_{nm}} \times \frac{1}{E_{direkt}} = \frac{\sim 17KW}{0,165} \times \frac{1}{1000 \frac{W}{m^2}} = 103,03m^2 \approx 105m^2$$

ahol

$$\eta_{si} = A_{si}(a_1, \dots, a_n) = \frac{a_1 + \dots + a_n}{n} = 16,5\%$$

illetve

$$P_{max} = \frac{W_{max}}{t} = \frac{400KWh}{24h} = 16,66KW \approx 17KW$$

Tehát a szilícium félvezetőn alapuló napelemes rendszerhez szükséges felület  $105m^2$ , amit jelen modulokhatásfok tényezőjének számtani közepével határoztam meg, olyan módon, hogy a  $P_{max}$  maximális teljesítményt a rendszerhez egy napi működéséhez szükséges elektromos munkából visszaszámoltam, ami közel  $17KW$  teljesítményt jelent. [28] A vékonyfilm technológiával számolva a felület mérete a következők szerint alakul a konstans hatásfok függvényében:

$$A_{tf} = \frac{P_{max}}{\eta_{nm}} \times \frac{1}{E_{direkt}} = \frac{\sim 17KW}{0,1} \times \frac{1}{1000 \frac{W}{m^2}} = 170m^2$$

ahol

$$\eta_{tf} = A_{tf}(a_1, \dots, a_n) = \frac{a_1 + \dots + a_n}{n} = 10\%$$

Az így meghatározott érték jóval kedvezőtlenebb megoldáshoz vezet, így a továbbiakban a szilícium napelem szerkezeteket részesítem előnyben. Az éves energiahozam kiszámítása:

$$W_{\text{év}} = P_{\text{max}} \times w_{\text{év}} = 17\text{KW} \times 1150 \frac{\text{KWh}}{\text{KWp} \times a} = 19550\text{KWh}/a$$

ahol

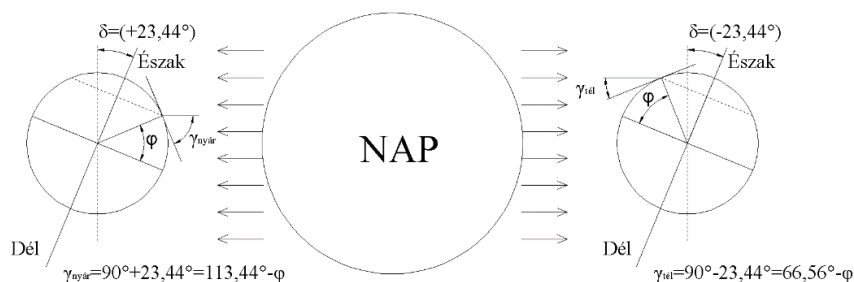
$$w_{\text{év}} = A_{\text{év}}(a_1, \dots, a_n) = \frac{a_1 + \dots + a_n}{n} = 1150 \frac{\text{KWh}}{\text{KWp} \times a}$$

Az éves hozam így egy  $P_{\text{max}} = 1\text{KW}$  teljesítményű rendszerre tekintve, mely szintén egy az országra vonatkoztatott számtani közép által meghatározott érték  $1150 \frac{\text{KWh}}{\text{KWp} \times a}$  -ra adódik. Jelen értékek ideális besugárzás esetén valósulnak csak meg. Ahhoz, hogy a rendszer minél jobban közelítse ezen számítási eredményeket a napelemek beállítását úgy kell elvégezni, hogy a lehető leghosszabb ideig a legnagyobb hasznos besugárzás érje a cellák felszínét. Ez csak abban az esetben érhető el, ha telepítés helyszínén az optimális dőlésszöget, valamint a nap haladását is számítjuk. Így most a megfelelő számításokat kell elvégezni a hatásfok maximalizálásához. Mivel a bolygónk folyamatos forgással kering a Nap körül, valamint tengelye is döntött, így a téli-nyári időszakra kell az adott dőlésszöget meghatározni. A két évszakhoz mérten meghatározható egy maximális, valamint egy minimális dőlésszög ezek a következő összefüggésekkel fejezhetők ki:

$$\gamma_{\text{nyár}} = (90^\circ + 23,44^\circ) - \varphi = 113,44^\circ - \varphi$$

$$\gamma_{\text{tél}} = (90^\circ - 23,44^\circ) - \varphi = 66,56^\circ - \varphi$$

A  $\gamma$  értéke attól függ, hogy az ekvatoriális egyenes mekkora ( $\varphi$ ) szöget zár be a rá húzott merőleges érintővel. A Föld tengelyének ferdesége nyáron  $23,44^\circ$  télen  $-23,44^\circ$ , mely a nyári és téli nap-éj egyenlőség esetén változik ezen két szög érték között.



3-2. ábra A Föld tengelyének változása

Tehát számolva egy magyarországi Hatvan város melletti bázisállomás koordinátaival, mely az északi szélesség  $47^{\circ}40'11,89''$  és a keleti hosszúság  $19^{\circ}38'41,77''$  -nál fekszik a Nap beesési szöge:

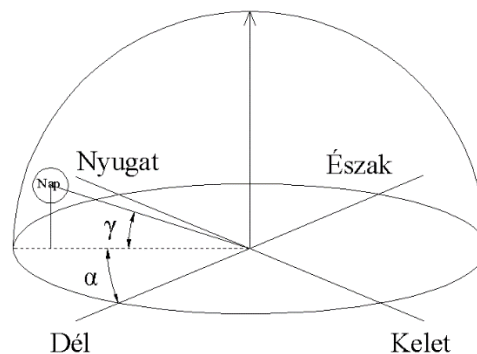
$$\gamma_{nyár} = (90^{\circ} + 23,44^{\circ}) - 47,67^{\circ} = 113,44^{\circ} - 47,67^{\circ} = 65,77^{\circ}$$

valamint

$$\gamma_{tél} = (90^{\circ} - 23,44^{\circ}) - 47,67^{\circ} = 66,56^{\circ} - 47,67^{\circ} = 18,89^{\circ}$$

### 3.3 A szoláris út és a különböző reflexiós hatások vizsgálata

A nap haladásának felvétele elengedhetetlen az optimális hatásfokú napelemes rendszer kidolgozásához. Az adott szélességi és hosszúsági fokokon a Nap beesési szöge a nyári és a téli értékek között dinamikusan változik. A Nap haladása a horizonton szintén egy fontos paramétere a tervezésnek, mely számos tényező figyelembevételével történik. A Nap azimutjának meghatározáshoz szükséges a helyi idő szerinti eleváció meghatározása. [29]



3-3. ábra A Nap égtájak szerinti mozgása

Az idő kiszámítását a következő összefüggéssel végeztem:

$$T = UTC \mp t_{dif} \times \left( \frac{a}{\frac{360^{\circ}}{24h}} \right) = UTC \mp t_{dif} \times \left( \frac{a}{15^{\circ}} \right)$$

Ahol az **UTC** az egyezményes koordinált világidő, valamint az adott terület koordinátájából adódó  $t_{dif}$  időzóna eltérésének szorzata az **a** hosszúsági fok, valamint egy óra időintervallum fokban megadott hányadosával. Ahogy az ábrán is látható az óramutató járásával megegyező irány a pozitív, vagyis a nyugati irány. Az ellentétes irány negatív, tehát a keleti irányítottságot adja meg. A Nap Föld körüli pályájának meghatározásához, vagyis az idő megfeleltetése fokban a következő egyenlettel írható le.

$$\omega = (T - 12) \times 15^\circ$$

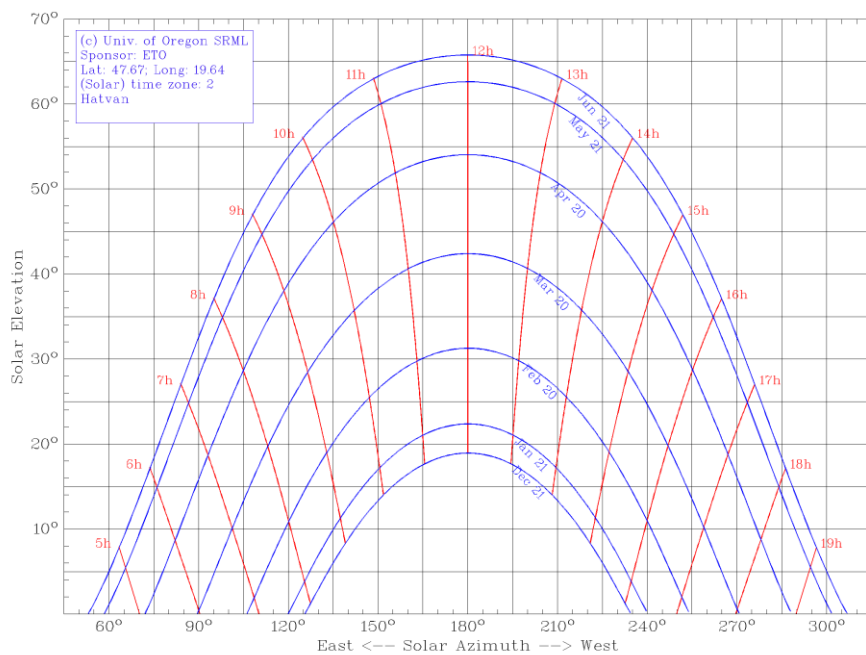
Így a teljes haladási irány meghatározható az égbolton, tehát a fenti ábrára felírva a szögfüggvényeket a következőképpen írható le.

$$\sin \gamma = \sin \varphi \times \sin \delta + \cos \varphi \times \sin \delta \times \cos \omega$$

rendezve

$$\sin \alpha = \frac{\cos \delta \times \sin \omega}{\cos \gamma}$$

A képletben  $\cos \delta$  a Föld tengelyének ferdeségét adja meg, valamint a  $\sin \omega$  a már korábban felírt idő felosztását definiálja a  $\cos \gamma$  az adott helyiség koordinátájának szélességi fokokra vetített paramétere. A korábbi számítást elvégezve napkeltétől napnyugtáig, valamint a maximális, illetve minimális beesésiszög mellett a következő pályagörbék jellemzik az adott koordinátára vetített nap haladási irányát.

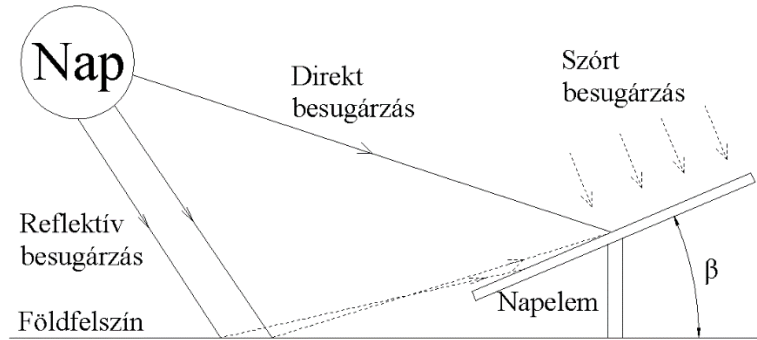


3-4. ábra A Nap haladása az égbolton [30]

Ezzel meghatározottá vált a napelemes rendszer irányítottságának, valamint a táblák égbolttal bezárt szögének paraméterei. Az ideális beállítás esetén viszont figyelembe kell venni azt a tény, hogy a napelemek felületét nem csak kizárólag direkt besugárzás érheti, hanem a sugarak visszaverődhetnek tereptárgyakról vagy a fölfelületről, illetve a szórt fényű sugárzás is tovább növelhető a modulok termelékenységét is.

$$\sum E = E_{direkt} + E_{refl} + E_{szórt}$$

Ebből következik, hogy az eddig feltüntetett  $E_{direkt} = 1000\text{W/m}^2$  földfelületre érkező közvetlen sugárzás optimalizálható, olyan módon, hogy hasznosítani lehessen a már említett további napsugárzási formákat.



3-5. ábra A besugárzás típusai

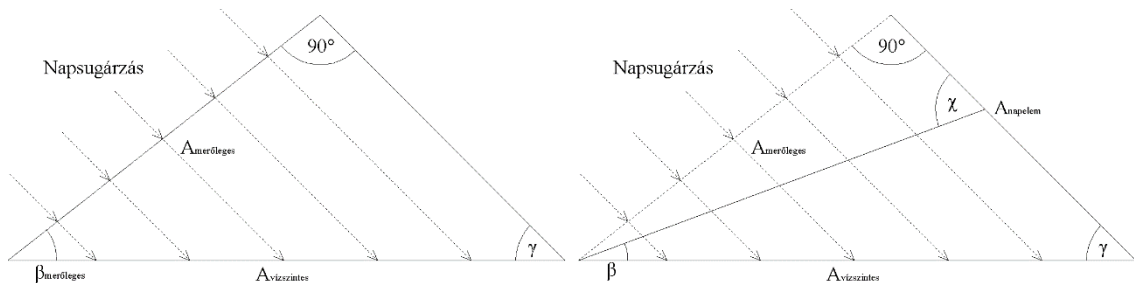
Az előző egyenletet felhasználva és kiegészítve a direkt besugárzás adott felületre leadott sugárzási teljesítményével.

$$E_{direkt} = \frac{P_{opt}}{A_{vízszintes}} = E_{merőleges} = \frac{P_{opt}}{A_{merőleges}}$$

behelyettesítve

$$\sum E = \frac{P_{opt}}{A_{vízszintes}} + E_{refl} + E_{szórt}$$

Ahol a  $\sum E$  a teljes napelem felületére jutó sugárzás mértéke, a  $P_{opt}$  a sugárzás teljesítménye,  $A$  pedig az adott felület, ahol a napsugárzás hasznosul.



3-6. ábra A Nap sugárzásának beesési szöge

A fenti ábrán mind a sugárzásra merőleges, mind pedig a közvetlen sugárzás megfigyelhető. Ebből következtethető, hogy az első esetben, ami az ideális, feltüntetett



nyilakkal szimbolizált napenergia koncentráltabb, mint a második esetben, mivel a sugárnyalábok közelebb helyezkednek el az adott felületen egymáshoz, amit a  $\beta$  szög eltérése okoz. Ebből, tehát felírva a trigonometrikus egyenletek a következők:

$$A_{merőleges} = A_{vízszintes} \times \sin \gamma; A_{merőleges} = \cos \beta \times A_{napelem}$$

ahol

$$\beta' = \beta_{merőleges} - \beta$$

Átrendezve az  $E_{direkt}$  egyenletet a következő egyenlőséget kapjuk:

$$E_{direkt} \times A_{vízszintes} = E_{merőleges} \times A_{merőleges}$$

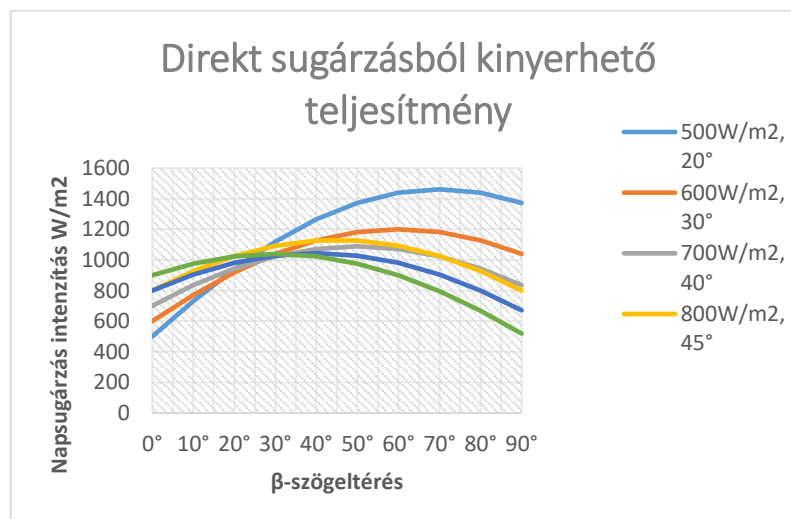
behelyettesítve az egyenletbe

$$E_{direkt} \times \frac{A_{merőleges}}{\sin \gamma} = E_{merőleges} \times \cos \beta \times A_{napelem}$$

Kifejezve és behelyettesítve a  $\beta$ -ba a  $\beta'$  összefüggést:

$$E_{direkt} \times \frac{A_{merőleges}}{\sin \gamma} = E_{merőleges} \times \cos (\beta_{merőleges} - \beta') \times A_{napelem}$$

Jelen összefüggéssel számolva, valamint a napelem dőlésszögén változtatva  $0^\circ$ - $90^\circ$ -ig a következő értékek várhatóak, az évszakok, valamint a napsugárzás intenzitás függvényében:



3-7. ábra Napsugárzás intenzitása

Az optimális sugárzási intenzitás hasznosítása a kiválasztott 800W/m<sup>2</sup>-es görbe 45°-os  $\beta$  szögeltérésénél nyerhető ki, így az elkövetkezendőkben is ezzel a viszonyzámmal számolok. A direkt sugárzáson felül számolhatunk a már korábban említett szórt, valamint visszaverődő sugárzással is. Kifejtett hatásuk ugyan alacsonyabb, mint a közvetlen sugárzásé, azonban nem elhanyagolandó. A szórt sugárzás egy csupán becsülhető, közelítő összefüggéssel számolható a következő összefüggéssel:

$$E_{szórt} = E_{szórt-vízszintes} \times 0,5 \times (1 + \cos \beta)$$

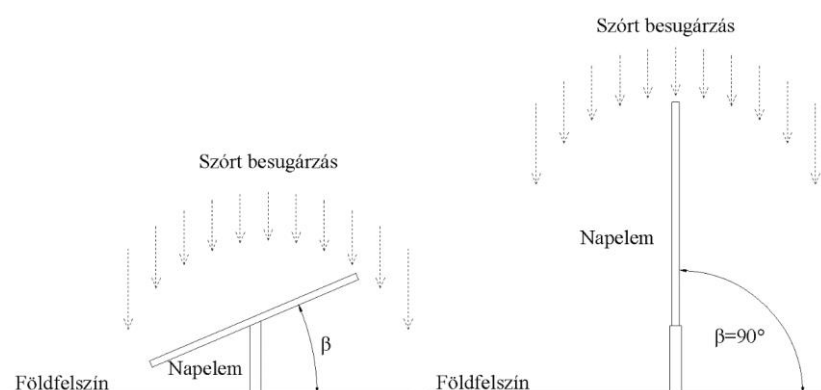
A közvetett, reflektív sugárzás a tereptárgyak felületéről visszaverődő fénysugarak napelem rendszerben hasznosulását jelenti, mely természetesen egy együttható bevezetésével számolható. A visszaverődési együttható (albedó)<sup>6</sup> felületenként, szín variációnként, valamint anyag minőségéneként változó érték. Ez egy szintén egy közelítéssel adható meg hasonlóan a szórt fényhez. Néhány felületi minta és a róluk visszaverődő sugarak együtthatói láthatók a következő táblázatban.

Anyag	Reflektív együttható	Anyag	Reflektív együttható
Aszfalt	0,15%	Fű	0,25%
Beton(tiszta)	0,3%	Gyep	0,2-0,23%
Beton(szennyezett)	0,2%	Hó(friss)	0,8-0,9%
Erdőség	0,05-0,18%	Hó(régi)	0,5-0,7%

3-6. táblázat Fontosabb anyagok reflektív együtthatója [31]

Ezen számértékek esetében a közelítő számítás a következők szerint számolható:

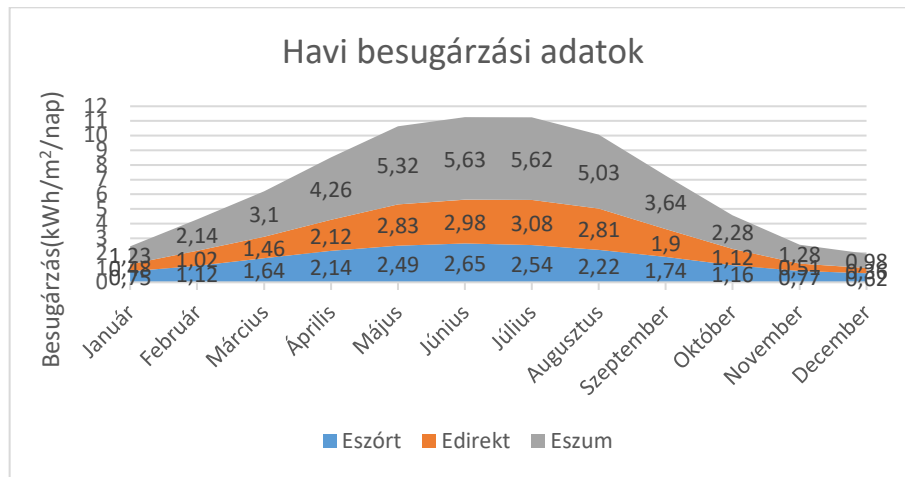
$$E_{refl} = E_{refl-vízszintes} \times 0,5 \times (1 - \cos \beta) \times \alpha$$



3-8. ábra A napelemek dőlésszöge, valamint a szórt sugárzás függvénye

<sup>6</sup> Az albedó egy olyan számérték, mely százalékosan adja meg a beesési, valamint a visszavert sugárzást

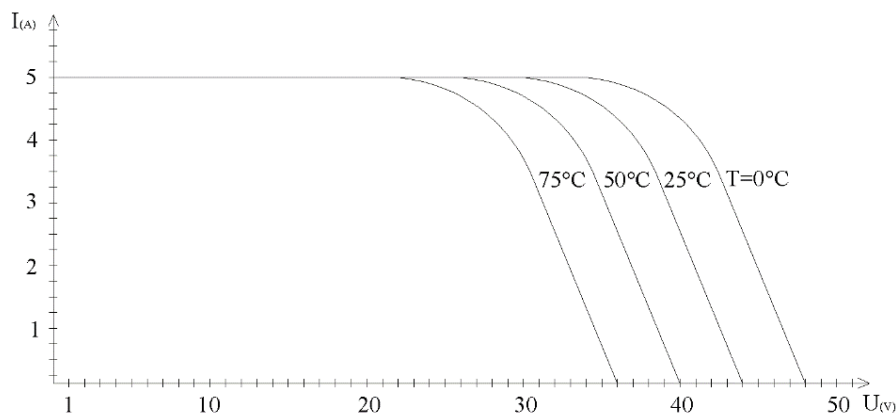
A besugárzási adatok effajta becslése hosszadalmas, valamint az időjárás befolyásoló hatása miatt nem feltétlenül tükrözi a valós adatokat, így a NASA adataira támaszkodom elsősorban melyek több mint 20 év méréseit összesítve nyerhetők ki. A következő ábra ezen adatsorok alapján készült besugárzást mutatja egy teljes évre vonatkoztatva:



3-9. ábra: Összesített besugárzási adatok a tárgyévre vonatkoztatva

### 3.4 A napelemes táblák kiválasztásának matematikai folyamata

Az eddigi számításokból, illetve környezeti hatásokból lassanként körvonalazódik a teljes rendszer felépítése, azonban még néhány fontos változóval kalkulálni kell, melyek nagyban befolyásolják a rendszer termelékenységét, illetve hatásfokát. Így meg kell vizsgálni a szilícium félvezető szerkezetek hőmérsékletre adott reakcióját is. A félvezetős technikához hasonlatosan a napelem szerkezetek hatásfoka is romlik mind a panelek felszínén mért hősokk mind pedig a környezeti hőmérséklet növekedésével.[32]



3-10. ábra A napelem feszültség/áram karakterisztikája

A fenti ábrából is látható, hogy a munkapont eltolódik a hőmérséklet növekedésével, valamint 10V-os kimeneti feszültség különbséget is okozhat. Egy hagyományos napelem

esetén a jellemző adatokat, valamint görbéket a gyártók megadják, ahonnan számíthatók a szükséges paraméterek.

$$T_{napelem} = T_{környezet} + (T_{optimális} - 20^{\circ}C) \times \frac{E_{direkt}}{E_{optimális}}$$

Ahol a  $T_{környezet}$  a környezeti hőmérséklet, valamint a  $T_{optimális}$  a napelem saját működési hőmérsékletét jelenti, természetesen  $^{\circ}C$ -okban. Az  $E_{direkt}$  valamint az  $E_{optimális}$  a maximális földfelszín ért direkt sugárzás valamint a napelemet ért sugárzás tényleges mértéke. Egy kiválasztott napelemen ez a következő hőmérséklet, valamint hatásfok függést jelenti.

$$T_{napelem} = 34^{\circ}C + (45^{\circ}C - 20^{\circ}C) \times \frac{1000 \frac{W}{m^2}}{800 \frac{W}{m^2}} = 65,25^{\circ}C$$

ebből következtetve a tényleges teljesítmény veszteség, amit a nyári meleg okoz:

$$P_{napelem} = P_{STC} \times (1 + T_C \times (T_{napelem} - 25^{\circ}C))$$

behelyettesítve

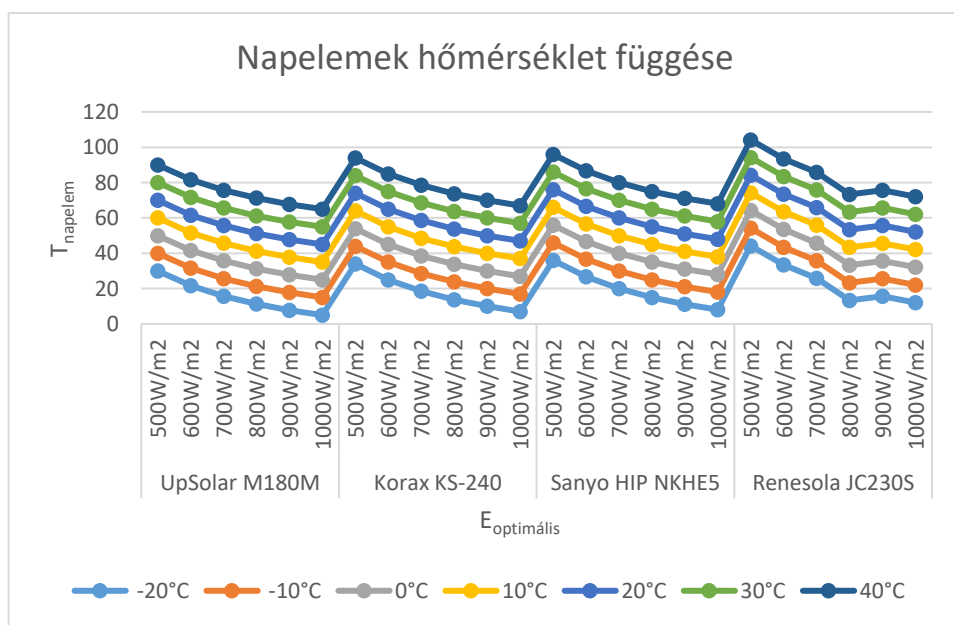
$$P_{napelem} = 180W \times \left(1 - 0,43 \frac{\%}{K} \times (65,25^{\circ}C - 25^{\circ}C)\right) = 148,84W$$

A fenti összefüggésből látható, hogy az Upsolar UP-M180M típusú 180W leadására képes napelem mindösszesen a 17,4%-os teljesítmény csökkenés mellett képes  $34^{\circ}C$  környezeti hőmérséklet mellett üzemelni. Ebből következtethető, hogy az ilyen fokú csökkenés pótlását a napelem táblák számának növelése mellett lehet kikompenzálni. A további vizsgálataim egyéb típusokra is átterjednek, melyek jellemzően az Óbudai Egyetem Megújuló energiaforrásokkal foglalkozó kutatóhelyén kerültek beépítésre, hasonlóan az Upsolar egységhez. Vizsgálataimat, tehát valamennyi eszközön elvégeztem és azt táblázatos formában rögzítettem, valamint diagrammokon ábrázolva tárom fel a különbségeket különböző környezeti hőmérsékletek mellett.

Napelem tábla	P <sub>STC</sub>	T <sub>optimális</sub>	T <sub>c</sub>	I <sub>MPP</sub>	U <sub>MPP</sub>	ΔP(34°C)
UpSolar M180M	180W	45°C	-0,43%/K	5,03A	35,8V	46,43W
Korax KS-240	240W	47°C	-0,47%/K	7,95A	30,2V	48,22W
Sanyo HIP NKHE5	215W	48°C	-0,3%/K	5,13A	42,0V	28,38W
Renesola JC230S	230W	52,1°C	-0,51%/K	7,9A	29,1V	57,48W

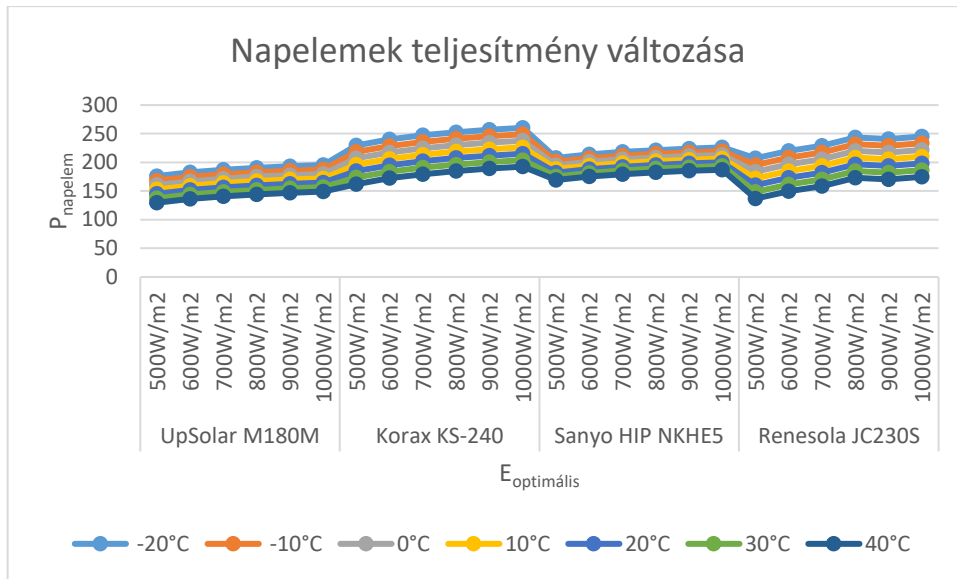
3-7. táblázat: ÖE napelemek paramétere

Az első diagramm a különböző napelemek hőmérséklet függését hivatott ábrázolni, a két leg szélsőségesebb paraméterek közepette. -20°C, valamint 40°C közötti hőmérsékleteken vizsgáltam 10°C-os dekádoként, illetve 500W/m<sup>2</sup> és 1000W/m<sup>2</sup> sugárzási értékek között, 100W/m<sup>2</sup>-es felbontással. A fenti táblázatból kitűnik, hogy a napelem táblák eltérő gyártóval, valamint paraméterekkel rendelkeznek. Számításaim szempontjából a T<sub>optimális</sub> érték és a T<sub>c</sub> hőmérsékleti együtthatók fogják a legnagyobb különbségeket képezni.[33][34][35][36]



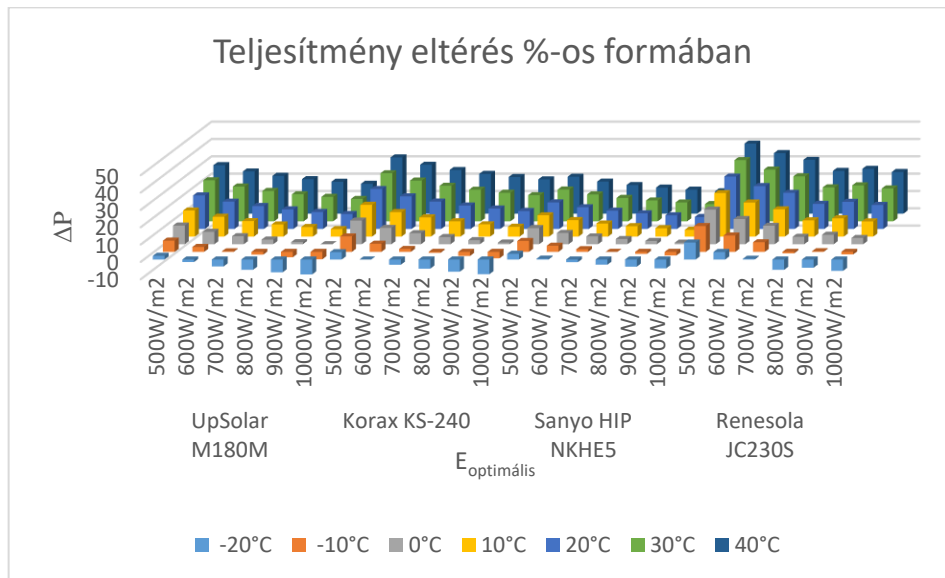
3-11. ábra Napelemek hőmérséklet függése a sugárzás függvényében

A fenti ábrából jól látható, hogy adott környezeti hőmérséklet mellett, valamint meghatározott besugárzás esetén mekkora hőmérséklet keletkezik a napelem modulok felületén. Ezen hősök negatív mértékben hat a modulok hatásfokára.



3-12. ábra Napelemek teljesítmény változása hőmérséklet és a besugárzás függvényében

A teljesítménycsúcs a Korax esetén a legmagasabb azonban ez elsősorban a kedvező teljesítmény-, valamint hőmérsékleti együtthatójának is köszönhető. A leggyengébb eredményt a Renesola terméke szolgáltatta, ennek  $T_c$  együtthatója  $-0,51\%/K$ . [28]



3-13. ábra Teljesítmény eltérés százalékos kimutatása

A teljesítmény viszonyok változását százalékos formában is rendelkezésre bocsájtom, ilyen formában jobban vizualizálhatók a különbségek. A későbbi rendszer tervezéshez a kiértékelés során legmagasabb elvárásoknak is megfelelő Sanyo termékét fogom használni, mivel az kiváló hőmérsékleti koeficiens értékkel ebből következőleg remek hatásfokkal bír. Az optimális teljesítmény kiszámításához a már korábban számolt

17KW-os rendszer eléréséhez a modulonkénti termelőképeség arányában a következő összefüggés alapján előre jelzett tábla szám a következő:

$$\begin{aligned} \text{Napelem szám} &= \frac{P_{max}}{P_{napelem}} = \frac{P_{max}}{P_{STC} \times (1 + T_C \times (T_{napelem} - 25^\circ C))} = \frac{17KW}{189,2W} \\ &= 89,85 \approx 90db \end{aligned}$$

ahol

$$T_{környezet} = 30^\circ C, \quad E_{optimalis} = 800 \frac{W}{m^2}, \quad \beta = 45^\circ$$

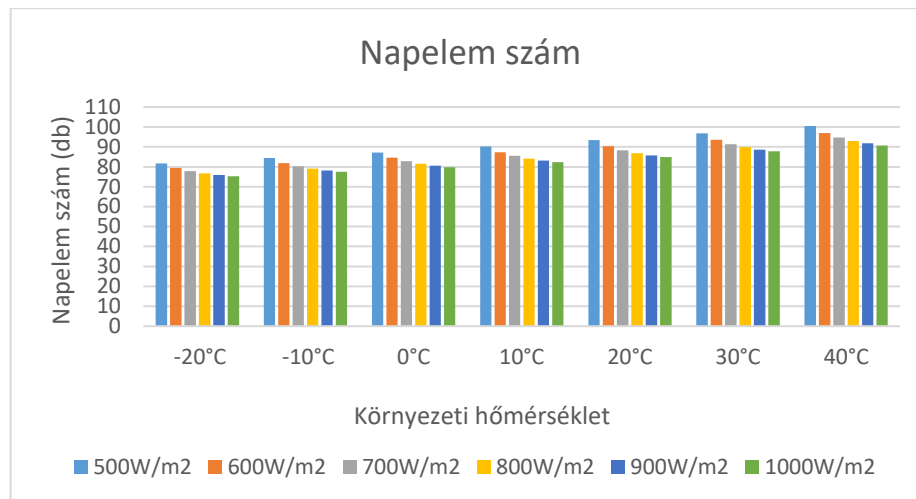
Tehát egy meleg nyári napra számítva a rendszer csúcsteljesítmény igényéhez 90db Sanyo napelem modulra van szükség, egyértelműen ezen becsült érték egy átlagos nyári nap esetén került kiszámításra. További optimalizáláshoz szükséges egy teljes évre vonatkoztatott állapot becslés. A következő ábrán a teljes évre vonatkoztatott besugárzással, valamint hőmérséklet ingadozással számolt igény látható. Ahol a vizsgálati határértékek a következők szerint változnak:

$$-20^\circ C \leq T_{környezet} \leq 40^\circ C$$

$$500 \frac{W}{m^2} \leq E_{optimalis} \leq 1000 \frac{W}{m^2}; \quad \beta = 45^\circ$$

### 3.5 A napelemes betáplálási rendszer sematikus modellje

A napelemes modell a korábbi matematikai módszereken keresztül definiálható immáron a gyakorlatban is alkalmazható egységes rendszerré. A független betáplálási rendszer jelenlegi alkalmazásában kizárólag direkt energiaellátásra alkalmas, melynek teljesítőképeségét befolyásolja a külső hőmérséklet mértéke mellett a vezeték belső ellenállása.



3-14. ábra: Napelem táblák számának alakulása

Az ábrából leolvasható, hogy a legrosszabb esetben is mely  $T_{\text{környezet}} = 40^{\circ}\text{C}$ , illetve  $E_{\text{optimális}} = 500\text{W/m}^2$  besugárzás esetén is 100db modul elegendő a fogyasztási igények kielégítéséhez. Viszont ez csak abban az esetben mondható helyes számításnak, ha a napelemek hatásfoka ideális, de mivel már a számításom is 12% veszteséget mutat verőfényes napsütésben, ideális szögekkel számolva. Ehhez még hozzá tartozik, hogy a besugárzás nem egyenletes, télen alacsonyabb, valamint a napelem felülete szennyezetté válik, havas lesz, valamint a napsütéses órák száma 24 óra, ami szintén nem lehetséges. Ezek mind-mind csökkentik a megtermelhető villamos energiát, arról nem is beszélve, hogy az éjszaka folyamán, releváns, hogy a rendszer nem termel energiát. További veszteségek tapasztalhatók a termelési oldalon kialakított kábel hálózaton, mely a vezetékek ellenállásából, így ezáltal a rajta eső feszültségből következik.

$$R = \frac{\rho \times l}{A}$$

A kialakított 6db napelem hurokra vonatkoztatott vezetékek ellenállása ezáltal feszültség esése a következők szerint alakul, behelyettesítve az előző képletbe:

$$R_{\text{hurok}} = \frac{0,0175 \times 15\text{m}}{4\text{mm}^2} = 0,0656\Omega$$

$$R_{\text{gerinc}} = \frac{0,0175 \times 25\text{m}}{6\text{mm}^2} = 0,0729\Omega$$

A teljes teljesítmény veszteség a két vezeték típus eredőjével számítható, vagyis:

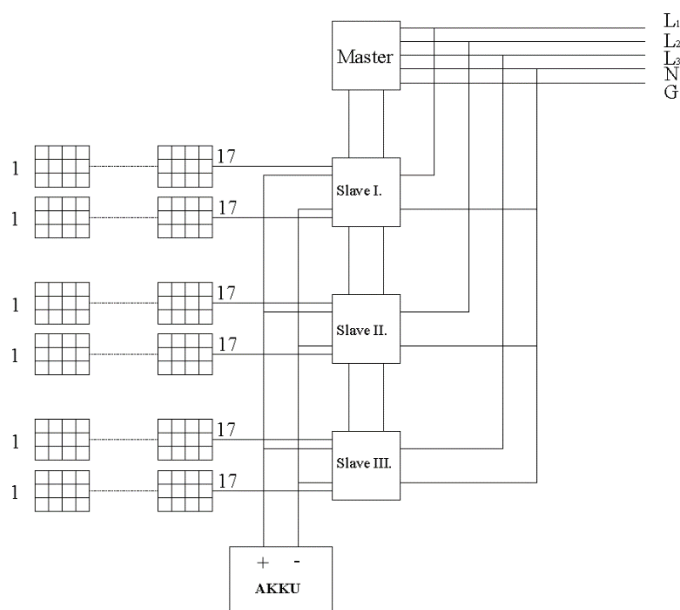
$$P_{vv} = I^2 \times R = \sum I^2 \times R_{\text{hurok}} + \sum I^2 \times R_{\text{gerinc}}$$



behelyettesítve

$$P_{vv} = 6 \times 5,13A^2 \times 0,0656\Omega + 30,78A^2 \times 0,0729\Omega = 79,42W$$

Az elektromos hálózatok esetén a megengedett teljesítmény esés 1%, esetünkben ez 0,46%-ra adódik, ami megfelelő. A megfelelő vezeték hálózat kiválasztása után felvázolom a napelemes villamos rendszer sematikus ábráját.



3-15. ábra A tervezett szigetüzemű napelemes rendszer sematikus ábrája

Az ábrából látható, hogy a 6 hurok egyenként 17 modullal szolgálja ki a fő invertert, mely után további három szigetüzemű átalakító rendszer dolgozik. Minden egyes alrendszer további energiatároló cellákat tartalmaz. A letárolható energia mennyiséghez ismerni kell a teljes rendszer által hasznosítható besugárzás mértékét. Ami teljesen eltérő az ideálisnak mondható napelem számtól. Ehhez az előző ábra adatait felhasználva meghatározható a teljes, rendszer által kitermelhető teljesítmény. [37]

$$P_{csúcs} = \frac{W_{max}}{T_{Nap} \times k_{napelem} \times k_{hő} \times \eta_{inverter} \times MPPT}$$

behelyettesítve

$$P_{csúcs} = \frac{400KWh}{1,23h \times 1,88 \times 1,06 \times 0,984 \times 1} = 165,84KWp$$

Vagyis, immáron valós adatokkal számolva ahhoz, hogy a rendszer egyetlen nap alatt megtermelje a 400KWh igényt egy 165,84KWp csúcs teljesítményű rendszerre van szükség. Ami estünkben közel 10 szeres modul mennyiséget okoz. Tehát hiába egyenlő

a modulok összteljesítménye a csúcsteljesítménnyel nem elegendő villamos energiát termelnek. Így átalakítva az egyenletet, mondhatni visszájára fordítva 17kW-al számolva egy átlagos januári nap alatt a következő villamos teljesítmény nyerhető ki:

$$W_{nap} = P_{csúcs} \times (T_{Nap} \times k_{napelem} \times k_{hő} \times \eta_{inverter} \times MPPT)$$

behelyettesítve

$$W_{nap} = 17KW \times (1,23h \times 1,88 \times 1,06 \times 0,984 \times 1) = 41KWh$$

Ahol a  $P_{csúcs}$  a rendszer teljesítmény igénye, a  $T_{nap}$  azon időintervallum ameddig a Nap a maximális besugárzást nyújtja az adott hónapban,  $k_{napelem}$  egy viszonyszám mely függ a  $\beta$ -szögeltéréstől, valamint a célterület helyétől. A  $k_{hő}$  egy hőfok függési tényező, mely szintén hónapra vonatkoztatva jelenik meg. Az  $\eta_{inverter}$  az inverter hatásfoka, valamint az MPPT, ami a már korábban említett maximális munkapont követés. Megléte esetén 1 a tényező, hiánya a 0,9-es értéket eredményez.

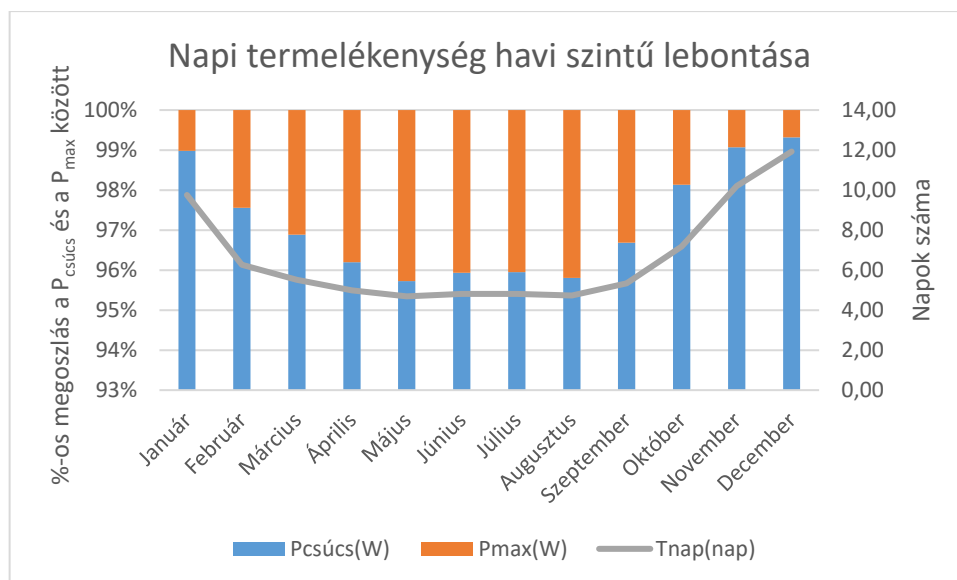
Hónap	Január	Február	Március	Április	Május	Június
$k_{napelem}$	1,88	1,7	1,37	1,15	1,02	0,95
$k_{hő}$	1,06	1,05	1,02	0,98	0,94	0,93
$T_{nap}$ (dél, 45°)	1,23	2,14	3,1	4,26	5,32	5,63
$P_{csúcs}(kW)$	165,84	106,42	93,84	84,67	79,69	81,72
$W_{nap}(kWh)$	41	63,9	72,46	80,31	85,33	83,21
$P_{max}(kW)$	1,71	2,66	3,02	3,35	3,55	3,47
$T_{nap}(nap)$	9,76	6,26	5,52	4,98	4,69	4,81
Hónap	Július	Augusztus	Szeptember	Október	November	December
$k_{napelem}$	0,96	1,08	1,28	1,46	1,76	1,93
$k_{hő}$	0,92	0,93	0,96	1	1,04	1,06
$T_{nap}$ (dél, 45°)	5,62	5,03	3,64	2,28	1,28	0,98
$P_{csúcs}(kW)$	81,89	80,46	90,88	122,12	173,50	202,75
$W_{nap}(kWh)$	83,03	84,51	74,82	55,68	39,19	33,54
$P_{max}(kW)$	3,46	3,52	3,12	2,32	1,63	1,39
$T_{nap}(nap)$	4,82	4,73	5,35	7,18	10,21	11,93

3-8. táblázat: Számolt értékek az igényelt, valamint a tényleges termelőképeségre

A könnyebb átláthatóság érdekében a fenti táblázat tételesen bemutatja, hogy  $P_{csúcs}$  esetében 400KWh villamos energia megtermeléséhez egyetlen nap alatt mekkora beépített csúcsteljesítményű rendszer kell az adott év adott időszakában. A  $W_{nap}$  az egy nap alatt egy 17KW-os rendszerrel megtermelhető teljesítményt mutatja kWh-ban. A  $P_{max}$  a pillanatnyi megtermelt villamos teljesítményt jelöli az adott hónapra vonatkoztatva. A napok száma azon feltételt teljesíti, hogy mekkora időintervallum kell a  $W_{nap}$ -nak, hogy kiegyenlítse a  $W_{max}$  igényt.[38]

$$W_{max} = T_{nap} \times W_{nap}$$

Diagrammon is ábrázolva jól látható, hogy a  $P_{max}$  ténylegesen megtermelt teljesítmény a  $P_{csúcs}$  igényelt villamos energia hány százalékát fedi le.



3-16. ábra Napi termelékenység havi szintű lebontása

Leolvasható az ábráról, hogy a  $T_{nap}$  milyen korrelációval közelíti a két teljesítmény értéket. Mivel ilyen mértékű a különbség mutatkozik az igényelt és a pillanatnyi energia között, ezért a megtermelt energiát akkumulátorokban kell tárolni. Melynek méretezése szintén fontos feladat.

### 3.6 Az optimális energiatároláshoz szükséges alrendszer determinációja

Az optimális rendszer teljesítő képességének determinációjához a napelemes rendszert a már korábban vázolt célnak megfelelően a mikrogrid rendszerhez kell igazítani. Vagyis teljes mértékben independens rendszerként kell kialakítani. Jelen alkalmazás mellett a fogyasztási igény bizonyos hányadát képes lefedni. Így indirekt módon, a megtermelt

villamosenergiát akkumulátor rendszerben kell tárolni és szükséges esetben abból kitárolni.

Az energia tárolás feladatára zselés cellákat használok, mivel ezek a legkevésbé érzékenyek. Karbantartás, gondozást nem igényelnek. A megfelelő kapacitás kiválasztásához a következő összefüggést használom:

$$C_{napelem} = \frac{(T_{nap} \times W_{nap}) \times T_{terhelés}}{0,7 \times U_{rendszer} \times \eta_{inverter}}$$

behelyettesítve az egyenletbe

$$C_{napelem} = \frac{400KWh \times 1nap}{0,7 \times 48V \times 0,958} = 12,42KAh \approx 12,5KAh$$

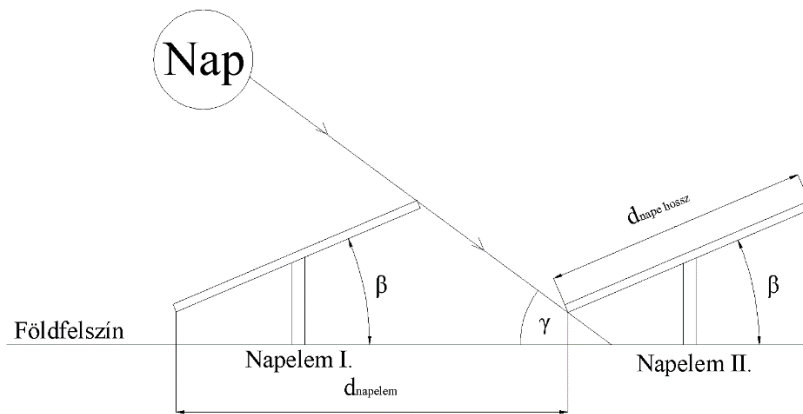
Ahol a  $T_{terhelés}$  azon igénye a rendszernek, hogy meddig kell az adott terhelést kielégítenie, a 0,7-es érték az akkumulátorra jellemző kisülési érték, vagyis 30%-nál nem szabad a töltést lentebb vinni. [39], [40] Mivel az a cella élettartamát, veszélyezteteti, valamint meghibásodásához vezethet, az  $U_{rendszer}$  érték a szigetüzemű inverterek bemeneti DC oldali feszültsége, a  $\eta_{inverter}$  pedig a legalacsonyabb hatékonysággal rendelkező inverterre jellemző hatásfok érték. Ilyen módon a szükséges akkumulátor szám 12,5kAh-ra kerekítve, illetve 200Ah-ás cellákkal számolva is 63db-ot jelent. Az energiatároló rendszer egyenletes elosztása, vagyis szimmetrikus 3f rendszerként 21-21-21db modult jelentene, viszont az egyik fázis a már korábban említett hűtési rendszerrel ellátott ágnak magasabb a fogyasztási igénye, így ezt némileg ki kell egyenlíteni.

$$C_{napelem} = \frac{(T_{hűtés} \times W_{nap}) \times T_{terhelés}}{0,7 \times U_{rendszer} \times \eta_{inverter}}$$

behelyettesítve az előző egyenletbe

$$C_{napelem} = \frac{24KWh \times 1nap}{0,7 \times 48V \times 0,958} = 745,6Ah$$

Ami így további 4 akkumulátor modult jelent a hűtési rendszer fázisán. A napelem rendszer kiterjedéséből eredően, valamint azon egyszerű okból kifolyólag, hogy az urbanizációtól messze fekszik el, a modulokat földi állványokra terveztem. Ahhoz, hogy ezek a 45°-ban döntött modulok egymást ne zavarják, vagyis az árnyékolás problémája ne lépjen fel, meg kell határozni egy minimális távolságot.



3-17. ábra Az árnyékolási tényező ábrázolása

Az ábrából így felírható a következő összefüggés, mellyel kiszámolható azon legkisebb távolság, ahol még nem következik be az árnyékolás.

$$d_{napelem} = d_{nape\ hossz} \times \frac{\sin(\gamma + \beta)}{\sin\gamma}$$

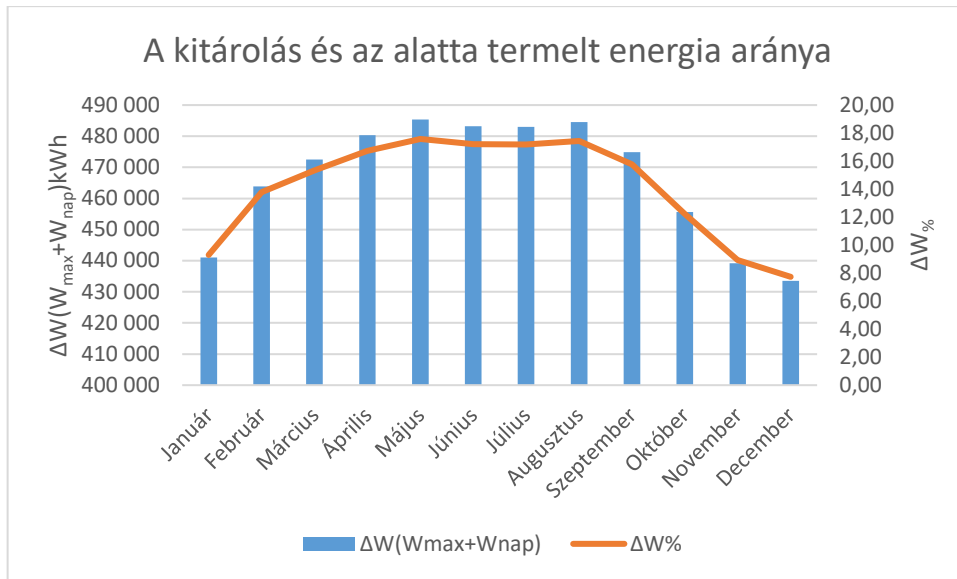
Ahol a  $d_{nape\ hossz}$  a fizikális modul hosszát a  $\gamma$  a már ismertetett nap beesési szögét, valamint a  $\beta$  a napelem dőlésszögét jelenti. Így azt behelyettesítve a Sanyo PV dimenziójával:

$$d_{napelem\ télen} = 1550mm \times \frac{\sin(18,89^\circ + 45^\circ)}{\sin 18,89^\circ} = 4,29m \approx 4,3m$$

$$d_{napelem\ nyáron} = 1550mm \times \frac{\sin(65,77^\circ + 45^\circ)}{\sin 65,77^\circ} = 1,59m \approx 1,6m$$

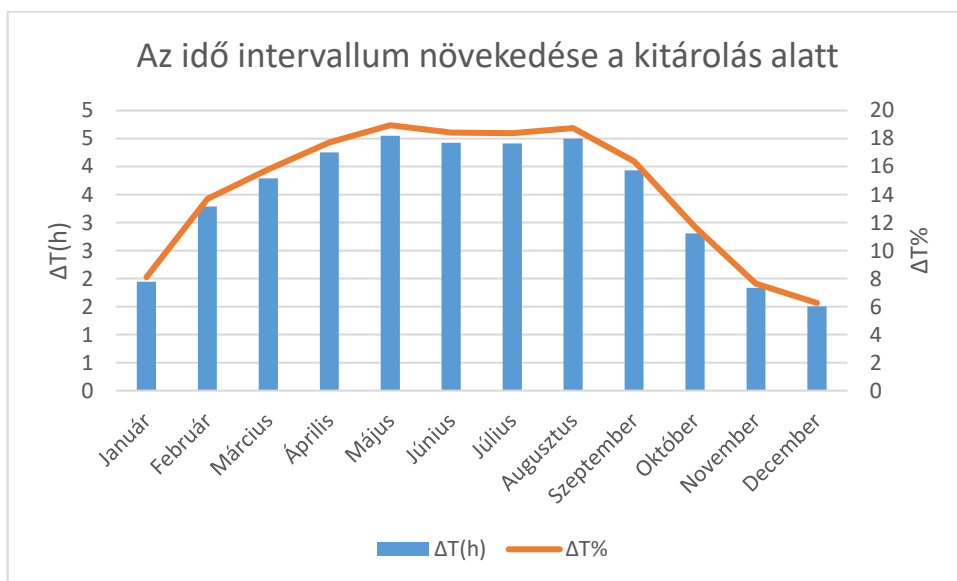
Így a téli-nyári irányítottság miatt célszerű a téli, vagyis a közel 4,3m-es távolságot megtartani, hogy ez a nap beesésszög változása miatt se okozzon problémát.

black-out esetén a mobil állomást egyértelműen az autonóm napelemes sziget táplálja, ami ebben az esetben az akkumulátorokból jut villamosenergiához. A töltés tároló rendszer kapacitása véges, úgy lett méretezve, hogy az legfeljebb 24h-án át szolgálja ki az állomást. Azonban ezen időintervallum, megfelelő időjárási viszonyok mellett tovább növelhető a napelemekből befolyó villamos feszültséggel. A már korábban felvázolt képleteket, valamint értékeket felhasználva ez a következőképpen módosul.



3-18. ábra: Az akkumulátorok kitárolása, valamint az alatti végbemenő termelés aránya

Az ábrából leolvasható azon villamos energia többlet, mely a rendszerben keletkezik a kitárolás alatt. Ezen mérték havi szintű ábrázolás mellett is 8% és 17,5% közé tehető. Ami így időben 1:30h-val a legrosszabb esetben, valamint 4:34h-val hosszabbítja meg a rendszer rendelkezésre állását. [41], [42]



3-19. ábra: A termelésből adódó többlet időbeli lefolyása

A rendelkezésre álló adatok alapján immáron teljes mértékben körvonalazódott, ezáltal vizuálisan is megjeleníthető a tervezett rendszer képe. A szerkezet a következő egyéb megoldásokat tartalmazza:

1. Hegesztett alumínium váz
2. Horizontális irányban dönthető, illetve forgatható napelem tartó keretek

3. Jégverés, illetve egyéb környezeti fizikális behatások elleni védelem a 2. pontra építve
4. Konténerben tárolt akkumulátor telep, mely így védett a környezeti behatások ellen [43][44]

## **Összefoglalás**

A villamosenergetika és a rendszer felügyeletéért, valamint az információcsere lefolytatásáért felelős kommunikációs rendszerek interdependenciális kapcsolatban állnak egymással. Ezen kölcsönös függés a black-out események alatt halmozottan jelentkezik, melynek végleges kimenetele a hálózat felügyeletének akadozása legrosszabb esetben annak elvesztése. Fontos tehát, a kommunikációs csatornák fenntartása a rendszer megfelelő topológiájának kialakítása ezáltal tartalékok képzésével, redundáns elemek alkalmazásával.

A villamosenergetikai rendszerek résztvevői a kommunikációs rendszereiket kizárólag globális szinten az adott technológiára vonatkoztatva veszik figyelembe. A szigetüzemű rendszer kialakításának lehetőségét black-out alatt a felügyeleti rendszerekre vonatkoztatva kidolgozatlanok. Mivel magára az elektromos rendszerre kapcsolódva sincsenek meg a mikrogrid alhálózatokra bontásának elméletei, ezáltal nem állnak elő annak feltételei sem. Ezen okfejtést alkalmazva jelen kijelentés igazolást nyer a kommunikációs rendszerrel összefüggésben is.

A mikrogrid hálózat elméleti felbontása mellett a felügyeleti rendszer, valamint a kommunikációs szolgáltatások lehetőségének fenntartása is fontos. Hiszen a levált, független hálózati szakaszból nyerhető információ irreleváns a szigeten kívüli globális hálózat szempontjából, annak jelentősége kizárólag az újra szinkronizálás folyamata során lép csak fel. Tehát a kialakult black-out alatt a mikrogrid önellátására kell törekedni a kommunikációs rendszer villamosenergiával való ellátásának szempontjából is.

A betáplálási rendszer elméleti kialakítása során prioritással kell kezelni a felügyeletért felelős inverter rendszerek kommunikációs igényeihez szükséges önfogyasztás mértékét. Ezen fogyasztási igények fenntartásának jelentőségé megkérdőjelezhetetlen a teljes mikrogrid rendszer rendelkezésre állásának szempontjából. Így a folyamatokat olyan módon kell kialakítani, hogy amennyiben a helyzet úgy kívánja a szigetüzem fenntartása érdekében minden olyan egyéb kommunikációs rendszert le kell kapcsolni akár végleges formában is, mely veszélyeztetné az üzemben maradás képességét.

A független betáplálási rendszer villamoshálózattól történő teljes elkülönítése megújuló energiaforrások alkalmazásával érhető el a komplexitás, valamint a pénzügyi tényezők minimális szinten tartása mellett. Mivel azonban számos zöld energiaforrás áll rendelkezésre a környezeti tényezők behatóbb vizsgálata szükséges a jogszabályi háttér áttekintése mellett. Ennek eredményeképp, valamint a városi alkalmazhatóság szem előtt tartása mellett a napelemes rendszer szigetüzemű alkalmazása biztosítja az optimális megoldást. A rendszer további alkalmazhatóságának előnyei közé tartozik, hogy a havi esemény(ek)re adott válasza is jelen elrendezésnek a legkedvezőbb.

A rendszer folyamatainak felvázolása során döntő jelentőségű a rendszer újra csatlakoztathatóságának definiálása. A szigeten belüli rendszerek csatlakoztathatóságáról a mikrogrid vezérlő gondoskodik az előző fejezet elméleti szakaszában lefektetett irányelvek szerint.



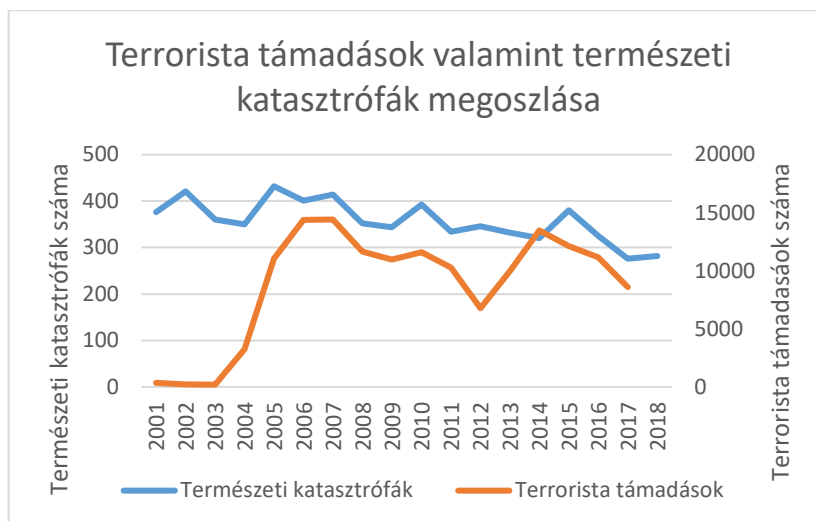
## **4 BLACK-OUT ALATTI KOMMUNIKÁCIÓS TECHNOLÓGIÁK PRIORIZÁLÁSA**

Az eltérő kommunikációs technológiák fejlettségüktől függően eltérő mértékben állnak ellen a black-out alatti állapotoknak. Vagyis jellemezhetők a külső forrásból származó negatív interakciókra adott válaszukkal. Ezen tapasztalatok felhasználásával kiválasztható azon kommunikációs technológia, melynek alkalmazása elősegíti a black-out alatti interdependens szigeten belüli kommunikáció lefolytatását a villamosenergia felhasználásának optimális kihasználása mellett.

### **4.1 A kommunikációs technológiák, eszközök felosztása black-out alatt**

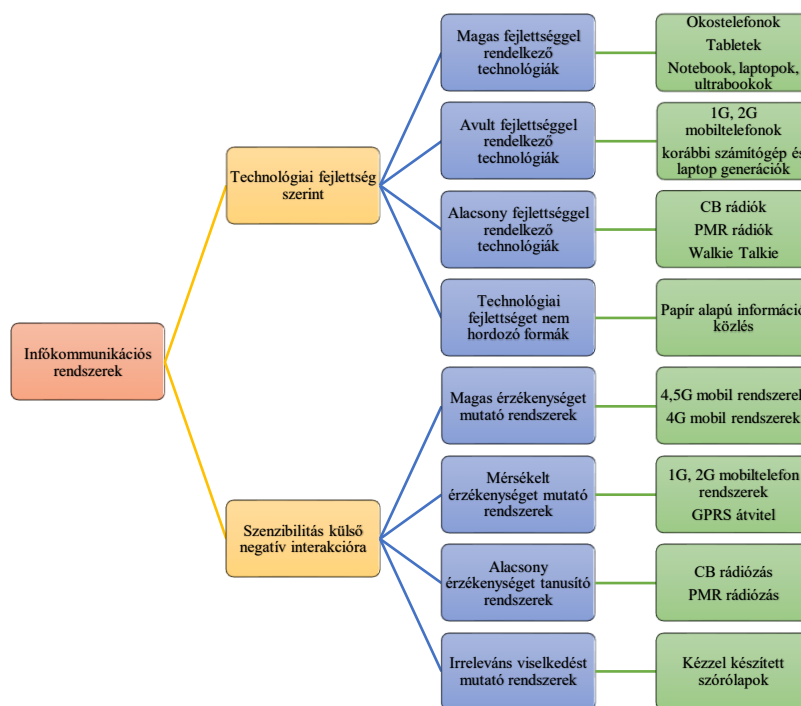
A szigetüzemen alapuló autonóm rendszer elsősorban a black-out alatti kommunikáció fenntartására, másodsorban a leválasztott mikrogrid rendszer teljes felügyeletét hivatott elvégezni. Így a mindennapi villamos megtáplálásra használata indokolatlan. Mivel a rendelkezésre állása limitált, vagyis a jelenleg fennálló kommunikációs technológiák energia igényét adott időintervallumig maradéktalanul ellátja. Viszont azt be kell látni, hogy egy black-out esemény alatti teljes telekommunikációs szolgáltatás rendszer 100%-os biztosítása felesleges energiapazarlásnak minősül. A jelenlegi hálózatok generációtól függően a szolgáltatások garmadáját biztosítják, vagyis képesek a különböző minőségű kapcsolatok fenntartására. Mely gyorsabb és jobb adatátvitelt, illetve hang minőséget eredményezhet. Mivel azonban valamennyi mobil készülék kompatibilis visszafelé, így képesek a korábbi generációk kezelésére is melyek alacsonyabb fogyasztás mellett képesek a kapcsolatok fenntartására. Az természetesen kijelenthető, hogy ezt jóval redukáltabb adatkommunikációs sebességgel. Viszont azt be kell látni, hogy egy ilyen veszélyhelyzeti interakció esetében, mint egy hurrikán, árvíz, illetve egyéb természeti katasztrófák vagy terrortámadás és az ebből kialakuló black-out esemény alatti kommunikáció fenntartása alapvető fontosságú, függetlenül a szolgáltatás minőségétől. Véleményem szerint magasabb prioritást élvez egy 2G-s kapcsolat felépítése, mint egy 4G-s videofonálás, mely szükségtelen energiapazarlás egy ilyen helyzetben, hiszen az információ átadása a korábbi generáción is ekvivalens. Tehát az előző hipotézisemet alapul véve szükséges a rendszer optimalizálásával növelni az autonóm rendszer rendelkezésre állásának időintervallumát.

Az utóbbi idők meghatározó fejlesztési vonalát képviseli a minél hatékonyabb, ezáltal jobb hatásfokú termékek gyártása. Ez természetesen az elektronikai iparágra, valamint ezen keresztül a híradástechnikára, a mobil kommunikációs rendszerekre is igaz. Területi relevancia miatt csak jelen utolsóként említett ágazatot vizsgálom. Számos megoldás született a tématerületen, gondolok itt az alacsonyabb fogyasztású integrált áramkörökre. Ezek a folyamatos fejlesztéseknek köszönhetően, mely az összetettebb és alacsonyabb csíkszélességnek is köszönhető, rányomta bélyegét ezen rendszerekre. Mint ahogy a jobb hatásfokú kapcsolóüzemű tápegységek, valamint a kompaktabb, hűtést kevésbé igénylő mobil generációs modulokra. Egyértelműen kijelenthető, hogy a technológiai színvonal fejlődése azonban megkövetel némi többlet energiafelhasználást, mely a végtelenségig nem csökkenthető. Példának okáért a nagysebességű adatátviteli sebesség megköveteli a megfelelő lefedettséget ebből következik, hogy a jelerősség kérdését is magas prioritással kell kezelni. Ennek hiányában az nem képes teljesíteni a tőle elvárt szolgáltatásminőséget. Tehát egy probléma mentes időszakban az előfizető joggal várja el a hálózattól a megfelelő sáv szélesség, valamint szolgáltatások biztosítását, mert egyértelműen azt szeretné életviteléhez igazítva használni. Ezzel a kijelentéssel normál körülmények között nincs is probléma, viszont abban az esetben mikor a rendszer kényszerűségből energiatakarékos üzemmódba kell, hogy váltson, mert valamely katasztrófa bekövetkezett, a prioritás megváltozik, illetve nem csak hogy megváltozik, meg kell, hogy változzon. Innentől immáron nem a fejlett szolgáltatások, kell, hogy jelentsék a jéghegy csúcsát, hanem a minél hosszabb, tartós, alacsony fogyasztású, de még mindig optimális minőségű kapcsolatokra kell fektetni a hangsúlyt. Ehhez persze kompromisszumokat kell kötni, de egy veszélyhelyzeti esemény nem tekinthető állandósult állapotnak. Korábbi kutatásaim alatt számos esetet megvizsgáltam mind az Amerikai Egyesült Államok történelméből, mind pedig az európai unió területén történt incidensekből. Számításba véve a szándékos, emberi tényezőből, valamint az időjárási okokra visszavezethető eseményeket, a következő bekövetkezési valószínűségek állapíthatók meg az évek alatt összegyűlt statisztikákból.



4-1. ábra: Az elmúlt 17-év természeti katasztrófáinak, valamint terrorista támadásainak statisztikája [45]

A statisztikából látható, hogy a környezeti katasztrófák száma egy adott érték körüli sávban mozog, míg a terrortámadások mértéke 2003 után drasztikusan megnövekszik, jelenleg azonban leszálló ágban van. Jelen behatások negatívan befolyásolhatják az energetikai rendszert ezen keresztül a mobil kommunikációs hálózatot, tehát nem véletlen mind az energetika mind pedig a híradástechnika szerepe a kritikus infrastruktúrában, meglétük létfontosságú. A korábbi riportokat áttanulmányozva számos esetet áttekintettem, azonban kielégítő válaszokkal az amerikai leírások szolgáltak. Hozzáférhetőségük is szembeűnőbb az európaihoz viszonyítva. Ezek alapján az alábbiak szerint sorolhatók csoportba az infőkommunikációs rendszerek.



4-2. ábra: Az infőkommunikációs rendszerek technológiai, valamint érzékenységi függése

Az ábrából látható, hogy egyrésztől komplex rendszerekről, másrésztől a hozzájuk kapcsolódó felhasználók által használt eszközökről beszélhetünk.

A magas fejlettséggel rendelkező technológiák esetében olyan szolgáltatások, valamint erre épülő eszközökről beszélhetünk, melyek a mindenkori technológia csúcsát képviselik. Itt gondolhatunk a jelenlegi okostelefonok piacára és az ehhez kapcsolódó mobil kommunikációs rendszerekre jelen esetünkben a 4G-4,5G-s generációkra. A mögöttes szolgáltatások tekintetében itt megjegyzem a közösségi hálókat és egyéb korszerű szociális médiumokra épülő rendszereket. Jellemzőik közé sorolható a népes felhasználói tábor, mely akár milliárdos nagyságrendű is lehet. Emellett jellemző rájuk a magas adatmennyiség, illetve a nagy igényelt sávszélesség is. Fogyasztás tekintetében is élenjáró technológiákról beszélhetünk.

A közepes fejlettséggel rendelkező technológiák jellemzői a korábbi, illetve akkori csúcstechnikát felvonultató rendszerek, melyek manapság már egy szinttel visszacsúszott a fejlesztéseknek hála. Ezen szolgáltatások, illetve eszközök alapvető tulajdonságokkal bírnak, melyet a magas fejlettségű technológiák természetesen már tartalmaznak. Kiforrott technológiákról beszélhetünk, melyek legalább 10-15 éve a piacon vannak. Működésük szempontjából természetesen nem veszik fel a versenyt a jelenlegi csúcstechnikával, de stabil működésük mellett fogyasztási adataik is alacsonyabbak. Ilyen szolgáltatások a 2G-3,5G rendszerek, valamint a hozzá kapcsolódó adatátviteli technológiák, mint pl. a GPRS.

Az alacsony fejlettséggel rendelkező technológiák közé sorolnám a még korábbi kommunikációs rendszereket, melyek ugyan kis hatótávolsággal rendelkeznek, de a huzamosabb ideig is képesek üzemelni szükségáramforrásokról. Jelenlétük a felhasználók körében akár több 10 évre is visszanyúlhat. Ebben az esetben beszélhetünk az amatőr rádiózásról, illetve a hozzájuk rendelt sávokról, a CB rádiózásról, valamint az egyéb kis hatótávolságú, de hordozható kommunikációs eszközökről. Alkalmazásuk leginkább a beszéd korlátozottabb átvitelére alkalmazható, azonban ezt stabilan kiváló rendelkezésre állással teszik.

A technológiai fejlettséget nem hordozó formák csoportjába a hagyományos értelemben vett kommunikációs formákat, valamint az azokhoz kapcsolódó átviteli közegeket sorolom. Ezek a mindenkori szóbeszéd, illetve az írott forma, szórólapos változatai. Egy veszélyhelyzeti protokoll bekövetkezése esetén mikor már mindennemű elektromos rendszer felhagyott az üzemszerű működéssel, a kommunikáció lefolytatásához jelen alapvető technológiák tekinthetők megoldásnak. Jól lehet elavult formája ez az

információ közlésnek, mégis mindenkor, minden esetben rendelkezésre áll, bármely más kiegészítő szolgáltatás nélkül is. Egyetlen hátulütője, hogy a médiumok eljuttatása a célcsoportnak, illetve személyeknek nehézségekbe ütközik, ütközhet.

Egy másik csoportosítási formát bevezetve, annak valószínűségét vizsgálom, hogy az adott szolgáltatás csoportra, eszközre, és- vagy komplett technológiára milyen hatással van az adott veszélyhelyzeti incidens. Mennyiben érinti azt károsan, milyen kihatással van annak üzemszerű működésére. Tehát most tekintsük át a technológiákat érzékenységük szerint.

A magas érzékenységet mutató rendszerek a jelenleg fennálló legmagasabb technológiai színvonalat képviselő szolgáltatások, eszközök képviselik. Ahhoz, hogy üzemszerű működésük fennálljon több elosztott rendszer egyidejű üzemszerű működése szükséges. Mivel ezen szolgáltatások is külön-külön magas színvonalat képviselnek, ezen rendszerek üzemben tartása a legnehezebb feladat. Mivel szerteágazó technológiáról beszélünk üzemszerű működéséhez, a csoportosításból adódóan, ehhez szükséges a legtöbb erőforrás. Így veszélyhelyzet esetén, bármely alrendszerének sérülése a teljes hálózat megbénulását okozhatja, ezért üzemképtelenné válásuk elsőként következik be. Ide sorolhatók a közösségi oldalak, levelezőrendszerek stb. Létfontosságuk nem kiemelkedő, mivel, ha ebből a szempontból nézzük a rendszer több helyen is redundáns, információ közlésére más szolgáltatást is igénybe lehet venni, mely jóval hatékonyabb és kevésbé energiapazarló működéssel jellemezhető.

Mérsékelt érzékenységet mutató rendszerek, az előzőnél kedvezőbb működési feltételekkel rendelkeznek, azonban még mindig jelentő mértékű függést mutat további alrendszerekkel. A technológia ugyan nem a legmodernebb, viszont kiforrottabb, hatékonyabb energiagazdálkodással rendelkezik. Mivel stabilabb működés jellemzi, ezért üzemben tartásuk is egyszerűbben kivitelezhető. Egy veszélyhelyzeti esemény alatt hatékonyabban képesek ellenállni diszfunkcionális zavaroknak. Jelentősége kulcsfontosságú mivel a mérsékelt érzékenységet mutató rendszerek sorába sorolhatók azok a hálózatok, melyek még nagy távolságokat áthidaló kommunikációra képesek, alacsonyabb fogyasztási igények mellett. Ide tartoznak például a korábbi mobil generációs szolgáltatások, valamint a hozzá kapcsolódó adatátviteli protokollok.

Alacsony érzékenységet tanúsító rendszerek felosztása a következő olyan rendszerek összességét tartalmazza, mely már redukáltabban képes az információ cserére, de stabil, energiatakarékos formában. Egy ilyen készülék további köztes szolgáltatást már nem igényel, mindösszesen az adott adásterületen belül szükséges egy további adó/vevő

megléte. Ebből kifolyólag aggregátoros megtáplálással képes napokig üzemelni, mely természetesen nagyban függ a felhalmozott fosszilis üzemanyag mennyiségétől is. A korábbi incidensek alatt ezen készülékek jó szolgálatot tettek mind a rendvédelmi, mind pedig a mentőszolgálatoknak. Szerepük kulcsfontosságú mindazonáltal, hogy lefedettségük a korábbi mobil hálózatokéhoz képest csekély csupán néhány km. Ebbe a csoportba tartoznak a CB rádiók, a helyi rádiók, valamint a rádióamatőrök is.

Az irreleváns viselkedést mutató rendszerek a lehető legcsekélyebb mértékű fogyasztási adatokkal rendelkező infókommunikációs technológiákat gyűjtik egybe. Ide tartoznak a beszéd interakcióra épülő, valamint a nyomtatott, illetve kézzel írt szórólapos információ cserélő megoldások. Gyakorlatilag bármely formájuk érzéketlen a veszélyhelyzetből kifolyólag negatívan érintő behatásokra. Nehézséget mindösszesen az információ lényegi tartalmának kijelölése, annak reprodukálása, illetve célközönséghez történő eljuttatása jelenti. Jelen megoldás a legvégső megoldás az információtartalom hatékony közlésére. Az előzőekben tárgyalt technológiai, illetve érzékenységi szintek rávilágítanak, arra a tényre, hogy az információcserére használatos eszközök, valamint szolgáltatások redundánsak. Tehát ezekből kell kiválasztani a leghatékonyabban alkalmazhatót és ezzel egyetemben a további megoldásokat energiamegtakarítás céljából szüneteltetni kell a veszélyhelyzet végéig. A következőkben az alkalmazott megoldások minél részletesebb elemzése mellett az egyes rendszerelemeket optimalizálni szükséges, a még hatékonyabb működés érdekében. Olyan módon, hogy a megtervezett autonóm megújuló energiaforrású rendszer tovább legyen képes üzemeltetni a kiválasztott technológiát, szolgáltatást.

## **4.2 Az autonóm rendszer optimalizálása a GSM mobil technológia fogyasztási adatai mentén**

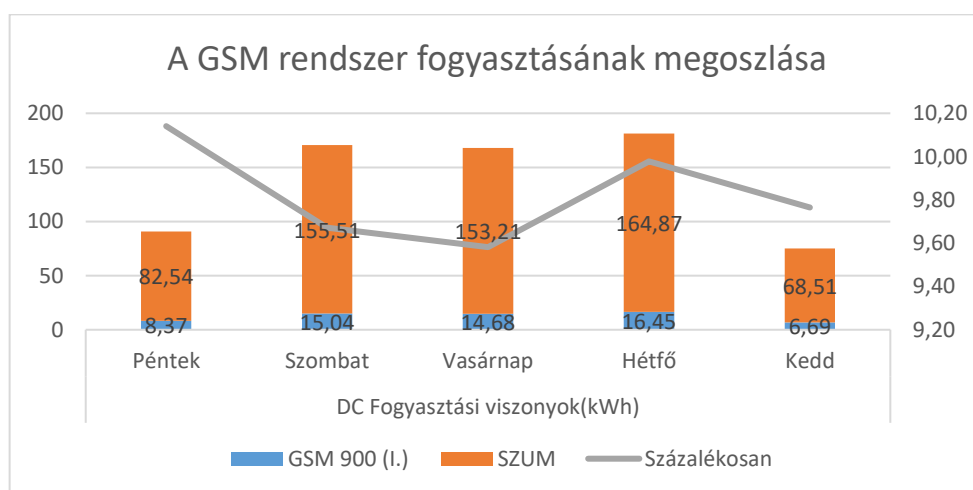
A rendszer optimalizálása elengedhetetlen a hatékony működés megvalósításához. Ebben a fejezetben megvizsgálom, hogy az egyes mobil generációk megléte, illetve hiánya milyen hatással vannak az üzemidőre. Természetesen a hatékonyság növelését az egyes generációk paraméterei is befolyásolják, így ezek a meghatározó tényezők nagyban befolyásolni fogják a végeredményt.

Mobil generáció	Hatótávolság (km)	Adatátviteli sebesség (Mbps)		P <sub>ki</sub> /szektor (W)	P <sub>Dc</sub> (W)
		Letöltés	Feltöltés		
<b>GSM 900 (I.)</b>	35-120	1,6	0,5	50	510,25
<b>GSM 900 (II.)</b>	35-120	1,6	0,5	50	489,83
<b>GSM 1800</b>	35-120	1,6	0,5	25	1171,3
<b>UMTS(TDD)</b>	1-1,5	16	16	25	441,25
<b>HSPA</b>	0,240(3Mbps)	21	5,8	20	1281,6
<b>LTE</b>	0,470(3Mbps)	100	50	20	1311

4-1. táblázat: A kommunikációs technológiák fontosabb paramétereit

Az optimalizálás folyamatához valamennyi technológiára vonatkoztatva megadom az igényelt villamos energia mértékét, illetve ebből következetesen a már megtervezett rendszerhez mérten felvázolom a lehetséges üzemidő alakulását. Az eredmények tükrében meghatározom a legmagasabb hatékonysággal üzemeltethető kommunikációs technológiát, mellyel az autonóm sziget rendszer stabilitása tovább növelhető. [46]

A GSM rendszer esetén a két szektort külön-külön kezelem, mivel azok funkcionálisan is szétbonthatók. Az elemzést elsősorban az egyenfeszültségű oldal teljesítmény tényezőjére adom meg, mivel elsősorban jelen paraméter határozza meg a rendszer rendelkezésre állását. A vizsgálatot a többi rendszer teljes kizárásával vagy szimbolizáltan azok teljes leállításával végzem. A korábban felvázolt fogyasztási adatokat felhasználva a következő diagramok rajzolhatók meg.



4-3. ábra A GSM rendszer kizárólagos fogyasztása

Az ábrából látható, hogy a kizárólagos fogyasztása a GSM I. szektornak megközelítőleg napi szinten is 10% a teljes fogyasztásnak. Ehhez természetesen az AC oldalról még a klímarendszer által felvett teljesítmény is hozzáadódik. Ebből származtatva a napelemes

rendszer kizárólag jelen technológiára vonatkoztatott napelem felületének igénye is jóval alacsonyabb. Számszerűsítve a következő táblázat foglalja össze.

Mobil generáció	DC Fogyasztási viszonyok (KWh)				
	Péntek	Szombat	Vasárnap	Hétfő	Kedd
GSM 900 (I.)	8,37	15,04	14,68	16,45	6,69
SZUM	82,54	155,51	153,21	164,87	68,51
$\Delta W$ (%)	10,14	9,67	9,58	9,98	9,76
$A_{GSM}$ (m <sup>2</sup> )	3,49	6,27	6,12	6,85	2,79
$A_{\Sigma}$ (m <sup>2</sup> )	105	105	105	105	105
$\Delta A$ (%)	3,32	5,97	5,83	6,53	2,65

4-2. táblázat: A GSM rendszer fogyasztási, valamint annak lefedéséhez szükséges adatok

A táblázatból leolvasható, hogy az igényelt teljesítményből kiindulva a rendszerhez szükséges felület is a teljes rendszer maximálisan vett 6,53%-a, közel 7m<sup>2</sup>. A hűtési rendszerrel számolva mely a már említett 1KW-os fogyasztással bír, az AC oldal a következő igényeket, valamint a névleges teljesítményre méretezett rendszer a következő hozamokat biztosítja.

Mobil generáció	Wmin(kWh)	Wmax(kWh)	Pmin(W)	Pmax(W)
GSM 900 (I.)	30,69	40,45	1278,75	1685,42
	Asi min (m2)	Asi max (m2)	Wév min (kWh/a)	Wév max (kWh/a)
	12,79	16,85	1470,56	1938,23
	Minimális napelem szám(db)		Maximális napelem szám (db)	
	6,76 $\approx$ 7		8,91 $\approx$ 9	
Mobil generáció	Wmin(kWh)	Wmax(kWh)	Pmin(W)	Pmax(W)
$\Sigma$ rendszer	122,76	400	5115,00	17000
	Asi min (m2)	Asi max (m2)	Wév min (kWh/a)	Wév max (kWh/a)
	51,15	105	5882,25	19550
	Minimális napelem szám(db)		Maximális napelem szám (db)	
	27,03 $\approx$ 27		89,85 $\approx$ 90	

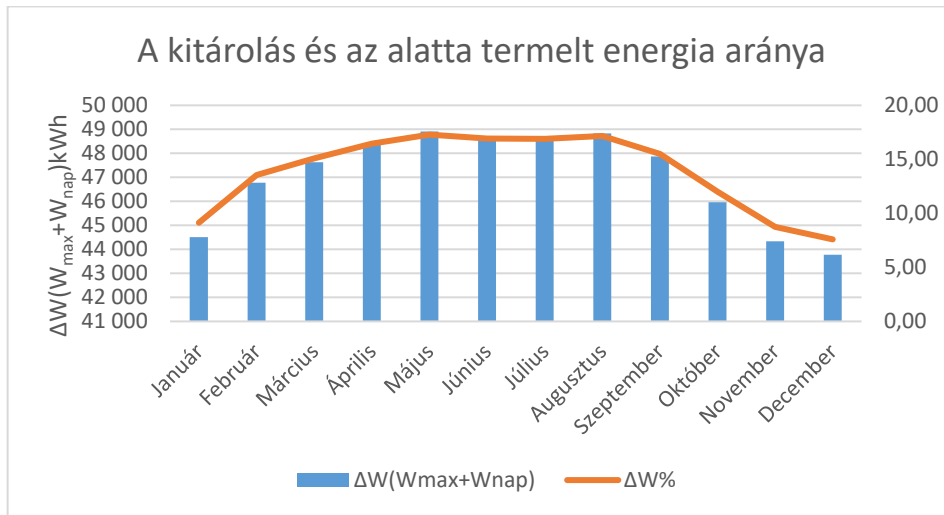
4-3. táblázat: A GSM rendszer AC oldali igénye, valamint a rendszer hozama

A teljes rendszerre, valamint a 2G hálózatra vonatkoztatott különbségek láthatók a fenti ábrán. Ebből immáron látható, hogy mekkora különbség van a napelem igények tekintetében a teljes AC oldali fogyasztási adatokat figyelembe véve.



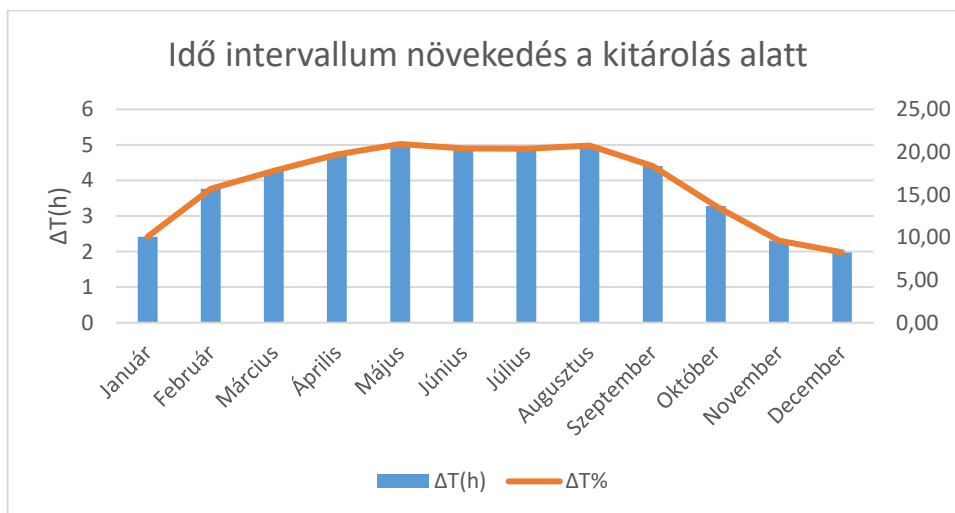
### 4.3 A GSM technológia kizárólagos alkalmazásának gyakorlati hatása a teljes rendszer komplexitására

A további elemzésem immáron az akkumulátor igényre, valamint azok használati idejére összpontosul.



4-4. ábra: A kitárolás és az alatta megtermelt energia aránya GSM kommunikációra méretezett rendszer esetén

A GSM kommunikációs technológiára optimalizált rendszer, havi szinten, kitárolás alatt, vagyis a már bekövetkezett black-out esetén villamos hálózati kapcsolat nélkül, tisztán akkumulátoros üzemben is képes az energiatermelésre. Ez a folyamat lassítja a teljes kisülés időtartamát, ami a már ismert összefüggések alapján számolva következő diagrammot eredményezi.



4-5. ábra: Idő intervallum növekedés kitárolás alatt GSM rendszer esetén

Az intervallum növekedése számszerűsítve 2 óra 26 perc, valamint 5 óra 2 perc közé tehető, ami százalékos formában kifejezve is 10% és 20%-os idő többletet eredményez. Ezen eredmények tükrében az akkumulátor cellák optimalizálása is fontos feladat. Így a

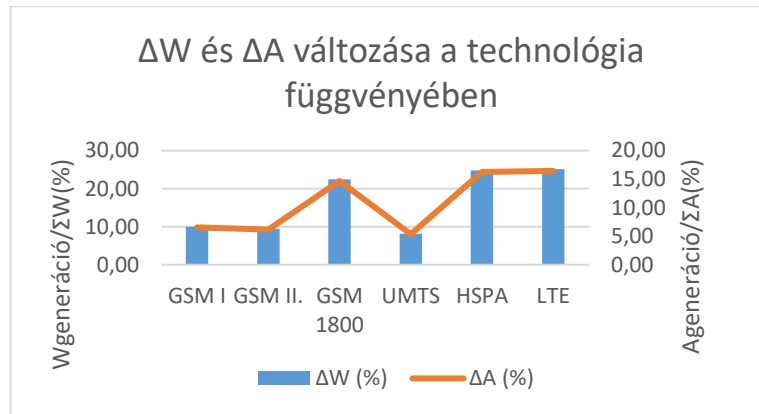
következő vizsgálatom erre fog kiterjedni. Az adatokat mind az optimalizált rendszerre mind pedig a már korábban megtervezett autonóm szigetre megadom. Ebből az is láthatóvá válik, hogy a korábban számolt akkumulátor többlet mekkora időintervallum többletet biztosít a redukált kommunikációs technológiát alkalmazó szigeteknek.

<b>Mobil generáció</b>	$W_{\max}(\text{KWh})$	$\Sigma W_{\max}(\text{KWh})$	$C_{\text{napelem}}(\text{KAh})$	$\Sigma C_{\text{napelem}}(\text{KAh})$
<b>GSM 900 (I.)</b>	16,45	40,45	0,51	1,26
	<b>Cella szám(db)</b>	<b>Cella szám%</b>	<b><math>\Delta T</math> teljes rendszer(nap)</b>	
	7,00	10,45	9,89	
<b>Mobil generáció</b>	$W_{\max}(\text{KWh})$	$\Sigma W_{\max}(\text{KWh})$	$C_{\text{napelem}}(\text{KAh})$	$\Sigma C_{\text{napelem}}(\text{KAh})$
<b>Teljes rendszer</b>	400	400	12,43	13,17
	<b>Cella szám(db)</b>	<b>Cella szám%</b>	<b><math>\Delta T</math> teljes rendszer (nap)</b>	
	67,00	100,00	1,00	

4-6. ábra: Az optimalizált és optimalizálatlan rendszer összehasonlítása

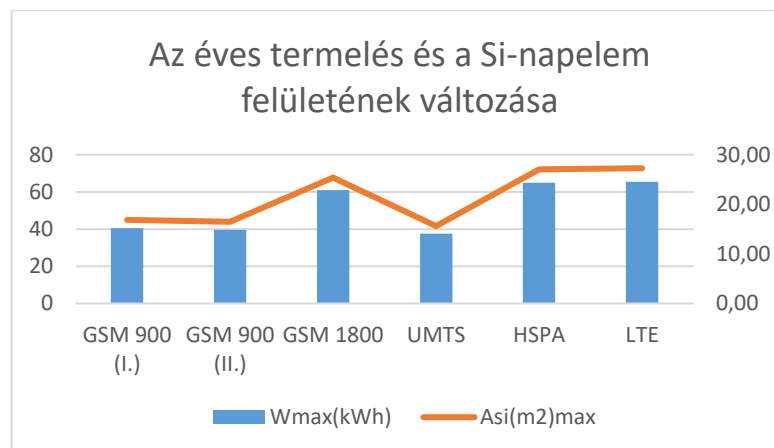
A végeredmények kiértékelése során láthatóvá vált, hogy a mérsékelt érzékenységet mutató technológia nem egész 10 napig még üzemképes állapotban marad. Ez természetesen csak abban az esetben valósítható meg, ha valamennyi magas érzékenységet mutató rendszerelem lekapcsolódik a bázisállomásról, így juttatva további értékes időt a hálózat elemeinek. A további elemzésem azonos gondolatmenet alapján kerül kiértékelésre. Mivel az optimalizálást a teljes, de önállónak tekinthető rendszerelemekre elvégeztem, ezen adatokat terjedelmi okokból kifolyólag táblázatos formában adom meg a melléklet fejezetben, itt pedig grafikonokon ábrázolva jelenítem meg a különbségeket.

A következő ábrán valamennyi általam vizsgált kommunikációs technológia összevetése látható. A megközelítésem a teljes rendszer által igényelt teljesítmény ( $\Sigma W$ ), valamint a generációnkénti teljesítmény ( $W_{\text{generáció}}$ ) igény százalékos arányát mutatja, vagyis a  $\Sigma W$  hány százalékát igényli az adott  $W_{\text{generáció}}$ . Ebből kifolyólag az igények kielégítéséhez szükséges A felület nagyságát mutatja a másodlagos grafikon. Azonosan az első gondolatmenethez az  $A_{\text{generáció}}$  felülete hány százaléka a  $\Sigma A$  felületnek. Ebből látható, hogy az UMTS rendszer valamennyi megoldásnál kedvezőbb eredményekkel szolgál, viszont a jóval kedvezőtlenebb a cellamérete, ami így kevésbé hatékony lefedettséget biztosít. A GSM 1800, valamint a fejlettebb technológiák, mint a HSPA és LTE a magas fogyasztási adatok miatt nem választható alternatíva. Így jelen vizsgálat feltétele kizárólag a GSM rendszerrel valósítható meg.



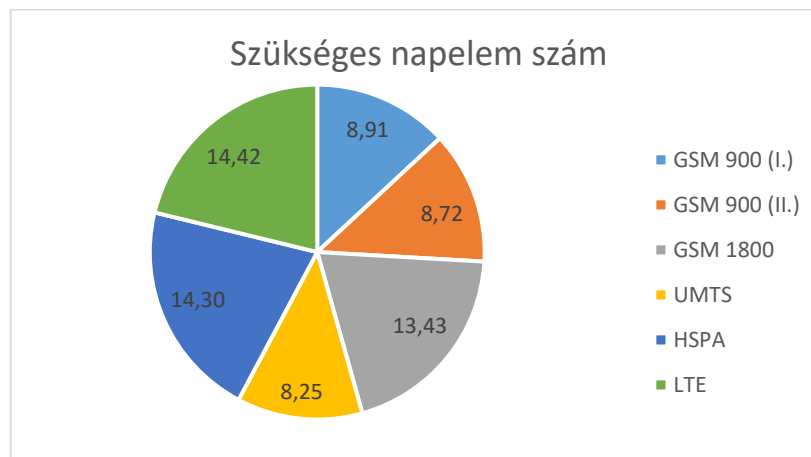
4-7. ábra: ΔW és ΔA változása a mobil generációk függvényében

A következő ábra a szükséges szilícium napelem felületet, valamint a teljes éves megtermelt villamos energiát mutatja. Ez egyértelműen az előző ábrához hasonló eredménnyel szolgál, mivel az abból származtatott értékek is linearitást mutatnak mind az éves termeléssel mind pedig a napelem rendszer felületével.



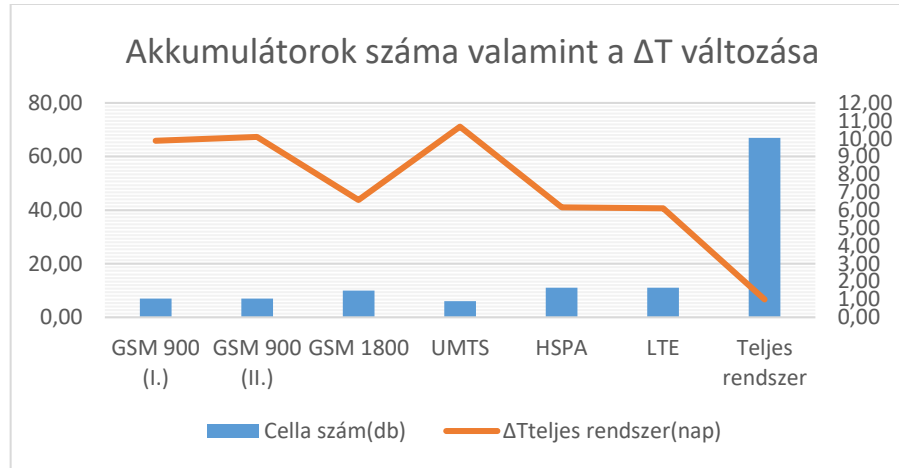
4-8. ábra: Mobil generációnkénti éves hozam és a Si-napelem felületi változása

Ebből kifejezve a következő ábra valamennyi önálló rendszerre megjeleníti a szükséges napelem modulok számát.



4-9. ábra: A szükséges napelem modulok száma a kommunikáció függvényében

A rendszer további optimalizálásához még meg kell határozni az akkumulátor cellák számát. Valamint ebből kifejezve meghatározom a rendszer azon képességét, hogy mekkora időintervallumig képes tovább üzemelni a 17KW-os rendszer töltés tároló blokkjával.



4-10. ábra Az akkumulátorok száma, valamint a  $\Delta T$  változása a mobil generációk függvényében

A cella szám a generációnkénti 200Ah-ás akkumulátorral számolt mennyiséget mutatja, a  $\Delta T_{\text{teljes rendszer}}$  pedig azt fejezi ki, hogy a teljes rendszerre számolt tároló mennyiség, mekkora időtartalékkal tolja el az kommunikációs technológiák üzemképes állapotát. A GSM rendszer esetében továbbra is teljes bizonyossággal kijelenthető, hogy a legmegfelelőbb technológia veszélyhelyzeti üzemben. Az optimalizálás során legalkalmasabb rendszernek a 2G kommunikációs rendszert találtam, melyet az eredményeim alá is támasztottam. Ezen kommunikációs forma egyesíti magában az alacsony fogyasztást, a nagy cellatartományt, illetve a még megfelelő minőségű kommunikációs csatorna biztosítását.

## Összefoglalás

A black-out alatti kommunikáció megléte elengedhetetlen kelléke a pánikkeltés elleni védekezésnek. Azonban teljes üzemben tartása a jelenlegi technológiai fejlettséggel magas bekerülési költséggel érhető csak el. Mivel a teljes kommunikációs rendszer tetemes mennyiségű villamosenergiát igényel, elengedhetetlen egy prioritási rendszer felállítása.

A rendszer felállításához meg kell vizsgálni a már alkalmazott rendszerek érzékenységét a külső behatások ellen az adott technológiára vonatkoztatva. Az természetesen belátható, hogy a teljes távközlési rendszer, valamint beépített technológiai párhuzamosan jelentős többletenergiaigényt támasztanak egy olyan állapotban, ahol a villamosenergiafogyasztás

optimalizálása a cél. A hatékonyság növelésének céljából a priorizált rendszerösszetevők során azon technológia kiválasztása a cél, melynek alkalmazása esetén a rendszer a lehető legalacsonyabb függést mutatja a külső káros behatások ellen, megfelelő lefedettséggel bír, mindamellet, hogy fogyasztása alacsony és megfelelő minőségű kapcsolatot biztosít felhasználói számára.

Az elemzés során a 2G-s kommunikációs rendszer tulajdonságai mutattak kiemelkedő eredményt. Kizárólagos alkalmazásával a teljes mobil rendszerre, generációtól függetlenül méretezett independens betáplálású bázisállomás rendelkezésre állása közel megtízszerezhető. Így a teljes rendszerezésre állás az eddigi 24 órától, közel 10 napra ugrik meg, természetesen a többi eltérő technológia lekapcsolásával. Ennek megfelelően egy egyetlen napos rendelkezésre állásra méretezett betáplálás esetén a rendszer mérete is azonos arányban csökkenthető. Ez természetesen a tervezett töltéstároló rendszerre is megvalósul.

A módosított mobil kommunikációs sémával továbbá a mikrogrid felügyeleti rendszere is ellátható azonos 2G-s kommunikáció alkalmazása esetén. Fogyasztási adatai a teljes és a redukált rendszer paramétereire viszonyítva is alacsonyak 10W-ra adódnak, ami elsősorban a fogyasztási oldalt terheli.

A mikrogriden belüli kommunikáció fenntartásához szükséges a 2G-s technológia kielégíti a vele szemben állított követelményeket, miszerint az optimális villamosenergiafelhasználáshoz kizárólagos alkalmazásával megfelelő minőségű kapcsolatot biztosít a felhasználókkal és a PMU felügyeleti alrendszerrel. A technológia kiforrottsága és üzembiztonsága kimutatható a rendszer immunitásán keresztül a külső zavarok szenzibilitására vonatkoztatva.

# **5 ELTÉRŐ ELEKTROMOS KRITIKUS INFRASTRUKTÚRA RENDSZEREK DIFFERENCIÁINAK FELTÁRÁSA**

A biztonság növelésének jogi oldalról történő támogatása a kritikus infrastruktúra intézményén keresztül lehetséges. A rendszer behatóbb vizsgálata elengedhetetlen az ellátás biztonságának fenntartásához, illetve növeléséhez. A korábbi hipotéziseim mind, technológiai oldalról közelítették meg a problémát, azonban szükséges a jogi paragrafusok behatóbb vizsgálata is a megfelelő biztonsági szint eléréséhez. A különböző rendszereket összehasonlítom elsőként az ágazati, valamint definíciós különbségeket határozom meg. Majd szűkítve a kört az energetikai rendszerrel kapcsolatos ágazat különbségeit definiálom, és erre vonatkozólag adok javaslatot az uniós rendszer hatékonyságának növelése érdekében.

## **5.1 Eltérő szemléletű globális kritikus infrastruktúra rendszerek differenciái**

A kritikus infrastruktúra rendszerek kidolgozását a XXI. századi új eddig nem látott a biztonságpolitikát veszélyeztető események, problémák hívták életre. Nem tekinthetünk rá, mint egyfajta vésztervre, inkább egyfajta megelőzés a fenyegető veszélyekkel szemben. Szükségességét mi sem magyarázza jobban, mint a napjainkra egyre inkább elszaporodó terrorcselekmények, valamint a migráns válság beköszöntése mind Európában, mind pedig az Egyesült Államok területén. Jelen nemzetek belső békéjét veszélyeztető külső fenyegetések ezek, melyek ismeretlenül, láthatatlanul szivárognak be és bomlasztják annak funkcionális rendjét. A megelőzés ezért elengedhetetlen. [47], [48] Napjaink legnagyobb szociális problémája az alapvető biztonsági szolgáltatások nyújtásának fenntartása. Egyre feszültebb az egyes országok, nemzetek, népcsoportok egymással kapcsolatos hozzáállása. Ez vezetett a 2001-es nagy New York-i terrortámadáshoz. Korábban ilyen és ehhez hasonló biztonsági problémával még nem találkozott az Amerikai Egyesült Államok. Már a támadás előtt is voltak tervezetek a kritikus infrastruktúra témakörére vonatkozóan. Maga, mint fogalom már az 1990-es években is megjelent, de jelentősége, felismerése még nem került be a köztudatba. Ebből eredeztetve a 2001-es terrortámadásig nem került bele a jogszabályi szabályozások körébe sem. Ezután már láthatóvá vált, hogy szükséges egy egységes rendszer, mely megjelöli, azonosítja és összegyűjti az egyes országok legfontosabb infrastruktúráit,

illetve szolgáltatásait, melyek elengedhetetlenek a létfontosságú rendszerelemek biztonságának fenntartásához. Az Amerikai Egyesült Államok minden részletre kiterjedő részletes útmutatást adott ki mely a következő nagy ágazatokat érintette:

- energetikai szektor
- bankrendszer, valamint gazdasági szektor
- egészségügy
- IT, valamint kommunikációs szektor
- közlekedés és szállítmányozási szektor

Az említett szektorok mind fontos szerepet töltenek be egy ország életében. Mivel jelen ágazatok nem egységesek a többi nemzet vonatkozásában, így azt nem is írhatják elő. Minden a kritikus infrastruktúrát bevezető nemzetnek a saját rendszeréhez kell azt igazítani. Ebből kifolyólag számos eltérő értelmezés született a fogalmi rendszer meghatározásában. Elsőként a NATO szervezete kért segítséget az Amerikai Egyesült Államoktól, hogy definiálják a saját intézményükre a rendszert. Ezt követte az Európai Unió, mely már részben, ettől eltérően írta le a kritikus infrastruktúra definícióját. Az Európai Unió-n belül pedig némi szabadságot adva a tagországoknak, számtalan direktíva született. Már a globális értelmezés terén is megfigyelhetők differenciák a nemzetek értelmezésében. Ezek kiterjednek az egzakt definíció alkotás, a fő-, valamint alszektorok, valamint ágazatok felosztására. A belső folyamatok terén is jelentős különbségek tárhatók fel, mind az infrastruktúra azonosítása, kijelölése terén. Ebből következik, hogy az eljárások kimenetele sem egységes, mely a felelősök kijelölésében, a kártalanítás folyamataiban csúcsosodnak ki. Ezen rövid összehasonlításból látható, hogy már a globális szemlélet is eltérő a kritikus infrastruktúra rendszerek terén. A differenciák végig követhetők a teljes elektromos kritikus infrastruktúra rendszereken keresztül is, melyek különbségeit a következő néhány fejezetben fejtem ki az Amerikai Egyesült Államok és az Európai Unióra vonatkoztatva.

## **5.2 Az Amerikai Egyesült Államok kritikus infrastruktúra rendszerének jogi elemzése az energetikai ágazatra vonatkoztatva**

Az aktuális fejezetben áttekintem a megfelelő jogszabályi rendelkezéseket a villamos energetikai iparra vonatkozólag a kritikus infrastruktúra védelem tekintetében. A jelenleg is érvényben lévő jogszabályi rendelkezéseket az Amerikai Egyesült Államok területén a következő táblázat foglalja össze:

Jogszabály, szabályozás, törvény	Cím
Patrióta törvény	Kritikus infrastruktúra védelem
18 CFR 388.113.§	Kritikus energetikai/elektromos infrastruktúra információ közlés
16 USC II. Alfejezet, II. alszakasz, 824§	A kereskedelemben érintett villamosenergia ipari társaságok szabályozás
16 USC II. Alfejezet, II. alszakasz, 824o-1§	Kritikus elektromos infrastruktúra biztonság

5-1. táblázat Az Amerikai Egyesült Államok energetikai kritikus infrastruktúra rendszerének jogi szabályozásai

Az Amerikai Egyesült Államok Kódexe alapján a 824o-1§ a következők szerint definiálja a villamos energiarendszerre jellemző fogalmakat. Elsődlegesen az elosztott energiarendszert hozza előtérbe, aminek értelmében:

*„a nagy teljesítményű energiarendszer egy olyan hálózat vagy annak egy része, mely a létesítményeket, valamint az irányító rendszereket működésükhöz szükséges energiával látja el. Azonban jelen definíció nem foglalja magában az energia helyi elosztásában használt eszközöket, létesítményeket”* [49 824o1§(a)]

Az amerikai rendelkezésben két definíció kapott helyet. A kritikus elektromos infrastruktúrát a következők szerint jellemzi a dokumentum:

*„A kritikus elektromos infrastruktúra a nagyteljesítményű energiarendszer fizikai vagy virtuális részét képező eszköz vagy rendszerelem, melynek teljes vagy részleges megsemmisülése negatívan befolyásolja a nemzetbiztonságot, a gazdasági biztonságot, a közegészségügyet. az általánosságban vett biztonságot vagy ezek bármely kombinációját”* [49 824o1§(a)]

Ebből látható, hogy hasonlatosan a kritikus infrastruktúra fogalmához melynek általánosságban vett megsemmisülése esetén egy negatívan vett láncreakciót idéz elő az adott ország gazdaságában.

*„Az elektromágneses impulzus egy vagy több elektromágneses impulzust jelent, melyet egy olyan eszköz bocsájt ki, ami képes az elektronikus eszközöket vagy kommunikációs hálózatokat, illetve hardverek, szoftverek és adatok, működését megszakítani vagy megsemmisíteni*

*A geomágneses vihar kifejezés a Föld mágneses mezőjének ideiglenes zavarát jelentő napkitörés okoz”* [49 824o1§(a)]

Az utolsó definíciós pontban a rendszerbiztonsági vészhelyzetre tér ki, melyben az eddig tárgyalt fogalmakat felhasználva alkotja meg annak jelentését:



*„A hálózatbiztonsági vészhelyzet azt jelenti, hogy az olyan elektronikus kommunikációt vagy elektromágneses impulzust használó rosszindulatú cselekedetek vagy geomágneses viharok, melyek magzavarhatják az elektronikus eszközöket vagy kommunikációs rendszereket, beleértve a hardvereket, szoftvereket, illetve az adatok működését, melyek elengedhetetlenek a kritikus elektromos infrastruktúra vagy a kritikus elektromos infrastruktúra védelemhez.*

*-vagy az olyan eszközök és hálózatok működésének megszakításához vezet, mely ilyen cselekmények vagy események eredményeként jelentős károkat okoznak a kritikus elektromos infrastruktúrában vagy a kritikus elektromos infrastruktúra védelemben.*

*- közvetlen fizikai támadás a kritikus elektromos infrastruktúra vagy a kritikus elektromos infrastruktúra védelem ellen*

*-és az ilyen fizikai támadások eredményeként jelentős mértékben negatív hatással vannak kritikus elektromos infrastruktúra vagy a kritikus elektromos infrastruktúra védelem megbízhatóságára” [49 824o1§(a)]*

### **5.2.1 A felelősségi körök, valamint felelősök kijelölésének folyamatai**

A felelősségi körök kijelölése a további pontos eljárások lényeges momentumaihoz kapcsolódik, ezáltal ismerete elengedhetetlen. Az Amerikai Egyesült Államok által, megfogalmazott törvény szerint az energiaügyi minisztert jelöli ki a dokumentummal kapcsolatos mindennemű döntés meghozatalára. A második, illetve b pont részletezi a jogköröket veszélyhelyzet esetére. Itt megjelöli a hatóság, a kongresszus, valamint a nyilvánosságra hozás hatályba lépését. Az éppen hivatalát töltő elnök, gyakorolja felelősségi körét a mindenkori energiaügyi miniszter felett, valamint meghatározza, hogy jelen tisztségviselő miként kell, hogy eljárjon a megadott időintervallumon belül, veszélyhelyzet esetén. Ezt a törvény a 2015. december 4-ét követően 180 napban maximalizálta. Emellett az értesítést el kell látni indoklással is. A kialakult helyzetre való tekintettel valamennyi érintett kongresszusi tagot is be kell vonni, mind az energetikai ipar mind pedig a természetvédelmi ágazat oldaláról.

A felelősségi köröket az eddigiekben általánosságban azonosítottam a kormányiszervek részéről. A teljes összehasonlítás azonban megköveteli, hogy az infrastruktúra oldaláról is megközelítsem a témakört. Tekintsük át melyek azok a folyamatok melyek betartása, illetve nélkülözése törvénybe ütközik, illetve ezek milyen hatással vannak az infrastruktúrát kezelő, valamint birtokló személyekre. Korábban kitértem azon sürgősségi rendelkezésre, melyet az energiaügyi miniszter továbbít a kritikus infrastruktúra rendszer kezelői felé. Ezen rendelkezés elsőbbséget élvez bármely a rendszert szabályozó

törvénnyel szemben. Tehát ugyan a rendszer megbízhatóságát szigorúan befolyásoló tényezők is lefektetésre kerültek egy törvényben<sup>7</sup>, azonban az utasítás felülbíráhatja ezen szabályrendszert, de kizárólag veszélyhelyzet esetén. Vagyis nem vonható felelősségre azon személy, vezető, alkalmazott, tulajdonos, aki a miniszter által kiadott veszélyhelyzeti tervre hivatkozva teljesíti az abban megjelenő iránymutatásokat, még ha az más esetben jogszabályba ütközik is. Természetesen ezen rendelkezés, valamint a 824a §<sup>8</sup> figyelmen kívül hagyása már tekinthető emberi mulasztásnak. A felelősség viselésében az intézmény tulajdonosa, üzemeltetője és alkalmazottja vesz részt. A felelősségre vonás alól az a személy sem léphet ki, aki ugyan teljesíti az elektromos megbízhatóságot a létesítmény törvényét vagy a sürgősségi rendelkezést azonban ezeket nem kellő gondossággal végzi, és ezáltal kárt okoz az infrastruktúrában. Minden személynek, alkalmazottnak, tulajdonosnak, üzemeltetőnek, vizsgálóbiztosnak felelősséget kell vállalnia cselekedeteiért, valamint a munkájáért. A bíróságok feladatköre is előkerül jelen rendelkezés keretein belül. Sem az állami sem pedig a helyi bíróságok, nem tárolhatják, őrizhetik, valamint közölhetnek információt a peres ügyek esetében a kritikus infrastruktúráról, vagy azzal kapcsolatban.

Mivel az Egyesült Államok villamos energiaipara nem kizárólag belföldre szállít energiát, a kialakult helyzetre való tekintettel a környező országokra is ráhatással lehet a kialakult vészhelyzet. A már korábban említett kanadai, valamint mexikói hálózat támogatása is az államok feladatkörébe tartozik. Vagyis európai szemmel nézve mind a mexikói, mind pedig kanadai oldalról tekintve ezen országok kritikus infrastruktúrája az Amerikai Egyesült Államok területén található. Tehát ezen okból kifolyólag a törvényi vonatkozásban is rögzítették a három ország szoros kapcsolatát, melyet a konzultációs részben fogalmaztak meg. Ennek tudatában az energiaügyi miniszter hivatott mindennemű intézkedés előtt konzultálni a fentebb említett országok felelős szervezeteivel. Mivel elsődlegesen a kialakult krízis gazdasági költségeinek minimalizálása a cél, prioritizáltan a következő szervezeteket érinti a párbeszéd:

- Villamosenergia-alágazat Koordinációs Tanács
- Kolorádó Folyami Bizottság
- Egyéb felelős szövetségi ügynökségek.

---

<sup>7</sup> 16 USC II. Alfejezet, II. alszakasz, 824o § - Elektromos megbízhatóság

<sup>8</sup> 16 USC II. Alfejezet, II. alszakasz, 824a § - Létesítmények összekapcsolása és összehangolása

A törvény vonatkozásában a teljes rendelkezést alkalmazni kell minden elektromos iparra hatással lévő olyan szervezetre mely annak megbízhatóságát befolyásolja, ez vonatkozik helyi, valamint globális szinten is. Mindemellett ez vonatkozik a kritikus infrastruktúra hálózatot, alhálózatot üzemeltetőkre, annak alkalmazottaira, illetve tulajdonosaira is egyaránt. A hatályosság elvesztésére két lehetőség kínálkozik. Első esetben meghatároztak egy automatikusan, 15 nap elteltével történő hatályon kívülre történő helyezést. Ennek kezdete a legutolsó kiadott és érvényben lévő sürgősségi intézkedéstől számolandó. Ez az intervallum minden további alternatív rendelkezéssel tolja a megadott határidőt. Kivételt képez természetesen ez alól az elnöktől személyesen írásban kapott dokumentum, mely tényszerűen tartalmazza a veszélyhelyzet fennállásának kézzelfogható bizonyítékát, ami megkérdőjelezhetetlen.

Jelen sürgősségi intézkedés(ek) kedvezőtlenül hathat(nak) a kritikus infrastruktúra rendszert üzemeltető, birtokló, vagy éppen használó személyekre. Erre való tekintettel az amerikai kormány elhelyezett egy költségmegtérülési bekezdést a törvényben, mely kárpótolja az incidensben megnevezett, illetve résztvevő személyeket, csoportokat. Amennyiben a fennálló helyzet azt indokolja és káresemény következett be, tehát bizonyíthatóan pénzügyi hátralek számolható fel az esemény bekövetkezése okán. A költségek megtérítése az aktuális piaci árakon történik a jelen törvénykönyv 16 USC II. Alfejezet, II. alszakasz, 824d szakasza alapján. Ez alól kivételt képez, az energiaügyi miniszter által kiadott sürgősségi beavatkozás, mely kötelezi a kritikus infrastruktúra létesítményének tulajdonosait és üzemeltetőit a dokumentumban foglaltak betartására. Egy ilyen káresemény bekövetkezése esetén az állam a teljes kárt megfizeti.

A veszélyhelyzet során szükséges információ cserét az energetikai miniszter szabályozza. Mivel ezen tartalmak bizalmasak és az államra vonatkoztatva kiszivárgásuk negatívan befolyásolna a kritikus infrastruktúra rendszerének működését, szigorú titoktartás kötelezi mind az alkalmazottakat mind pedig a vezető státusszal rendelkező személyeket. Ez természetesen vonatkozik a szövetségi ügynökségek személyzetére is. Viszont azt le kell szögezni, hogy az információ áramlásának szükségessége elengedhetetlen a megfelelő reakció, valamint reakció terv bevezetéséhez. [50]

### **5.2.2 A kritikus infrastruktúra, valamint rendszerlemeinek kijelölése**

A kijelölés rendszerének kidolgozása a már korábban említett valamennyi posztot betöltött, valamint megbízott hivatal feladatköre, nevezetesen:

- az energiaügyi miniszter
- a felelős szövetségi ügynökségek

- a kijelölendő kritikus infrastruktúra
  - o tulajdonosa(i)
  - o alkalmazottai
  - o üzemeltetője

A megjelölés az Amerikai Egyesült Államok 48 államára, valamint Washington DC-re vonatkozik, kivételt képez ez alól Alaszka és Hawaii államai. Utóbbi két terület exklávénak minősül, vagyis közvetlenül területileg nem csatlakoznak az anyaországhoz, így kevésbé jelentenek veszélyt arra szabotázs esetén. Az energiaügyi miniszter kezdeményezi az eljárás lebonyolítását melyet legkésőbb 180 napon belül indít el. A kijelölés folyamata során az érintettek számba veszik a vizsgált infrastruktúra globálisan az Amerikai Egyesült Államokra gyakorolt hatását, különösképpen az energetikai célú felhasználást. Azaz egy esetleges kiesés, hogyan befolyásolná a teljes rendszer stabilitását. Ahhoz, hogy a védelem a leghatékonyabb formáját biztosítsa a megjelölt objektumok folyamatos fejlesztésre szorulnak. Mivel ezen tényező pozitívan, illetve nem kívánt esetben negatívan is hathat az érintett infrastruktúrára, a létesítmények rendszeres felülvizsgálata szükséges.

### **5.2.3 Az Amerikai Egyesült Államok kritikus elektromos infrastruktúrával kapcsolatos információ védelme és megosztása**

A kritikus infrastruktúra rendszert negatívan érintő ezáltal a kialakult veszélyhelyzettel kapcsolatos valamennyi információ szigorúan bizalmas. Ez nincs másképp az elektromos alágazati infrastruktúra védelemmel kapcsolatban sem. Az amerikai törvényhozók ezért mentesítették a kötelező információ szolgáltatás alól jelen szekciót. Így tehát semmilyen módon nem hozhatja nyilvánosságra az információkat, sem szövetségi-, állami-, valamint egyéb politikai vonatkozású hatóság. A kötelező információ nyilvánosságra hozatali törvényben<sup>9</sup> jelen kivételt írásba is foglalták. Az ilyen jellegű információk kijelölésének folyamatát az energetikai bizottság és az energiaügyi miniszter végzi. A megállapítás során a következő fontos paraméterek kerülnek megállapításra:

- a kritikus elektromos infrastruktúrával kapcsolatos információk kritériumai, valamint kijelölési eljárások azonosítása
- mindennemű a kritikus infrastruktúrában alkalmazott elektromos berendezéssel kapcsolatos információ szivárgásának megakadályozása

---

<sup>9</sup> 5 USC § 552 b) 3. pont - A nyilvánosság tájékoztatása

- szankciók megalkotása az esetleges szivárogtató személyekkel, Energiaügyi Minisztériumi biztosokkal, tisztségviselőkkel, alkalmazottakkal vagy azok képviselőivel kapcsolatban
- a NERC<sup>10</sup> előírásainak figyelembevételével elő kell segíteni a kommunikációt a szövetségi-, állami-, regionális-, valamint az adat megosztó és elemzőközpontok között

A kijelölés folyamata természetesen meghatározott szempontok alapján történik, ahol a bizottság és a miniszter figyelembe veszik:

- az állami szervezetek szerepét az infrastruktúrák biztonságának kialakításával kapcsolatban, valamint azok költségeit
- az elektromos szolgáltatások, valamint azok díjainak arányát
- az villamos szolgáltatások biztonságának és megbízhatóságának a villamos energetikai rendszerre gyakorolt hatását a megengedett határokon belül

Mivel az Amerikai Egyesült Államok kritikus infrastruktúra rendszere nem kizárólag az országon belüli, hanem az azon kívüli objektumok is alkotják, ezért ennek védelme nem valósítható meg kizárólagosan az Amerikai Egyesült Államok területén belül. Ezen keresztül a szomszédos országokat érintő változások hatást gyakorolnak, gyakorolhatnak a fejlett észak-amerikai államközösségre. Ez természetesen reverzibilisen is igaznak mondható, vagyis az Amerikai Egyesült Államokat ért impresszió közvetve befolyásolja Kanada, valamint Mexikó gazdasági érdekeit is. Ezért ezt megelőzendően utalások olvashatók az információ megosztásának ilyen hatásvonalú megosztásáról. Természetesen szemelőt tartva az állami és egyéb hatósági érdekeket. Tehát az energetikai bizottság, valamint a hivatalát töltő energetikai biztos, mint oly sokszor megjelölt felelősök, a mexikói és kanadai kormánnyal közösen választják ki a külső országok hivatalai felé közölt információk tartalmát. Az ilyen jellegű tájékoztatás szintén bizalmasan kezelendő, ezért kizárólag a felelős hatóságok, az energetikai rendszert üzemeltető, valamint tulajdonló és azok kiemelt státuszú alkalmazottai ismerhetik az Egyesült Államok területén kívül. A burkolt információ birtoklása ezen a szinten egy szigorúan elvárt követelmény. Ezért annak megtartása bármely közegben indokolt, így tehát erőszakkal vagy hivatali státusszal történő visszaélés következőképpen jogszabályba ütköző cselekedet. Egyetlen rendelkezés sem követelheti, tehát azt, hogy egy aktuálisan bekövetkezett veszélyhelyzetből kialakult kritikus elektromos

---

<sup>10</sup> NERC - North American Electric Reliability Corporation

infrastruktúrára vonatkozó információt osszon meg az azt birtokló személy, akár szövetségi-, állami-, politikai hatóságokkal, szervezetekkel. Az érintett lehet felelős szervezetek alkalmazottja, a villamos energetikai rendszer tulajdonosa, munkatársa, üzemeltetője.

Mint már korábban leszögeztem az objektumot érintő valamennyi adat bizalmas és az állam tulajdonát képezi, viszont a többi ágazat képviselőinek megismertetése a tényekkel, valamint a kialakult helyzettel létfontosságú. Itt szintén előkerül a már sokat emlegetett interdependencia fogalma is. Az ágazatok, valamint alágazatok egymástól való függése, valamint az ebből kialakult hiány vagy rendszertelen működés szintén negatívan befolyásolhatja a többi terület normál üzemállapotát. Erre való tekintettel a kongresszus bevonása elkerülhetetlen és szükséges. Az eddigiekben csak olyan kritikus elektromos infrastruktúrát érintő tájékoztatást feltételeztem, melynek kizárólagos ismeretét a megjelölt személyek, csoportok ismerhetik. Viszont beszélnem kell azon információkról melyek közlése nem minősül jogellenesnek mivel azok tartalma vagy nem releváns vagy tartalma miatt szükségtelen a bizalmas kategóriába sorolni, így ezen csoportba vonható össze. A felelősségi köröket tekintve azonos az eljárás menete. A bizottság, valamint az energetikai miniszter elkülönítik azon információ halmazokat, melyekből megállapítható lehet az infrastruktúrát ért bármilyen jellegű káros behatásra, vagy csak abból következtetni lehet rá. A fennmaradó nem releváns információ tartalmat így nyilvánosságra hozhatónak minősítik. A bizalmasan kezelt tartalmak sem tekinthetők a végtelenségig konfidenciálisnak, ezért, amennyiben a fenti felelős személyek másképp nem rendelkeznek az így védett adatok mindösszesen öt évig tekinthetők kritikus infrastruktúra információnak, tehát annak lejártával elévülnek.

Az incidens során előállt helyzetből kifolyólag a riportok helyenként megnevezik és azonosítják a károsodott területeket, berendezéseket, alrendszereket. Ezen részletek nyilvánosság elé tárása még a megadott időintervallumon kívül sem engedhető meg. Legfőképpen azon okból kifolyólag, ha a károsodott részek biztonsági tényezője változatlan formában áll elő, tehát nem esett át fejlesztésen vagy növelték meg megbízhatóságát. Vagyis hasonlóan kivitelezett támadás esetén gyakorlatilag azonos eredmény várható, illetve fejt ki rá a szabotázs akció. Ezért a felelősök felülvizsgálhatják a nyilvánosságra hozatal előtt álló dokumentumokat és akár véglegesen is kitörölhetik a kulcsfontosságú, vagy részlegesen esszenciális kritikus infrastruktúrát károsan befolyásoló információs részeket. Ezen intézkedések látszólag láthatatlanul, de megkérdőjelezhetetlenül növelik ez elektromos rendszer(ek), elosztóberendezések

megbízhatóságát a védelemben. Természetesen a kijelölés döntésével kapcsolatban az érintetteknek lehetőségük van fellebbezés benyújtására is. A helytelennek ítélt részekre vonatkozó kiigazításokat az Amerikai Egyesült Államok azon bíróságán nyújthatja be a kifogásoló, ahol bejelentett lakcíme is van. A kérést ezután zárt ülésen vitatják meg, hogy az helytállóan a jogszabály értelmében került-e nyilvánításra. A panasszal élő természetesen megnevezheti az információ kijelölésének, valamint éppen annak elmaradása esetén a kívánt igényét. A megállapítás helyességének igazolásához további dokumentumokat is igényelhetnek az ítélszékből helyet foglaló személyek. Jogos követelés esetén természetesen módosításra kerülnek az adott információt tartalmazó riportok, iratok. [51], [52]

A kritikus infrastruktúráról gyűjtött adatok csak abban az esetben nyújtanak kielégítő választ, ha azon személyek ismerhetik meg akik maguk is a folyamat részét képezik. Tehát a hatékony információ áramláshoz elsősorban a közvetlen technológiáért felelős érintetteknek kell tudomást szerezniük. Mivel azonban jelen hírek rendkívül bizalmasak, ezért engedély kötelesek. Ezen jogosultság megállapításáról szintén az energiaügyi miniszter dönt. Meghatározza mely szervezetek alkalmazottai kaphatnak hozzáférést mind az adatokhoz, mind pedig lehetőséget arra vonatkozólag, hogy kapcsolatba léphessenek a felelős hatóságokkal a kritikus elektromos infrastruktúrát ért változásokkal kapcsolatban. Az információs közegek megfelelő biztosításának érdekében a miniszter, az energiaügyi bizottság, valamint a felelős szövetségi szervezetek folyamatosan felügyelik ezen csatornákat, tehát magát az információs rendszert, valamint az érintett infrastruktúra felelős vezetőit, tulajdonosait, személyzetét.

### **5.3 Az Európai Unió kritikus infrastruktúra rendszerének jogi elemzése az energetikai ágazatra vonatkoztatva**

A magyarországi kritikus infrastruktúra védelem teljes mértékben az Európai Unió kritikus infrastruktúra programjára támaszkodik. A későbbiekben láthatóvá válik, hogy ahogyan az Amerikai Egyesült Államok kezeli államait ennek megfelelően fog az Európai Unió is viszonyulni a tagállamaihoz. Vagyis a rendelkezések nem minden esetben lesznek ekvivalensek egymással. Ezért csak azon rendelkezéseket áll módomban összevetni, melyek azonos szinten érintik az adott országot. Például egy Egyesült Államok rendelkezésében álló, de annak tagországára vonatkozó szabályozást nem lehet összevetni egy magyarországi kormányrendeletben szereplő azonos ponttal, így azt az

európai szinten lehet csak vizsgálni. Visszatérve eredeti okfejtésemhez az Európai Unió és ezáltal a hazai jogi szabályozások alapjait a következők táblázat tekinti át.

Jogszabály, szabályozás, törvény	Cím
COM (2005) 576	Zöld Könyv
COM 2008/114/EK	Európai kritikus infrastruktúra azonosítása és kijelölése, valamint védelmük javítása szükségességének értékeléséről
COM (2004)702	A létfontosságú infrastruktúrák védelme a terrorizmus elleni küzdelemben
COM (2006)786	A létfontosságú infrastruktúrák védelmére vonatkozó európai programról

5-2. táblázat Az Európai Unió kritikus infrastruktúra védelem általános és energetikai célú jogi szabályozásai

Az Európai Unió kritikus infrastruktúra programja egy iránymutatás, ez nincs másképp az energetikai rendszerre is bevezetett azonosítási, valamint kijelölési rendelkezésnél sem. Vagyis célja a rendelkezésnek az előbbi folyamatok közös nevezőre hozatala, olyan módon, hogy szükséges-e a megnevezett infrastruktúrák védelmének növelése a teljes unió területén. Tehát az Európai Unió ad egy általános útmutatást és azt a tagországok átveszik és alkalmazzák saját infrastruktúra rendszerükre. Tekintsük át most a definíciós részt, mely meghatározza a későbbi értelmezéshez szükséges fogalmakat. A kijelölés folyamatához szükséges magának a kritikus infrastruktúrának, mint fogalomnak a bevezetése elsőként egy teljesen általános megfogalmazásban. Ennek megfelelően a CI-t egy olyan rendszerként vagy annak egy részeként tárgyalja melynek üzemszerű működése elengedhetetlen a társadalom morális jólétéhez. Ezen belül több területet is kifejt melyek a következők:

- egészségügy
- biztonság
- az egyén gazdasági és szociális jóléte

Amennyiben az infrastruktúra részlegesen vagy teljesen diszfunkcionálna akkor az az előbbi területeket, valamint a tagállamok jólétét is negatívan befolyásolná. Mivel azonban egy közösségről beszélünk az előbbi megfogalmazást átfordították, illetve kihangsúlyozták annak európaiságát is. Tehát egy európai kritikus infrastruktúra azt az objektumot jelöli, melynek részleges vagy teljes működésképtelenné vallása két vagy több tagállam esetén azokat morálisan negatívan befolyásolja. Természetesen következtetni ezen végkifejlet súlyosságára az úgynevezett horizontális kritériumokon keresztül lehet. Emellett a javaslat kitér az egyes ágazatok és a közöttük fellépő interdependenciális kapcsolat jelentőségére is.



A kockázatelemzés egy különösen fontos folyamat melynek alkalmazásával a megfelelő optimális cselekvési terv dolgozható ki, illetve következtetni lehet az infrastruktúra károsodásának mértékére is. Egy bekövetkezett esetleges esemény alatt mind technológiai, gazdasági mind pedig műszaki oldalról megindul azon információáradat mely a kialakult helyzet leírását tárja fel. Ezen adatok védelme elsődleges feladat kell, hogy legyen, mivel egy olyan objektumról származnak mely maga is védett. Tehát a kritikus infrastruktúrát jellemző információk olyan adatok, melyek nyilvánosságra hozatala tovább súlyosbíthatja a bekövetkezett szabotázs akciót, vagy éppen megindíthat egy újabb hasonló eseményt. Ebből kifolyólag bármely az infrastruktúrát jellemző információ, adat, riport titkos és bizalmas.

A kritikus infrastruktúra védelme fontos feladat ennek megfelelően a védelem definiálása is beletartozik jelen kérdéskörbe. Egy olyan folyamat mely biztosítja az objektum sértetlenségét, folyamatos üzemszerű működést, valamint fenyegetettségét és sebezhetőségét minimálisra redukálja. Természetesen ez a folyamat kiterjed, az akadályozás, az enyhítés, valamint a semlegesítés állapotára is. Már az amerikai törvény vizsgálatakor is előjött a különböző jogalanyok szerepköre. Ez természetesen az európai szemléletben is előkerül. Vagyis kik minősülnek az infrastruktúra tulajdonosainak és üzemeltetőinek. Ennek megállapítása következők szerint történik, minden olyan személy, aki az objektum vagy annak egy része, illetve alrendszeréért mind beruházási mind pedig azok napi szintű üzemszerű működéséért felel.

### **5.3.1 Az Európai Unió kritikus infrastruktúra objektumainak azonosítása és kijelölése**

Az európai kritikus infrastruktúra objektumok azonosítása egy hierarchikus eljárás alapul, ahol a lépések egymásra épülnek. Csak azon rendszer emelhető át ebbe mely teljesíti, tehát valamennyi kitételnek eleget tesz. A folyamatot a tagállamok önállóan végzik a rendelkezésben foglalt horizontális és ágazati kritériumoknak megfelelően:

1.lépés Ágazati kritériumok alkalmazása

2.lépés A definíciós részben megjelölt fogalmaknak történő megfeleltetés

- a. A potenciális kritikus infrastruktúrák rendszerre gyakorolt hatásának vizsgálata, mely történhet hazai értelmezés vagy a megadott horizontális kritériumok szerint
- b. Egy esetleges negatívan befolyásoló interakció esetén meg kell vizsgálni a kijelölt objektum helyettesíthetőségének lehetőségeit, valamint a

bekövetkezett hiányos állapot helyreállításához szükséges időintervallumot

3.lépés Az európai kritikus infrastruktúra fogalmának megfeleltetése, az ezen pontig eljutott rendszerekre, illetve meg kell vizsgálni a kijelölt objektum helyettesíthetőségének lehetőségeit, valamint a bekövetkezett hiányos állapot helyreállításához szükséges időintervallumot

4.lépés A horizontális kritériumok alkalmazása a tagállamok részéről, meg kell vizsgálni a kijelölt objektum helyettesíthetőségének lehetőségeit, valamint a bekövetkezett hiányos állapot helyreállításához szükséges időintervallumot.[53]

Jelen rendelkezés elsősorban egy támpont a tagországok segítéséhez, azonban lehetőségük van felkérni az uniót, hogy segítsék munkájukat az azonosítás folyamatában. Attól fogva, hogy kiválasztásra került egy addig nem kritikus infrastruktúra az európai bizottság minden nemű támogatást megad a tulajdonosoknak és üzemeltetőknek. Ez megmutatkozik abban, hogy rendszeresen olyan oktatásokkal, valamint technológiai információkkal látják el az adott szervezet személyzetét, akik ezáltal könnyebben és nagyobb hatékonysággal képesek a veszélyes események bekövetkezésének, vagy meglétének kezelésére. Ettől eltérően a Bizottság fenntartja magának azon jogot, hogy folyamatosan ellenőrizhesse az objektumok létjogosultságát, valamint a kritikus infrastruktúra jellegétől és rendszerre gyakorolt hatásától függően maga is azonosíthassa azt. Az identifikáláshoz szükséges horizontális kritériumok a következők:

- emberi élettel összeegyeztethető veszteségi kritériumok
- gazdasági hatásra gyakorolt kritériumok
- a társadalom morális egyensúlyára gyakorolt kritériumok

Attól függően, hogy az egyes infrastruktúrák, milyen besorolást kapnak a tagállamok felelős hivatalai minden esetben meghatároznak küszöbértékeket. Ezek kiválasztása minden esetben az országok szuverén joga. Természetesen attól függ, hogy az adott infrastruktúra esetleges megsemmisülése, vagy sérülése mekkora kárt okoz a kritikus infrastruktúra interdep

endenciális rendszerében. Az azonosításhoz szükséges és már említett másik kitétel az ágazati kritérium. Egy olyan szempontrendszer mely szintén küszöbértékeket alkalmaz a hatások felmérésére. Ezek a következők lehetnek:

- műszaki, illetve technológiai jellemzők
- eszköz jellemzők
- egyéb rendszerelemek jellemzői

Ezen tulajdonságok alapján kerülnek besorolásra az ágazatonként azonosított kritikus infrastruktúra rendszerelemek. Az európai bizottság, valamint a tagállamok felelős hivatalai közösen döntenek el, hogy az adott objektumra jellemző küszöbértékek követik-e az európai eszmeiségét és összhangban vannak-e azzal, azonban ezek mindösszesen ismételtlen csak iránymutatások. A jelenlegi energetikai rendszerre kiadott ágazati, valamint alágazati csoportosítás a következők szerint épül fel.

Ágazat	Alágazat	
Energetika	Villamos energia	A villamosenergia-termelésre és továbbításra szolgáló infrastruktúrák és létesítmények a villamosenergia-ellátás tekintetében
	Olaj	Olaj termelése, finomítása, feldolgozása, tárolása és vezetékes szállítása
	Gáz	Gáz termelése, finomítása, feldolgozása, tárolása és vezetékes szállítása LNG terminálok

5-3. táblázat Az ECI-ágazatok listája [53 p.7]

Jelenleg a három alágazat alkotja az európai energetikai ágazatot, természetesen, ha figyelmesebben áttekintjük, az atomenergia rendszerre vonatkozó utalást nem találunk. Ennek oka abban keresendő, hogy a maghasadáson alapuló villamosenergiatermelés veszélyessége, vagyis emberre és környezetre gyakorolt hatása miatt egy külön ágazatot hoztak létre számára. Így nem vonható be az energetikai ágazat alá.

A kritikus infrastruktúra rendszerébe tartozó elemek kijelölésének folyamata azon eljárás mely során az azonosított objektum, ami jelentős kihatással lehet a többi tagállamra, kiválasztódik. Abban az esetben mikor egy megjelölt infrastruktúráról bebizonyosodik, hogy jelentős kihatással van két vagy több uniós országra, a feleknek megbeszéléseken kell részt venniük, ahol megvitatják a jövőbeni együttműködést. Teszik ezt annak érdekében, hogy fenntartsák a rendszer biztonságát. Jelen esetben az európai bizottság, mint közvetítő közeg részt vehet az üléseken, azonban részletekbe menő információt nem szerez azok mibenlétéről, így maga sem tudja az objektumokat megjelölni. Fontosabb szerephez a kiválasztás során akkor jut, ha egy tagállam véleményezése szerint rá kihatással van egy másik ország infrastruktúrája, de azt a másik fél figyelmen kívül hagyta. Ebben az esetben a felek kérhetik a bizottság közreműködését a tárgyalások minél hatékonyabb lebonyolítása érdekében. Azt fontos leszögezni, hogy a kijelölés folyamata csak abban az esetben mehet végbe, ha azt az adott ország felelős szervezetei jóvá hagyták. Vagyis egy vélt európai kritikus infrastruktúra csak abban az esetben minősül annak, ha azt az adott államban, ahol létesítették a kormányzatok el is fogadták. Ez lehetőséget nyújt arra vonatkozólag, hogy a tagoknak legyen beleszólásuk a

saját belügyeikbe és azt egy másik ország vélt politikája ne korlátozhassa. Az ezen formában hitelesített és kinyilvánított infrastruktúrákról az érintett felek rendszeresen, éves gyakorisággal tájékoztatják az európai bizottságot. A meghatározott objektumokról készült információk bizalmasok és azt csak azon résztvevők ismerhetik, akik egymással interdependenciális kapcsolatban állnak. Az eredmények megküldése a bizottság irányába kimerül az alábbi információkban:

- a megjelölt infrastruktúrák ágazonkénti mennyiségének megjelölése
- a kiválasztott objektum(ok) tagállamonkénti megjelölése és számszerűsítése

A kijelölés folyamata abban a pontban zárul le mikor a kritikus infrastruktúra rendszer kiválasztásáért felelős szervezet értesítést küld az objektumot irányító, működtető, illetve tulajdonló személynek, szervezetnek, társaságnak. Ettől kezdve az adott terület védett státuszba kerül, amit a fent említett személyeknek meg is kell tartaniuk. A védelem szerepét inentől a felelősök viselik. Ezért készíteniük kell egy biztonsági tervet mely tartalmazza valamennyi kritikus infrastruktúra komponens, mind fizikális mind pedig virtuális módon. Valamint a dokumentumnak ki kell térnie az ezen eszközök védelmére tett folyamatok részletezésére. Ehhez meg kell jelölni a felhasznált biztonsági eszközök, folyamatok, mind a jelenre mind pedig a jövőbeli fejlesztésekre vonatkozólag. A biztonsági terv elkészítése egy háromlépcsős folyamaton alapul, ahol a megbízott személyek az alábbi eljárás rend betartásával alkotják meg saját koncepciójukat:

- Első lépés: az objektumon belüli elemek azonosítása
- Második lépés: rizikó analízis elvégzése a korábban kijelölt eszközökre, olyan módon, hogy különböző súlyosságú vészforgatókönyveket vesznek figyelembe
- Harmadik lépés: a korábbi vészforgatókönyvekre adott válaszok alapján a legoptimálisabb védelmi rendszerek, illetve technikák kiválasztása, annak megfelelően, hogy milyen fokú veszélyeztetettség állhat elő, valamint fenn kell tartani egy általános védettséget biztosító állapotot is [53]

A tagállam felelős szervezeteinek feladata a mindenkor fennálló biztonság fenntartása, ezért folyamatosan vizsgálják, illetve ellenőrzik, hogy a hatáskörükben található-e olyan objektum, mely esetlegesen rendelkezik biztonsági tervvel vagy sem. Abban az esetben, ha az érintett objektum rendelkezik érvényes biztonsági dokumentumokkal és a védelem szintje megfelel az elvártaknak, nem kezdeményezik a terület átvilágítását. Ezzel ellentétben, hiányosságok feltárása, illetve a fent említett terv elmaradása esetén a felelős

szervezet a teljes infrastruktúra átvilágítását kezdeményezi, valamint arra ösztönzi az érintett felet, hogy pótolja a szükséges dokumentumokat.

A megvalósításnak a lehető leghamarabb végbe kell mennie, ez alól csak abban az esetben van lehetőség eltekinteni, ha az infrastruktúra létesítése aktuálisnak tekinthető, vagy korábban nem képezte részét ezen rendszernek. Ebben az esetben kritikus infrastruktúrává minősítése után, egy éven belül szükséges a hiányzó dokumentumok elkészítése. Amennyiben ez nem elegendő egy méltányossági eljárás keretében meghosszabbítható ezen időintervallum. Azonban előállhat azon állapot, hogy az adott eszközt már érinti felügyeleti vonatkozású utasítás, de az abban foglaltakat felelős kormány szervezetek képviselik, tehát ez esetben a biztonsági terv készítésétől el kell tekinteni, mert az kimeríti a fent említett dokumentum fogalmát.

### **5.3.2 Az Európai Unió és a tagállamok közötti információ védelme a visszacsatolás során**

Ahhoz, hogy az állami szervek, valamint a létesítmény tulajdonosai maradéktalanul képesek legyenek a rájuk bízott feladatok elvégzésére, a közös kommunikációs csatorna kialakításának fenntartása egy fontos szempont. Ezen párbeszéd hatékony lebonyolítására született meg a biztonsági összekötő tiszt fogalma. Feladata egyfajta diszpécseri pozíció betöltése a felelős kormányhivatal, valamint a kritikus infrastruktúra tulajdonosai, valamint üzemeltetői között.

A szerepkör betöltésének folyamata során az érintett tagállam megvizsgálja a biztos meglétét, illetve az ezen feladatkör alternatív megoldásaként ezzel egyenértékű személyt keres. Ettől függően két állapot, valamint ebből kifolyólag két út létezik. Amennyiben a pozíció betöltött, az államnak nincs további teendője, ellenkező esetben mindenképp javasolni kell egy biztost ezen feladat elvégzésére. A kiválasztás folyamata után, a kormány kiválasztja azt a kommunikációs csatornát melyen mind a felelős szervezetek mind pedig a tisztségviselő a jogi szabályozásoknak megfelelően és biztonsággal képes a közös eszmecsere lefolytatására. Ehhez figyelembe kell venni a majd későbbiekben tárgyalandó érzékeny, valamint minősített információ cserére, illetve hozzáférésre vonatkozó szabályozást. A tisztségviselő személyén kívül a tagállamoknak létre kell hozniuk egy olyan szervezetet a kapcsolattartó pontot, melynek kizárólagos feladata a kritikus infrastruktúra rendszerrel kapcsolatos kérdések megvitatása. A csoport feladata továbbá kiterjed az európai bizottsággal, valamint hasonló más tagországok kapcsolattartó pontjaival történő véleménycserére is. A kapcsolattartó pontok természetesen csak egy a számtalan kormányzati szerv közül, akik az infrastruktúra

védelemmel foglalkozhatnak. Egymás megléte nem zárja ki a közös munka lehetőségét a védelem kialakítása során.

Az eddig tárgyalt személyek, folyamatok, biztosok, mind hozzájárulnak az európai kritikus infrastruktúra rendszer zavartalan működéséhez. Azonban az iránymutató jellegű szabályozási rendszer nem minden esetben ad visszacsatolást az európai unió felé, mivel a döntések nagyrészt a kijelölési-azonosítási folyamatokat maguk a tagállamok végzik. Ebből kifolyólag kötelező riportokkal kell az európai bizottságot ellátni annak érdekében, hogy tudomást szerezzenek az útmutatások sikerességéről. Ezt a jelentés tartalmától függően egy-két éves ciklusokban kell elvégezni. Ami kritikus infrastruktúrává minősítés esetében egy év, általános beszámoló során két évre adtak meg. A megküldött dokumentumokat érzékenységet szubjektíven az adott ország határozza meg, amit egy közös formátumban rögzítenek.

Az általános információkat tartalmazó riportban kitérnek egy adott tagállam területén megtalálható különösen védett objektumokra, melyet ágazati ezen felül alágazati területekre bontva vizsgálnak. A feltárás közben kitérnek az egyes rizikó pontokra, valamint az ezekből adódó interdependenciákra és az azokból származtatható kockázati tényezőkre. Ezen dokumentum ismeretében az Európai Unió, valamint a felelős szervezetek olyan kölcsönösen fontos információkat osztanak meg melyek végeredményeként, tovább fejleszthetők a kritikus infrastruktúra rendszer folyamatai. Viszont a már korábban is említett információ kezelés ezen eljárás keretein belül is szigorúan bizalmasak. Tehát a felelős személy(ek), tisztségviselők, felelős szervezetek tagjai minden esetben átvilágításon esnek át. A kritikus infrastruktúra rendszerrel kapcsolatos információkat kizárólag ezután ismerhetik meg. Ezen biztonsági tényező kiterjed a zárt üléseken elhangzott, valamint írásban rögzített valamennyi adatra, riportra. Az európai kritikus infrastruktúra rendszer értelmezése során bebizonyosodott, hogy egy iránymutatásról, irányelvek halmazáról beszélhetünk. Ez részben megfelelően alkalmazható, mivel megadja a szabadságot a tagállamoknak, viszont aggályokat vet fel, hogy értelmezése túlzottan sokrétű lehet. Számos esetben láthattuk, hogy még magát a szempontot, valamint osztályozási rendszert is maga az állam közeli szervek határozzák meg melyek, így eltérők lehetnek. A konkrétumok pedig szinte teljes mértékben kivesznek a dokumentumból, a konkrét definíciók, illetve a felelősségi körök kifejtése tovább javíthatná a folyamatokat. A következőkben az európai, valamint az amerikai rendszer különbségeit fogom összevetni és olyan ténymegállapításokat teszek melyekkel az európai elektromos kritikus infrastruktúra rendszer javítható.

## **5.4 Az európai és az amerikai elektromos kritikus infrastruktúra rendszerek összevetése és a vonatkozó módosítási javaslatok**

Az összehasonlítás alapjául elsődlegesen az Amerikai Egyesült Államok kritikus infrastruktúra rendszerét veszem, tehát a felépítés menete azt fogja követni. Az Európai Unió rendelkezése ezen területtel kapcsolatban a COM 2008/114/EK szabályozásban szerepel, mely elsőként az energetikai kritikus infrastruktúra rendszert hivatott biztonságossá tenni. Azonban a rendelkezés nem definiálja a villamos energetikai rendszert, mint az amerikai változat. A jogszabály a kijelölést általánosságban rögzíti részletesen nem tárgyalja annak mibenlétét. Valamennyi dokumentum a kritikus infrastruktúra azonosításával, valamint kijelölésével foglalkozik, amit mindkét esetben a mellékletekben tár fel. Az Unió megoldást áttekintve a villamos energetikai ágazatot további alágazatokra bontja, ami így tartalmaz további infrastruktúrális egységeket, így egyfajta definícióhoz is jutunk. Jelen megfogalmazást az európai megfelelője szintén általánosságban veszi, vagyis az európai kritikus infrastruktúra nem szó szerinti fordításban azon kritikus infrastruktúrákat jelenti melyek megzavarása vagy működésképtelenné válása hátrányosan érintene legalább két tagállamot. A másik megfogalmazás szerint, ahol magára tagállamra, de még mindig a COM 2008/114/EK irányelveit követve, a következők szerint fejti ki a CI fogalmát. [53]A résztvevő országokban megtalálható azon rendszerek és eszközök vagy ezek alrendszerei, melyek negatívan vett behatás esetén a következő ágazatok, valamint morális mértékkel vett területek károsodnak:

- egészségügy
- biztonság
- a polgárok gazdasági, valamint szociális jóléte.

Az összehasonlításból látható, hogy az amerikai példában szerepel egy úgynevezett virtuális nem kézzelfogható, de mégis erősen befolyásoló tényező, ami az ECI megfogalmazásában nem szerepel, valamint a teljes rendelkezés megfelel a jelen tényező bevezetéséről. A fenti definíció nem elsősorban az energetikai rendszer által tartalmazott virtuális alrendszereket értelmezi, hanem összevonva a létfontosságú információs rendszerrel tárja azt elénk. Napjainkra a virtuális szó új értelmet nyer a szoftvertechnológiákat alapul véve fontos szerephez jut egy rendszeren belül. Így elhagyása nem kielégítő eredményhez vezethet. A következő, de még mindig értelmezési részben felfedezhető eltérés a teljes hálózati egységet egyszerre hátrányosan

befolyásolható tényezők bevezetése. A törvény a lavinaszerű meghibásodások okát is deklarálja, mind természeti mind pedig emberi szabotázs képében. Ezen értelmezés az európai dokumentumokból hiányzik. Egy részről érthető, bekövetkezésének valószínűsége igen alacsony, viszont nem elhanyagolandó, mivel már korábban is történtek hasonló okokra visszavezethető káresemények. Számos esetben volt megfigyelhető koronakidobódás a legutolsó 2012. július 23-án következett be, tehát valós fenyegetettségről beszélhetünk ebben az esetben is. Az ilyen jellegű naptevékenységek jelentősen befolyásolják a villamosenergetikai rendszereket, valamint a hírközlést, definiálásuk átemelése az európai rendszerbe egy fontos tényező.[54]

A hálózatbiztonsági vészhelyzet, vagy vészhelyzet fogalmát egyetlen törvényi hivatkozásban sem találtam meg az Amerikai Egyesült Államok rendelkezésén kívül. Viszont azt le kell szögezni, hogy erre utaló leírást fogalmaztak meg a COM (2004) 702 rendelkezésben általános megfogalmazásban. A definíció kizárólag nagy általánosságban beszél a veszély fogalmáról, melynek középpontjába a kritikus infrastruktúrát állítja. Véleményem szerint jelen definíció az egyik, ha nem a legfontosabb a definíciós bekezdésben. További különbségeket a definíciós rész nem tartalmaz. [55]

Az amerikai rendelkezés tartalmazza a veszélyhelyzetek esetén követendő protokoll rendszert, melyet az európai törvényhozás úgy definiált, hogy üzemeltetői biztonsági terv. Az Amerikai Egyesült Államok ezt a felelősségi kört az aktuális miniszterelnök határozza meg, az energiaügyi miniszter felé, aki kötelezi az abban foglalt útmutatások követését az érintett feleknek. Tehát ebből következik, hogy nem az előre definiált intézkedéseket alkalmazzák, hanem a feladat specifikus cselekvési tervet dolgoznak ki. A folyamatnak természetesen van előnyös, illetve hátrányos oldala is. Egy részről gyorsabb a reakció idő, ha már előre definiált utasításokat kell követni, viszont ez csak abban az esetben használható optimálisan, ha a leírásnak megfelelő interakciók történnek. Természetesen rendelkeznek előre definiált javítási paradigmákkal, melyek gyorsabbá és hatékonyabbá teszik a sérült infrastruktúra helyreállítását. Ezen folyamatokat a DOE<sup>11</sup>, valamint a DHS<sup>12</sup> végzi és felügyeli, melyek működéséről a melléklet fejezetben írok részletesebben. Amint attól kissé eltérő a probléma vagy a terv a bekövetkezett ok-okozati összefüggést

---

<sup>11</sup> DOE - Department of Energy - Amerikai Energiaügyi Minisztérium

<sup>12</sup> DHS - Department of Homeland Security - Amerikai Belbiztonsági Minisztérium



nem határozza meg, ettől a ponttól hatékonyabb megoldást nyújt a kifejezetten a problémára összpontosító utasítás végrehajtása.

Más felől megközelítve a témát a kidolgozott reakciótervek nem minden esetben képviselik a lehető legfrissebb védelmi mechanizmust, az azonnali reagálással elkészített terv viszont igen. A sürgősségi intézkedések intézményei az amerikai esetben a már említett 15 napos intervallumot követik, tehát, ha a fent említett felelős személyek másképp nem rendelkeznek az hatályát veszíti. Ezzel szemben az unió előre deklarált reakció terve egy éves időintervallumban gondolkodik. Ez véleményem szerint egy igen magas intervallum korlát, ha a károkozás ezen perióduson belül történik a rendszerelemnek nincs lehetősége arra, hogy optimálisan védett objektumként tekinthessünk rá. Valamint az azt üzemeltető személyek, tulajdonosok sem képesek megfelelőképpen reagálni az eseményekre. Ilyen módon mindenképpen javaslom egy egyfajta ideiglenes reakcióterv létrehozását arra az időre amíg a végleges el nem készül. Az azonnali reagálás lehetőségét is fenn kell tartani, amit viszont az Európai Unió kritikus infrastruktúra rendszerében kell létrehozni egy szakértői csoportból, így elkerülhetők a hosszabb távon védelmi stratégia nélkül maradt infrastruktúrák.

A következő összehasonlítási pontom a káreseményből adódó költségek megterülése, mely kihatással van a tulajdonos, az üzemeltető vagy a felhasználók gazdasági megtérülésére. Az amerikai törvény erre vonatkozólag világosan leírja, hogy milyen esetekben és módon kell az érintett feleket kártalanítani, valamint mely esetekben viseli a pénzügyi terheket maga az infrastruktúrát birtokló személy. Ezzel ellentétben az európai 2008/114/EK irányelv ezt nem tartalmazza, ugyan ezzel kapcsolatban találtam elvett költségek megfizetéséről szóló útmutatásokat. Például a COM (2006) 786 olyan módon ratifikálja a költségeket, melyek arra irányulnak, hogy a védelem kialakítása során írásba foglalt szabályozások nem rónak gazdasági kötelezettséget az érintett infrastruktúra résztvevőire. A további útmutatások, mint a COM (2004) 702, illetve a Zöld könyv, COM (2005) 576 arra irányuló útmutatásokat ad, hogy miként kell a költségek, valamint a gazdasági szint megfelelő megválasztása mellett eljárni. Tehát egyértelműen nem tér ki a káresemény tehermentesítésére, illetve az érintettek kártalanítására. [56], [57]

A minősített vagy ahogy az Európai Unió szabályozása is említi az érzékeny információkhoz való hozzáférés kezelése, egy olyan témakör mely mindkét fél dokumentumaiban megtalálható viszont némileg eltérő mechanizmussal szerepelnek. Az unió rendelkezése minimálisan, de kitér jelen témakörre, valamint egyfajta biztonsági

megelőzőként átvilágítást javasol az érintett személyekre, amit viszont az amerikai törvény nem tárgyal. Azt viszont teljes bizonyossággal leszögezhető, hogy az Amerikai Egyesült Államok mechanizmusa a végletekbe menően részletezi a megosztás lehetőségeit az arra alkalmas személyek jogosultságait. Az Európai Unió rendelkezése mindösszesen leírja, hogy feltételezve egy ideális állapotot, ahol nincsenek ártó szándékú személyek kijelöli melyek azon szervezetek, személyek, akik rendelkezhetnek ilyen jellegű engedélyekkel. Azt már nem tárgyalja, hogy milyen formában kerülnek kijelölésre a felelősök, valamint nem megfelelő kezekbe jutás esetén milyen protokollt kell kezdeményezni. Amint azt sem tárgyalja, milyen esetekben beszélhetünk kritikus infrastruktúrával kapcsolatos információkról, mik azok az információk melyek annak minősülnek, milyen esetekben enged a rendszer részleges betekintést az adatokba. Valamint mekkora az az időintervallum melyen kívül a közvélemény megismerheti ezen dokumentumok tartalmát. Azonban véleményem szerint a legfontosabb hiányosság a felelősségi körök részletezése, ez szinte teljes mértékben hiányzik az európai útmutatásból. Nem dönthető el egyértelműen, hogy kinek meddig tart a hatásköre, valamint a zárt ülés összetétele sem ismert. Az Amerikai Egyesült Államok ezeket mind írásban rögzítette külön kitér az aktuálisan hivatalát töltő miniszterelnök feladataira, az energetikai miniszter feladatkörére, valamint a kongresszus szerepkörére. Egyértelműen kijelenthető, hogy a két hatalom szervezetei nem azonosak, viszont megfeleltethetők egymásnak. A biztonsági engedélyek, valamint a felelősségek pontosításával kapcsolatban több alfejezet is foglalkozik a 16 USC II. Alfejezet, II. alszakasz, 824o-1§ törvényen belül. Ennek tudatában az engedélyek kiadását maga az energiaügyi miniszter szorgalmazhatja. Ezen felül a Bizottság, valamint a felelős ügynökségek hatáskörébe a minősített információk megosztásának felelőssége hárul. Emellett az amerikai jogszabály az esetleges felelősségi körökből adódó mulasztást, valamint az ezekre adott válaszokat is definiálja. Ezen rendelkezések az európai útmutatásban nem találhatók meg, mindazonáltal lényeges tényezőkről beszélhetünk.

Az elektromos kritikus infrastruktúra rendszerek azonosítása és kijelölésének folyamata az Amerikai Egyesült Államok szemszögéből egy egyszerűsített folyamaton keresztül történik. Ebben a pontban az unió azonosítási és kijelölési rendszere részletesebb képet mutat. Azonban az Amerikai Egyesült Államok egy egységes kijelölési rendszert alkalmaz, tehát nem beszélhetünk túl biztosítottságról, valamint kevésbé védett objektumokról. Az azonosítás, valamint kijelölés folyamatát az energetikai miniszter kezdeményezi és 180 napon belül a felelős szervezetekkel közösen kinyilvánítja döntését.

Ezen hatáskör kiterjed valamennyi érintett államra így objektív egységes rendszer hozható létre. Ezzel ellentétben az európai azonosítás és kijelölés folyamatát meghatározott lépéseken keresztül maguk a tagországok végzik, melyek területén fekszik az érintett létesítmény. Az eredmények véglegesítéséről pedig riportot küldenek az Európai Unió felelős szervezetei felé. Ezen kiértékelési rendszernek a legnagyobb problémája nem az alaposággal kivitelezett és hierarchikusan felépített kiválasztási rendszer, hanem az magukból az országok differenciáiból eredeztethető. Nem minden nemzet gondolkozik azonos módon így megítélésük is eltérő lehet. Az így felépített és kijelölt objektumok sokkal kevésbé képezik egy objektív rendszer részét. tehát így nem hozható létre egy egységes európai azonosítási és kijelölési rendszer. A másik tényező, hogy a tagállamok megvétőzhatják egymás kritikus infrastruktúra rendszereit vagy azok elemeit, ha nem elégedettek a másik ország döntésével. Így még tovább növelhető az objektivitás hiánya. Az időszakos kijelölés témakörét mindkét rendelkezés azonos módon kezeli, tehát a folyamatos felülvizsgálat azonos mechanizmusnak tekinthető, így ezt a továbbiakban nem is elemzem tovább.

A következőkben a diszpécseri feladatkör betöltését is szemügyre kell, hogy vegyük. Jelen szerepkör feladata a felelős állami szervek, valamint az infrastruktúra üzemeltetői/tulajdonosai közötti könnyebb információ csere létesítése. Ezt a tengerentúlon a miniszterelnökön keresztül az energiaügyi miniszter, valamint az energiaügyi hatóság végzi harmadik fél bevonása nélkül. Az Európai Unió ezzel ellentétben erre a posztra alkalmaz egy külön személyt, akit átvilágítás során választanak ki. Ez szintén egy további rizikópontot eredményezhet. Mi garantálja, hogy a személy átvilágítása sikeres lesz? Lehetséges, hogy egy ártó szándékú személy megfelel az ellenőrzésen? Valamint az információ áramlás sebességét is jelen tisztségviselőhöz köthetjük. Elég abba belegondolni, hogy a biztos egy további megálló az információ cserében, tehát jelen személy reakció idejétől is függhet a folyamat kimenetele. Jelen munkakör betöltését minden esetben be kell olvasztani az adott ország felelős szervezeteinek, vagy személyeinek feladatkörébe, mivel így gyorsítható és megbízhatóbbá válik a diszpécseri folyamat.

A differenciák feltárása és elemzése közben találtam egy további fontos tényezőt. Az európai rendszerre vonatkozólag nem találtam arra vonatkozó utalást, hogy valamely szempontból is szabályozná az unió államainak elektromos kritikus infrastruktúra eszköz beszerzésének folyamatait. Tehát, ha belegondolunk abba, hogy az országok milyen gazdasági faktorial rendelkeznek és ez milyen kihatással van a kritikus infrastruktúrában

használt eszközök korára, korszerűségére, ezen keresztül azok biztonsági tényezőire, máris megkérdőjelezhető a rendszer megbízhatósága. Tehát nem azonos eszközparkkal rendelkezik egy nyugati ország, mint például egy keleti kis tagállam. Tehát mindenképp megfontolás tárgyát kell, hogy képezze egy általános leltárba vétel mely tartalmazza a beépített eszközök sebezhetőségi pontjait, valamint a szükséges csere időintervallumát. Természetesen az 2008/114/EK irányelv tartalmaz erre vonatkozó utalásokat, de azok kizárólag leíró jellegűek, vagyis megállapítják a rendszerelemek sebezhetőségeit és azt rangsorolják. Véleményem szerint szükséges azon eszközök cseréje melyek biztonsági tényezője nem kielégítő. Egy következő kérdés lehet az újonnan beszerzett eszközök szabványosítása. Egy lényeges pont mivel ettől függően a szerviz alkatrészek beszerzése is vagy nehezebb vagy könnyebb irányt vehet. Sokkal kedvezőbb egy standardizált alkatrészt tartani raktáron, mint több száz eltérő elemet gyártatni, bizonytalan múltú vagy már eltűnt, megszűnt cég helyett. Amennyiben ezen alkatrészek továbbá nem beszerezhetők, vagy ezen interakció elkerülhetetlen, számításba kell venni azt a tény, hogy mely cégek azok, akik gyárthatják, vagy tovább gondolva kik azok, akik láthatják a legyártandó eszközök terveit. Ez ismételtelen egy biztonsági rést eredményezhet, mivel ezen információk is elektromos kritikus infrastruktúrához köthetők. Az ártó szándékú személy minden lehetőséget kihasználva szert tehet ezen tervdokumentációkra és akár a teljes műszaki leírást is megszerezheti a védett objektum egy adott rendszereleméről. Jelen folyamatok teljes mértékben szabályozást igényelnek az unió területén belül is. Az Amerika Egyesült Államok területén ezen folyamatok teljes felügyeletéért a DHS, valamint a DOE felel.

A fenti összehasonlításból látható vált melyek azok a folyamatok, amik mindenképp módosításra szorulnak és mik azon rendelkezések, melyek az Amerikai Egyesült Államok definiálásától is részletesebben vannak kidolgozva.

## **Összefoglalás**

A biztonság, az emberi társadalom, azon belül is az egyén alapvető törekvése. Azonban ezt az állapotot teljes egészében, ideálisan sosem érheti el, mivel annak elérését számos folyamat kimenetele befolyásolja. A 2001-es New Yorki terrortámadás sorozat jelentős mértékben befolyásolta a kritikus infrastruktúra rendszerének terjedését, egyfajta mérföldkövet jelentett. Az addig helyesnek vélt reakciótervek, folyamatok ok-okozati összefüggései egyszersmind csődöt mondtak. A katasztrófa ráébresztette az amerikai kormányt, hogy egy olyan újfajta biztonsági problémával állnak szemben, mely a jelenleg

rendelkezésre álló eszközkészlettel már nem hárítható el. Így létrehozták a kritikus infrastruktúra fogalmát és rendszerét, mely az Amerikai Egyesült Államok szervezetén belül kijelölte azon objektumokat, rendszerelemeket, melyek védelme prioritást kell, hogy jelentsen, mivel azok sérülése hátrányosan érintené a nemzetgazdaságot. A kritikus infrastruktúra rendszeren belül több ágazati és azon belül alágazati szektorokat határoztak meg, melyek egymással kölcsönös függésben állnak. Az interdependenciális kapcsolatokból származtatva a teljes kritikus infrastruktúra szerkezet kizárólag komplex formában egyetlen struktúraként értelmezhető.

Az Amerikai Egyesült Államok példáját követve az Európai Unió is igényét fejezte ki saját kritikus infrastruktúra rendszerének felállítására. A globálisan vett értelmezésbeni differenciák jól kimutathatók a két nagyhatalom tekintetében is, kiváltképp a definíciókban, illetve ágazati szintű eltérésekben mutatkoztak meg.

A villamosenergetikai ágazatra vonatkoztatva is számos eltérés utalt a rendszerek különbözőségeire, melyek a fogalom kezelésben, valamint folyamatokban csúcsosodott ki. Az Amerikai Egyesült Államok esetében a fogalmi rendszer kimunkáltabb hatást keltett, mint az Európai Unió fogalomalkotásának tekintetében. Előbbi számításba veszi azon káreseményeket melyek lavinaszerű láncolata a teljes villamosenergetikai rendszert képes megbénítani. A későbbi elemzések során is előtérbe kerülnek azon különbségek, melyek kimutathatók, a felelősségi körök, az azonosítás, valamint a kijelölés folyamataiban és az információ kezelés, közlés kérdéskörében.

## ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

Széleskörű kutatást végeztem a villamosenergetika a mobil hírközlés, valamint a megújuló energiaforrások interdependenciális vizsgálata során mely után megfogalmaztam téziseimet. A kritikus infrastruktúra, valamint az energetika kapcsolatrendszerével kapcsolatban végzett vizsgálataimat a jogi rendszer eltérő szempontjai alapján végeztem. Melynek eredményeképpen fogalmaztam meg azon tézisémet, mely javaslatot tesz az európai elektromos kritikus infrastruktúra rendszer módosítására, bővítésére.

### A kutatómunka összegrzése

A biztonságos életvitel jelenlegi életmódunk igénye, melynek különböző aspektusai látens vagy vizibilis módon befolyásolják azt. Az, hogy a biztonság mely definíciója kap megerősítést, kizárólagosan a külső körülmények határozzák meg. A biztonság igénye egy adott reakcióra adott válasz vagy tárgyi segítség igénybevételével kielégíthető. Azonban bekövetkezhetnek olyan események vagy igények, melyek konkrét beavatkozást segítő eszközkészletet vagy kézzel foghatatlan mechanizmusokat követlenek meg, amit az adott személynek már nem áll módjában alkalmazni. Ezen kijelentés alapján ez adódhat financiaális korlátok folyamányaként, vagy az adott szituáció, technológia mélyebb ismeretének hiányából is. Tehát feltételezve azt, hogy nem minden egyén rendelkezik olyan tudásbázissal az adott körülmény esetén, amivel megfelelően kezelhetné annak hatékony lefolytatását. Így nem minden esetben tudjuk biztonsági igényeinket egy másik fél vagy támogató folyamat, eszköz segítségével javítani, növelni. Ebből kifolyólag értekezésemben célul tűztem ki az energetikai biztonság növelését, mivel ezen terület biztonságának növelése sem egyénfüggő, így nem érhető el a kívánt hatás, kizárólag egy komplex mindent átfogó megvalósítás segítségével.

Az effajta biztonsági tényező egy igen összetett megközelítést igényel, mivel számos más területtel, ágazattal interdependenciát mutat. Ezért úgy építettem fel disszertációm vázát, hogy a villamosenergetikai biztonságot helyeztem a középpontba és megvizsgáltam a rá ható, valamint a belőle származtatható eseményeket, technológiákat, kézzel fogható, valamint látens megoldásokat. Ilyen módon fejezetenkénti kifejtéssel közelítettem meg a problématerületet.

Disszertációmban kritériumként fogalmaztam meg a témakör tudományos, komplex analízisét az alkalmazhatóság, ezáltal az életszerű megközelítés figyelembevételével.

Kutatásom középpontjába a villamosenergetikai biztonság növelését állítottam, különös tekintettel az energetikai mikrogrid technológia, a mobil telekommunikáció, a megújuló energiaforrások, valamint a jogi oldalú elektromos kritikus infrastruktúra rendszerek oldaláról megközelítve. Nem volt célja a további villamosenergetikai, mobil telekommunikációs rendszerek technikai kérdéseinek vizsgálata, a területi okokra visszavezetve.

Az első fejezetben a biztonság különböző megközelítéseit vizsgáltam, valamint fejtettem ki. Elemeztem annak lehetséges elméletét, definícióit. Továbbá kitértem a villamosenergetikai üzembiztonsággal kapcsolatos kérdésekre, kiváltképp a befolyásoló tényezőkre. Bemutattam a villamosenergetikai rendszer európai, országos, valamint középfeszültségű szintű leképezésének eredményeit a gráfelméleten keresztül. Kérdőíves közvélemény kutatásom által frissítettem az átlagos polgári fogyasztási adatokat, valamint azokat a felhasználás módjától és jellegétől függően elemeztem és megjelenítettem.

A második fejezetben kifejtettem a mikrogrid rendszer felépítését, megindokoltam a választott technológia alkalmazását. Részletesen foglalkoztam a hierarchikus rendszer felépítésével, szabályzási körének kialakításával. Állapot analízissel lefektettem a szétválás, az áramszünet alatti termelés, valamint egyesítés folyamatait. A black-out alatti üzem megvalósításához kidolgoztam egy célhardvert, valamint annak algoritmusát, mellyel a redukált villamosenergiavételezés megvalósítható a megújuló energiaforrások által termelt villamosenergia optimális felhasználásával. A redukált szolgáltatási rendszer esetén kidolgoztam a vételezési feltételeket, melyekkel nem csak kizárólag a folyamatos ellátás, hanem tartalékfüggő többlet villamosenergia is biztosítható.

A harmadik fejezetben részletesen kitértem a mobil kommunikációs rendszerek polgári szokásain alapuló fogyasztási adatok meghatározására. Jelen fejezetben adom közzé a tapasztalatokon alapuló mobil fogyasztás empirikus kutatási eredményeit. A megújuló napelemes energiaforrások alkalmazásával olyan betáplálási rendszert terveztem, mely az elektromos hálózattól függetlenül képes a kommunikációs rendszert és a mikrogriden belüli felügyeleti rendszert villamos energiával ellátni black-out esemény alatt ezáltal biztosítva azok folyamatos rendelkezésre állását.

A negyedik fejezet részletezi a kommunikációs rendszerek csoportosíthatóságát és alkalmazhatóságát black-out alatt. Megadva azok technológia érzékenységét, valamint a

külső negatív hatásokra adott válaszuk szerint rangsorolja a kommunikációs szolgáltatásokat. A negyedik fejezet foglalkozik továbbá a kommunikációs rendszerek optimalizálásával, valamint a kizárólagos használat lehetőségével és hatásával a megújuló energiaforrások hasznosítására épülő betáplálási rendszer komplexitására.

Az ötödik fejezetben foglaltam össze a kritikus infrastruktúra rendszerek amerikai, valamint európai vonatkozású globális értelmezésű differenciáit. Melyből kitértem az elektromos kritikus infrastruktúra szabályozásainak különbözőségeire. Megállapítottam, hogy az Európai Unió rendszere nem egzakt módon tér ki a villamos hálózatvédelemre. Azonosítottam és megjelöltem az azonosságokat, illetve különbségeket az Amerikai Egyesült Államok és az Európai Unió törvényi megoldásaiban az elektromos kritikus infrastruktúra rendszerre vonatkoztatva. Az így általam feltárt és megadott differenciák növelik az unió elektromos kritikus infrastruktúra rendszerének hatékonyságát.

A hipotézisek vizsgálata, valamint megoldása során megalkottam téziseimet és megfogalmaztam új tudományos eredményeimet, illetve ajánlásaimat.

### **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 kismegfeszítésű 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 fogyasztóhoz allokál a rendelkezésre álló teljesítményből, illetve ezen



túl prioritást rendel a kommunikációs eszközcsoportokhoz, figyelembe vettem azok fejlettségét, szerepét a kritikus üzemállapotokban 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]

### **Ajánlások**

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 mérleeljék 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
  - prioritizálják 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 részletes 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

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1], Professor Dr. Berek Lajos, Dr. Berek Tamás, Berek László – Személy- és Vagyonbiztonság, 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>

### **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 Közszolgálati 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

## RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK

Rövidítés	Rövidítés angol megfelelője	Rövidítés magyar megfelelője
2G	2G	Második generációs mobil kommunikációs technológia
3,5G	3,5G	Fejlesztett harmadik generációs mobil kommunikációs technológia
3G	3G	Harmadik generációs mobil kommunikációs technológia
4G	4G	Negyedik generációs mobil kommunikációs technológia
5G	5G	Ötödik generációs mobil kommunikációs technológia
AC	Alternating Current	Váltakozó áram
ADSS	All Dielectric Self-Supporting	Szigetelő anyagokból felépülő öntartó optikai kábel
AM	Air Mass	Légkör tisztasági tényező
AT&T	AT&T	Amerikai telekommunikációs vállalat
ATSOI	Association of the Transmission System Operators of Ireland	Ír Villamosenergia Rendszerirányító Szervezet
BALTSO	Baltic Transmission System Operators	Balti Régió Villamosenergia Rendszerirányító Szervezet
BJT	Bipolar Junction Transistor	Bipoláris tranzisztor
BSR	Baltic Sea Region	Balti-tengeri régió
CB	Citizen's Band radio	Kis hatótávolságú személyi rádió
CBRNE	Chemical, Biological, Radiological, Nuclear, and Explosive materials	Kémiai, biológiai, radiológiai és nukleáris munkacsoport
CFR	Code of Federal Regulations	Szövetségi Szabályzat
CIP	Critical Infrastructure Protection	Kritikus Infrastruktúra Védelem
CIWIN	Critical Infrastructure Warning Information Network	Európai kritikus infrastruktúra figyelmeztető hálózat
COM	Commission	Bizottság
DC	Direct Current	Egyenáram
DHS	Department of Homeland Security	Amerikai Belbiztonsági Minisztérium
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt	Német Űrkutatási Hivatal
DNP3	Distributed Network Protocol 3	Együttműködő kommunikációs protokoll
DOE	Department of Energy	Amerikai Energiaügyi Minisztérium
DOT	Graph Description Language	Szöveges gráfleíró nyelv

DOT	US Department of Transportation	Egyesült Államok Közlekedési Minisztériuma
EAPC	European Association for Palliative Care	Európai Palliatív Gondozási Szövetség
ECI	European Critical Infrastructure	Európai kritikus infrastruktúra
EDF-DÉMÁSZ	-	Dél-Magyarországi áramszolgáltató
EGK	-	Európai Gazdasági közösség
EIA	U.S. Energy Information Administration	Egyesült Államok Energiainformációs Igazgatósága
EK	-	Európai Közösség
ELMÜ	-	Budapesti Elektromos Művek
ÉMÁSZ	-	Észak-magyarországi Áramszolgáltató
ENTSO-E	European Network of Transmission System Operators	Európai Rendszerirányító Szervezet
EON-EDE	-	Dél-dunántúli Áramhálózati szolgáltató
EON-EED	-	Észak-dunántúli Áramhálózati szolgáltató
EON-ETI	-	Tiszántúli Áramhálózati szolgáltató
EPCIP	European Programme for Critical Infrastructure Protection	Európai kritikus infrastruktúra védelem program
Európai Unió	European Union	Európai Unió
Európai UnióRATOM	European Atomic Energy Community	Európai Atomenergia Közösség
FERC	Federal Energy Regulatory Commission	Szövetségi Energiaszabályozási Bizottság
GPRS	General Packet Radio Services	Csomagkapcsolt mobil adatátviteli technológia
GPS	Global Positioning System	Globális Helymeghatározó Rendszer
GSM	Global System for Mobile Communication	Globális Mobil Kommunikációs Rendszer
HMKE		Háztartási méretű kiserőmű
HS	Home Security	Belbiztonság
HSPA	High Speed Packet Access	Nagy sebességű csomag hozzáférése mobil technológia
IEC	International Electrotechnical Commission	Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság
IED	Intelligent Electronic Devices	Intelligens Elektronikai Eszközök
IGBT	Insulated-Gate Bipolar Transistor	Szigetelt kapujú bipoláris tranzisztor
I <sub>MPP</sub>	Current at Maximum Power Point	Maximális áram pont

IT	Information Technology	Információ technológia
KÖF	-	Középfeszültségű hálózat
LAN	Local Area Network	Helyi hálózat
LED	Light Emitting Diode	Fény kibocsájtó dióda
LTE	Long Term Evolution	Negyedik generációs mobil átviteli technológia
Mbps	Megabits per Second	Egy általános adatátviteli mérőszám
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor	Fém-oxid térvezérlésű tranzisztor
MPPT	Maximum power point tracking	Maximális munkapont követés
Mrd	-	Milliárd
MTU	Master Terminal Unit	Master I/O modul
NATO	North Atlantic Treaty Organisation	Észak-atlanti Szerződés Szervezete
NERC	North American Electric Reliability Corporation	Észak-Amerikai Villamos Megbízhatósági Tanács
NKE	-	Nemzeti Közszolgálati Egyetem
NORDEL	Nordic system operator	Skandináv Villamosenergia Rendszerirányító Szervezet
NRC	Nuclear Regulatory Commission	Nukleáris Szabályozó Bizottság
OPGW	Optical Ground Wire	Optikai Földkábel
OSI	Open Systems Interconnection Reference Model	Nyílt Rendszerek Összekapcsolási Referencia Modellje
P <sub>DC</sub>	-	Egyenáramú oldal teljesítmény igénye
PLC	Programmable Logic Controller	Programozható logikai eszköz
PMU	Phasor Measurement Units	Fazor mérő eszköz
P <sub>STC</sub>	-	A napelem teljesítmény mutatója
PSTN	Public Switched Telephone Network	Nyilvános Kapcsolt Telefonhálózat
RS232	Recommended Standard 232	Soros kommunikációs átviteli technológia
RS485	Recommended Standard 485	Soros kommunikációs átviteli technológia
RTU	Remote Terminal Unit	Távoli adatgyűjtő egység
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition	Felügyeleti irányító és adatgyűjtő rendszer
Si	Silicon	Szilícium
T <sub>c</sub>	Thermal Coefficient	Hőmérsékleti együttható
TDD	Time Division Duplex	Idő osztásos közeghozzáférés
TETRA	Terrestrial Trunked Radio	Földfelszíni Tronkolt Rádió Hálózat
UCTE	Union for the Coordination of the Transmission of Electricity	Európai Villamosenergia Rendszerirányító Szervezete
UHF	Ultra high frequency	Deciméteres Hullámok

UKTSOA	UK Transmission System Operators Association	Egyesült Királyság Villamosenergia Rendszerirányító Szervezet
U <sub>MPP</sub>	Voltage at Maximum Power Point	Maximális feszültség pont
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	Harmadik generációs mobil távközlési technológia
URH	-	Ultra Rövid Hullám
USA	United States of America	Amerikai Egyesült Államok
USC	US. Code	Amerikai Kódex
USGS	United States Geological Survey	Egyesült Államok Földtani Intézet
UTC	Universal Time Coordinated	Egyezményes koordinált világidő
VER	-	Villamos Energetikai Rendszer
VHF	Very high frequency	Ultra Rövid Hullám
WAN	Wide Area Network	Nagy Kiterjedésű Hálózat
WIFI	Wireless Fidelity	Vezeték Nélküli Hozzáférési Hálózat
WOC	Wrapped Optical Cable	Szigetelt Optikai Kábel Földkábel

## TÁBLÁZATJEGYZÉK

- 1-1. táblázat A távvezetési hálózat súlyozási rendszere
- 1-2. táblázat: A 120kV-os átviteli hálózat súlyozása
- 1-3. táblázat: A közép feszültségű alhálózat súlyozása
- 1-4. táblázat: A LED-es, valamint hagyományos izzók teljesítmény megoszlásai
- 1-5. táblázat: Általános háztartási eszközök standby fogyasztási adatai
- 2-1. táblázat Nevezetes pontok és regiszterértékeik
- 2-3. táblázat Az állapotoknak megfelelő feltételek
- 3-1. táblázat Konstans teljesítmény tényezők
- 3-2. táblázat A minta bázis állomás paraméterei [26 p.5]
- 3-3. táblázat DC fogyasztási adatok [26 p.10-11]
- 3-4. táblázat AC fogyasztási adatok [26 p.17]
- 3-5. táblázat A mérés alatti külső hőmérséklet [26 p.6]
- 3-6. táblázat Fontosabb anyagok reflektív együtthatója [31]
- 3-7. táblázat: ÓE napelemek paraméterei
- 3-8. táblázat: Számolt értékek az igényelt, valamint a tényleges termelőképességre
- 4-1. táblázat: A kommunikációs technológiák fontosabb paraméterei

- 4-2. táblázat: A GSM rendszer fogyasztási, valamint annak lefedéséhez szükséges adatok
- 4-3. táblázat: A GSM rendszer AC oldali igénye, valamint a rendszer hozama
- 5-1. táblázat Az Amerikai Egyesült Államok energetikai kritikus infrastruktúra rendszerének jogi szabályozásai
- 5-2. táblázat Az Európai Unió kritikus infrastruktúra védelem általános és energetikai célú jogi szabályozásai
- 5-3. táblázat Az ECI-ágazatok listája [53 p.7]

## **ÁBRAJEGYZÉK**

- 1-1. ábra Energiahordozók százalékos megoszlása a villamos energiatermelésben
- 1-2. ábra A háztartások személyenkénti megoszlása
- 1-3. ábra Világítási eszközök felhasználásának adatai
- 1-4. ábra Wolfram szál izzó háztartásonkénti alkalmazása
- 1-5. ábra: A hagyományos izzók háztartásonkénti alkalmazási ideje
- 1-6. ábra: LED-es fényforrások felhasználása
- 1-7. ábra: LED-es fényforrások használatának ideje
- 1-8. ábra: Az eltérő technológián alapuló világítási eszközök fogyasztása
- 1-9. ábra: Háztartási eszközök fogyasztási megoszlása
- 1-10. ábra Standby fogyasztással bővített háztartási villamosenergia mérleg
- 2-1. ábra Egyenfeszültségű sín alkalmazása
- 2-2. ábra Váltakozó feszültségű gyűjtősín alkalmazása
- 2-3. ábra A mikrogrid egyensúlyi állapota
- 2-4. ábra Az igénylés elbírálásának folyamata
- 2-5. ábra A teljesítmény szabályzás folyamata
- 2-6. ábra Teljesítmény szabályzás
- 2-7. ábra A mikrokontroller programkódjának kapcsolata a perifériákkal
- 2-8. ábra GSM modul
- 2-9. ábra PMU egység
- 2-10. ábra A mikrogrid rendszer felépítése
- 3-1. ábra A mobil kommunikációs torony fogyasztási adatainak megoszlása
- 3-2. ábra A Föld tengelyének változása
- 3-3. ábra A Nap égtájak szerinti mozgása
- 3-4. ábra A Nap haladása az égbolton [30]

- 3-5. ábra A besugárzás típusai
- 3-6. ábra A Nap sugárzásának beesési szöge
- 3-7. ábra Napsugárzás intenzitása
- 3-8. ábra A napelemek dőlésszöge, valamint a szórt sugárzás függvénye
- 3-9. ábra: Összesített besugárzási adatok a tárgyévre vonatkoztatva
- 3-10. ábra A napelem feszültség/áram karakterisztikája
- 3-11. ábra Napelemek hőmérséklet függése a sugárzás függvényében
- 3-12. ábra Napelemek teljesítmény változása hőmérséklet és a besugárzás függvényében
- 3-13. ábra Teljesítmény eltérés százalékos kimutatása
- 3-14. ábra: Napelem táblák számának alakulása
- 3-15. ábra A tervezett szigetüzemű napelemes rendszer sematikus ábrája
- 3-16. ábra Napi termelékenység havi szintű lebontása
- 3-17. ábra Az árnyékolási tényező ábrázolása
- 3-18. ábra: Az akkumulátorok kitárolása, valamint az alatti végbemenő termelés aránya
- 3-19. ábra: A termelésből adódó többlet időbeli lefolyása
- 4-1. ábra: Az elmúlt 17-év természeti katasztrófáinak, valamint terrorista támadásainak statisztikája [45]
- 4-2. ábra: Az infokommunikációs rendszerek technológiai, valamint érzékenységi függése
- 4-3. ábra A GSM rendszer kizárólagos fogyasztása
- 4-4. ábra: A kitárolás és az alatta megtermelt energia aránya GSM kommunikációra méretezett rendszer esetén
- 4-5. ábra: Idő intervallum növekedés kitárolás alatt GSM rendszer esetén
- 4-6. ábra: Az optimalizált és optimalizálatlan rendszer összehasonlítása
- 4-7. ábra:  $\Delta W$  és  $\Delta A$  változása a mobil generációk függvényében
- 4-8. ábra: Mobil generációnkénti éves hozam és a Si-napelem felületi változása
- 4-9. ábra: A szükséges napelem modulok száma a kommunikáció függvényében
- 4-10. ábra Az akkumulátorok száma, valamint a  $\Delta T$  változása a mobil generációk függvényében
- 6-1. ábra Európai és Észak-Afrikai, valamint az Arab országok villamos hálózatának egyesített gráfja
- 6-2. ábra Európai és Észak-Afrikai, valamint az Arab országok villamos hálózatának feszültség szintenkénti gráfja

6-3. ábra A VER hálózat szétválasztott feszültség szintenkénti gráfja

6-4. ábra ELMÜ 120kV-al kibővített gráfja

6-5. ábra Dél-Budai 10KV-os hálózat



## 6 MELLÉKLETEK

### 6.1 Melléklet – Fogyasztási szokásokat felmérő kérdőív

#### Elektromos áram fogyasztási szokások vizsgálata 2019

1. Egy háztartásban élők száma? (válaszát X-szel vagy + jellel adja meg)

1 2 3 4 5 6 Egyéb

2. Milyen típusú világítási eszközöket használ? (válaszát X-szel vagy + jellel adja meg)

Hagyományos LED-es Fénycső Kompaktfénycső Egyéb

3. Milyen teljesítményű hagyományos izzókat használ és kérem számszerűsítse azokat?!

	1	2	3	4	5	6	Egyéb
25W							
40W							
60W							
75W							
100W							
120W							
150W							
Egyéb							

4. A megadott hagyományos izzókat összesen napi hány órát használja?

	1	2	3	4	5	6	Egyéb
25W							
40W							
60W							
75W							
100W							
120W							
150W							
Egyéb							

5. Milyen teljesítményű LED-es fényforrásokat használ és kérem számszerűsítse azokat?!

	1	2	3	4	5	6	Egyéb
5W							
7W							
10W							
12W							
15W							
18W							
20W							
Egyéb							

6. A megadott LED-es fényforrásokat összesen napi hány órát használja?

	1	2	3	4	5	6	Egyéb
5W							
7W							
10W							
12W							
15W							
18W							
20W							
Egyéb							

7. Milyen teljesítményű fénycsöveket használ és kérem számszerűsítse azokat?!

	1	2	3	4	5	6	Egyéb
11-20W							
21-30W							
31-40W							
41-50W							
51-60W							
Egyéb							

8. A megadott fénycsöveket összesen napi hány órát használja?

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>Egyéb</b>
<b>11-20W</b>							
<b>21-30W</b>							
<b>31-40W</b>							
<b>41-50W</b>							
<b>51-60W</b>							
<b>Egyéb</b>							

9. Milyen teljesítményű kompakt fénycsöveket használ és kérem számszerűsítse azokat?!

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>Egyéb</b>
<b>4-10W</b>							
<b>11-20W</b>							
<b>21-30W</b>							
<b>31-40W</b>							
<b>41-50W</b>							
<b>51-60W</b>							
<b>61-70W</b>							
<b>71-80W</b>							
<b>Egyéb</b>							

10. A megadott kompakt fénycsöveket összesen napi hány órát használja?

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>Egyéb</b>
<b>4-10W</b>							
<b>11-20W</b>							
<b>21-30W</b>							
<b>31-40W</b>							
<b>41-50W</b>							
<b>51-60W</b>							
<b>61-70W</b>							
<b>71-80W</b>							
<b>Egyéb</b>							

11. Amennyiben rendelkezik elektromos fűtési/hűtési rendszerrel kérem írja le teljesítményét, valamint mennyiségét, illetve jegyezze fel amennyiben lehetséges standby teljesítményét is!

	<b>Teljesítmény</b>	<b>Mennyiség</b>	<b>Standby teljesítmény</b>
<b>Elektromos kazán</b>			
<b>Elektromos fűtőtest</b>			
<b>Klíma</b>			
<b>Egyéb</b>			

12. Amennyiben rendelkezik elektromos fűtési/hűtési rendszerrel kérem írja le használatának gyakoriságát, valamint használati idejét órában!

	<b>Használat gyakorisága</b>	<b>Használat órában</b>
<b>Elektromos kazán</b>		
<b>Elektromos fűtőtest</b>		
<b>Klíma</b>		
<b>Egyéb</b>		

13. Kérem adja meg milyen és hány darab egyéb háztartási géppel rendelkezik és azok milyen teljesítményűek, illetve jegyezze fel amennyiben lehetséges standby teljesítményét is!

	<b>Teljesítmény</b>	<b>Mennyiség</b>	<b>Standby teljesítmény</b>
<b>Porszívó</b>			
<b>Robotporszívó</b>			
<b>Takarítógép</b>			
<b>Varrógép</b>			
<b>Vasalógép</b>			
<b>Ventilátor</b>			
<b>Egyéb</b>			

14. A használt háztartási gépeket melyiket milyen gyakorisággal használja, valamint mennyi ideig működteti azokat!

	<b>Használat gyakorisága</b>	<b>Használat órában</b>
<b>Porszívó</b>		
<b>Robotporszívó</b>		
<b>Takarítógép</b>		
<b>Varrógép</b>		
<b>Vasalógép</b>		
<b>Ventilátor</b>		
<b>Egyéb</b>		

15. Kérem adja meg milyen és hány darab egyéb konyhai géppel rendelkezik és azok milyen teljesítményűek, illetve jegyezze fel amennyiben lehetséges standby teljesítményét is!

	<b>Teljesítmény</b>	<b>Mennyiség</b>	<b>Standby teljesítmény</b>
<b>Elektromos tűzhely</b>			
<b>Elektromos vízmelegítő</b>			
<b>Fagyasztógép</b>			
<b>Hűtőgép</b>			
<b>Kávéfőző</b>			
<b>Kenyérpírító</b>			
<b>Mikrohullámú sütő</b>			
<b>Mosogatógép</b>			
<b>Olajsütő</b>			
<b>Páraelszívó</b>			
<b>Robotgép</b>			
<b>Vízforraló</b>			
<b>Egyéb</b>			

16. A használt konyhai gépeket melyiket milyen gyakorisággal használja, valamint mennyi ideig működteti azokat!

	<b>Használat gyakorisága</b>	<b>Használat órában</b>
<b>Elektromos tűzhely</b>		
<b>Elektromos vízmelegítő</b>		
<b>Fagyasztógép</b>		
<b>Hűtőgép</b>		
<b>Kávéfőző</b>		
<b>Kenyérpirító</b>		
<b>Mikrohullámú sütő</b>		
<b>Mosogatógép</b>		
<b>Olajsütő</b>		
<b>Páraelszívó</b>		
<b>Robotgép</b>		
<b>Vízforraló</b>		
<b>Egyéb</b>		

17. Kérem adja meg milyen és hány darab fürdőszobai géppel rendelkezik és azok milyen teljesítményűek, illetve jegyezze fel amennyiben lehetséges standby teljesítményét is!

	<b>Teljesítmény</b>	<b>Mennyiség</b>	<b>Standby teljesítmény</b>
<b>Centrifuga</b>			
<b>Elektromos borotva</b>			
<b>Elektromos bojler</b>			
<b>Elektromos fogkefe</b>			
<b>Hajsütő</b>			
<b>Hajszárító</b>			
<b>Mosógép</b>			
<b>Szárítógép</b>			
<b>Egyéb</b>			

18. A használt fürdőszobai gépeket melyiket milyen gyakorisággal használja, valamint mennyi ideig működteti azokat?

	<b>Használat gyakorisága</b>	<b>Használat órában</b>
<b>Centrifuga</b>		
<b>Elektromos borotva</b>		
<b>Elektromos bojler</b>		
<b>Elektromos fogkefe</b>		
<b>Hajsütő</b>		
<b>Hajszárító</b>		
<b>Mosógép</b>		
<b>Szárítógép</b>		
<b>Egyéb</b>		

19. Kérem adja meg milyen és hány darab szórakoztató elektronikai eszközökkel rendelkezik és azok milyen teljesítményűek, illetve jegyezze fel amennyiben lehetséges standby teljesítményét is!

	<b>Teljesítmény</b>	<b>Mennyiség</b>	<b>Standby teljesítmény</b>
<b>Beltéri egység</b>			
<b>DVD \Bluray lejátszó</b>			
<b>Házi mozi rendszer</b>			
<b>Hifi torony</b>			
<b>Játékkonzol</b>			
<b>Laptop, notebook</b>			
<b>Nyomtató</b>			
<b>Rádió</b>			
<b>Számítógép és monitor</b>			
<b>Szkenner</b>			
<b>Televízió (LED)</b>			
<b>Televízió(hagyományos)</b>			
<b>Videomagnó</b>			
<b>Egyéb</b>			

20. A használt szórakoztató elektronikai eszközöket melyiket milyen gyakorisággal használja, valamint mennyi ideig működteti azokat?

	<b>Használat gyakorisága</b>	<b>Használat órában</b>
<b>Beltéri egység</b>		
<b>DVD \Bluray lejátszó</b>		
<b>Házi mozi rendszer</b>		
<b>Hifi torony</b>		
<b>Játékkonzol</b>		
<b>Laptop, notebook</b>		
<b>Nyomtató</b>		
<b>Rádió</b>		
<b>Számítógép és monitor</b>		
<b>Szkenner</b>		
<b>Televízió (LED)</b>		
<b>Televízió(hagyományos)</b>		
<b>Videomagnó</b>		
<b>Egyéb</b>		

21. Kérem adja meg milyen és hány darab telekommunikációs eszközökkel rendelkezik és azok milyen teljesítményűek, illetve jegyezze fel amennyiben lehetséges standby teljesítményét is!

	<b>Teljesítmény</b>	<b>Mennyiség</b>	<b>Standby teljesítmény</b>
<b>Hálózati eszközök (Router, switch, stb)</b>			
<b>IPTV decoder</b>			
<b>Mobiltelefon</b>			
<b>Streaming eszközök</b>			
<b>Tablet</b>			
<b>Vonalas telefon</b>			
<b>Egyéb</b>			



22. A használt telekommunikációs eszközöket melyiket milyen gyakorisággal használja, valamint mennyi ideig működteti azokat?

	<b>Használat gyakorisága</b>	<b>Használat órában</b>
<b>Hálózati eszközök (Router, switch, stb)</b>		
<b>IPTV decoder</b>		
<b>Mobiltelefon</b>		
<b>Streaming eszközök</b>		
<b>Tablet</b>		
<b>Vonalas telefon</b>		
<b>Egyéb</b>		

23. Kérem adja meg milyen és hány darab barkácsolóval rendelkezik és azok milyen teljesítményűek, illetve jegyezze fel amennyiben lehetséges standby teljesítményét is!

	<b>Teljesítmény</b>	<b>Mennyiség</b>	<b>Standby teljesítmény</b>
<b>Fúrógép</b>			
<b>Fűnyírógép</b>			
<b>Fűrészgép</b>			
<b>Hegesztőgép</b>			
<b>Kerti szivattyú</b>			
<b>Sarokcsiszoló gép</b>			
<b>Egyéb</b>			

24. A használt barkácsolókat melyiket milyen gyakorisággal használja, valamint mennyi ideig működteti azokat?

	<b>Használat gyakorisága</b>	<b>Használat órában</b>
<b>Fúrógép</b>		
<b>Fűnyírógép</b>		
<b>Fűrészgép</b>		
<b>Hegesztőgép</b>		
<b>Kerti szivattyú</b>		
<b>Sarokcsiszoló gép</b>		
<b>Egyéb</b>		

25. Kérem adja meg milyen és hány elektromos járművel rendelkezik, valamint ezek milyen teljesítményűek, illetve jegyezze fel amennyiben lehetséges standby teljesítményét is!

	<b>Teljesítmény</b>	<b>Mennyiség</b>	<b>Standby teljesítmény</b>
<b>Elektromos bicikli</b>			
<b>Elektromos roller</b>			
<b>Elektromos autó</b>			
<b>Egyéb</b>			

26. A használt elektromos járműveket melyiket milyen gyakorisággal használja, valamint mennyi ideig működteti azokat?

	<b>Használat gyakorisága</b>	<b>Használat órában</b>
<b>Elektromos bicikli</b>		
<b>Elektromos roller</b>		
<b>Elektromos autó</b>		
<b>Egyéb</b>		

27. Kérem adja meg milyen és hány megújuló energiaforrást hasznosító eszközzel rendelkezik és milyen teljesítményűek!

	<b>Teljesítmény</b>	<b>Mennyiség</b>
<b>Napelem</b>		
<b>Napkollektor</b>		
<b>Szélérómű</b>		
<b>uCHP rendszer</b>		
<b>Egyéb</b>		

**6.2 Melléklet - A mobil fogyasztási viszonyok változásai a kommunikációs generációk függvényében a tervezett napelemes rendszerre vonatkoztatva**

Mobil generáció		DC Fogyasztási viszonyok(kWh)				
		Péntek	Szombat	Vasárnap	Hétfő	Kedd
<b>GSM 900 (I.)</b>		8,37	15,04	14,68	16,45	6,69
<b>GSM 900 (II.)</b>		8,13	14,49	14,21	15,58	6,37
<b>GSM 1800</b>		18,81	34,91	34,48	36,97	15,39
<b>UMTS</b>		6,87	13,42	13,35	13,48	5,83
<b>HSPA</b>		19,41	38,48	37,99	40,92	16,992
<b>LTE</b>		20,95	39,168	38,496	41,472	17,234
<b>SZUM</b>		82,54	155,51	153,21	164,87	68,51
<b>GSM I.</b>	$\Delta W$ (%)	10,14	9,67	9,58	9,98	9,76
	$A_{GSM}$ (m <sup>2</sup> )	3,49	6,27	6,12	6,85	2,79
	$A_{\Sigma}$ (m <sup>2</sup> )	105	105	105	105	105
	$\Delta A$ (%)	3,32	5,97	5,83	6,53	2,65
<b>GSM II.</b>	$\Delta W$ (%)	9,85	9,32	9,27	9,45	9,30
	$A_{GSM II.}$ (m <sup>2</sup> )	3,39	6,04	5,92	6,49	2,65
	$A_{\Sigma}$ (m <sup>2</sup> )	105	105	105	105	105
	$\Delta A$ (%)	3,23	5,75	5,64	6,18	2,53
<b>GSM 1800</b>	$\Delta W$ (%)	22,79	22,45	22,51	22,42	22,46
	$A_{GSM1800}$ (m <sup>2</sup> )	7,84	14,55	14,37	15,40	6,41
	$A_{\Sigma}$ (m <sup>2</sup> )	105	105	105	105	105
	$\Delta A$ (%)	7,46	13,85	13,68	14,67	6,11
<b>UMTS</b>	$\Delta W$ (%)	8,32	8,63	8,71	8,18	8,51
	$A_{UMTS}$ (m <sup>2</sup> )	2,86	5,59	5,56	5,62	2,43
	$A_{\Sigma}$ (m <sup>2</sup> )	105	105	105	105	105
	$\Delta A$ (%)	2,73	5,33	5,30	5,35	2,31
<b>HSPA</b>	$\Delta W$ (%)	23,52	24,74	24,80	24,82	24,80
	$A_{HSPA}$ (m <sup>2</sup> )	8,09	16,03	15,83	17,05	7,08
	$A_{\Sigma}$ (m <sup>2</sup> )	105	105	105	105	105
	$\Delta A$ (%)	7,70	15,27	15,08	16,24	6,74
<b>LTE</b>	$\Delta W$ (%)	25,38	25,19	25,13	25,15	25,16
	$A_{LTE}$ (m <sup>2</sup> )	8,73	16,32	16,04	17,28	7,18
	$A_{\Sigma}$ (m <sup>2</sup> )	105	105	105	105	105
	$\Delta A$ (%)	8,31	15,54	15,28	16,46	6,84

Mobil generáció	$W_{\min}$ (kWh)	$W_{\max}$ (kWh)	$P_{\min}$ (W)	$P_{\max}$ (W)	$A_{si}$ (m <sup>2</sup> ) <sub>min</sub>	$A_{si}$ (m <sup>2</sup> ) <sub>max</sub>	$W_{ev}$ (kWh/a) <sub>min</sub>	$W_{ev}$ (kWh/a) <sub>max</sub>	Minimális napetem	Maximális napetem
GSM 900 (I.)	30,69	40,45	1278,75	1685,42	12,79	16,85	1470,56	1938,23	6,76	8,91
GSM 900 (II.)	30,37	39,58	1265,42	1649,17	12,65	16,49	1455,23	1896,54	6,69	8,72
GSM 1800	39,39	60,97	1641,25	2540,42	16,41	25,40	1887,44	2921,48	8,67	13,43
UMTS	29,83	37,48	1242,92	1561,67	12,43	15,62	1429,35	1795,92	6,57	8,25
HSPA	40,99	64,92	1707,92	2705,00	17,08	27,05	1964,10	3110,75	9,03	14,30
LTE	41,23	65,47	1717,92	2727,92	17,18	27,28	1975,60	3137,10	9,08	14,42
Teljes rendszer	122,76	400	5115,00	17000	51,15	105	5882,25	19550	27,03	89,85

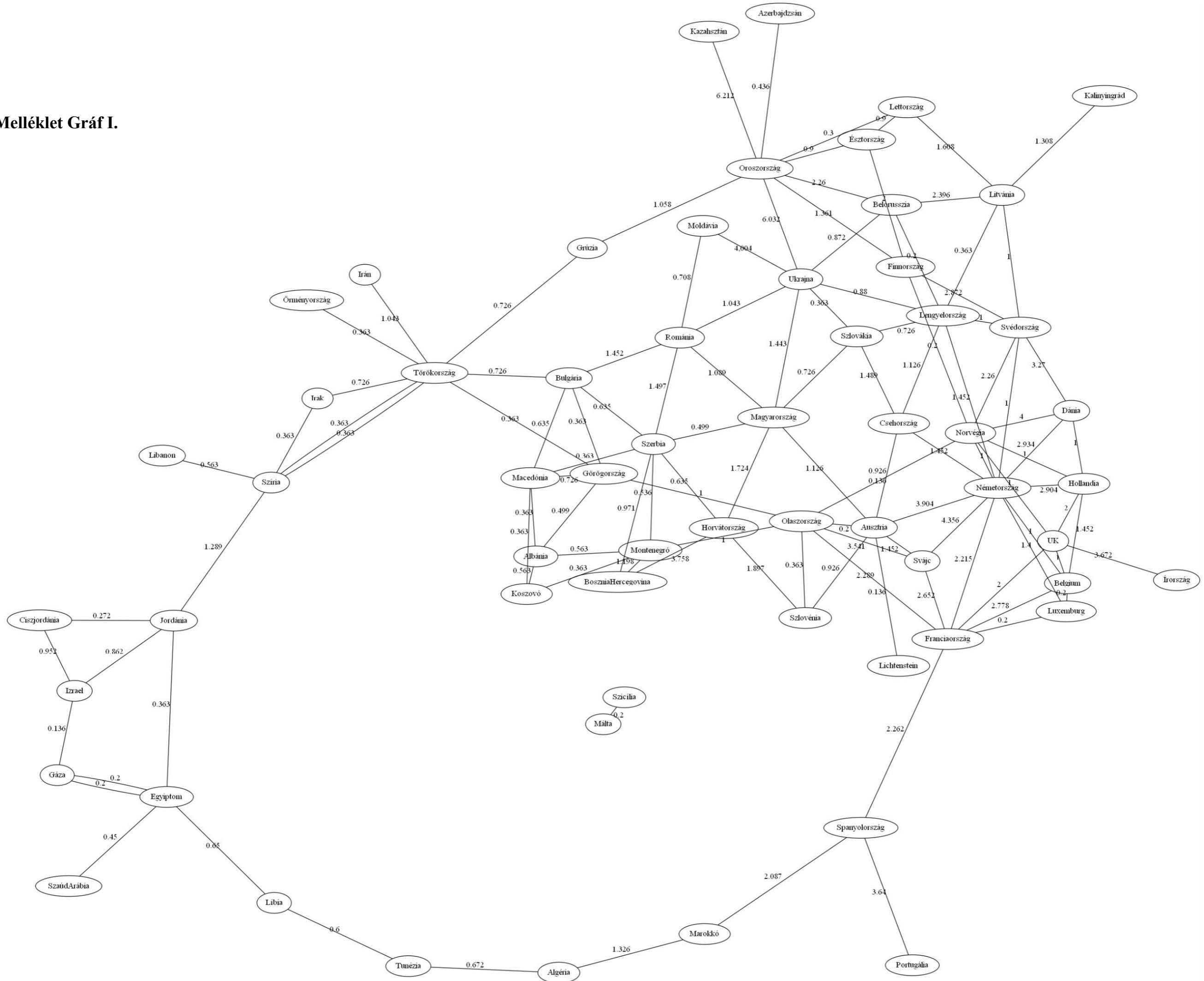
	Hónap	Január	Február	Március	Április	Május	Június	Július	Augusztus	Szeptember	Október	November	December
	Konstansok	$k_{napetem}$	1,88	1,7	1,37	1,15	1,02	0,95	0,96	1,08	1,28	1,46	1,76
	$k_{hó}$	1,06	1,05	1,02	0,98	0,94	0,93	0,92	0,93	0,96	1,00	1,04	1,06
	$T_{nap}$ (dél, 45°)	1,23	2,14	3,1	4,26	5,32	5,63	5,62	5,03	3,64	2,28	1,28	0,98
GSM I.	$P_{csúcs}$ (kW)	16,77	10,76	9,49	8,56	8,06	8,26	8,28	8,14	9,19	12,35	17,55	20,50
	$W_{nap}$ (kWh)	4,06	6,33	7,18	7,96	8,46	8,25	8,23	8,38	7,42	5,52	3,88	3,32
	$P_{max}$ (kW)	0,17	0,26	0,30	0,33	0,35	0,34	0,34	0,35	0,31	0,23	0,16	0,14
	$T_{nap(nap)}$	9,95	6,39	5,63	5,08	4,78	4,90	4,92	4,83	5,45	7,33	10,41	12,17
GSM II.	$P_{csúcs}$ (kW)	16,41	10,53	9,29	8,38	7,89	8,09	8,10	7,96	8,99	12,08	17,17	20,06
	$W_{nap}$ (kWh)	3,98	6,20	7,03	7,79	8,28	8,07	8,05	8,20	7,26	5,40	3,80	3,25
	$P_{max}$ (kW)	0,17	0,26	0,29	0,32	0,34	0,34	0,34	0,34	0,30	0,23	0,16	0,14
	$T_{nap(nap)}$	9,95	6,39	5,63	5,08	4,78	4,90	4,91	4,83	5,45	7,33	10,41	12,17
GSM 1800	$P_{csúcs}$ (kW)	25,28	16,22	14,30	12,91	12,15	12,46	12,48	12,26	13,85	18,61	26,45	30,91
	$W_{nap}$ (kWh)	6,13	9,55	10,83	12,00	12,75	12,43	12,41	12,63	11,18	8,32	5,86	5,01
	$P_{max}$ (kW)	0,26	0,40	0,45	0,50	0,53	0,52	0,52	0,53	0,47	0,35	0,24	0,21
	$T_{nap(nap)}$	9,95	6,39	5,63	5,08	4,78	4,90	4,91	4,83	5,45	7,33	10,41	12,17
UMTS	$P_{csúcs}$ (kW)	15,54	9,97	8,79	7,93	7,47	7,66	7,67	7,54	8,52	11,44	16,26	19,00
	$W_{nap}$ (kWh)	3,77	5,87	6,66	7,38	7,84	7,64	7,63	7,76	6,87	5,12	3,60	3,08
	$P_{max}$ (kW)	0,16	0,24	0,28	0,31	0,33	0,32	0,32	0,32	0,29	0,21	0,15	0,13
	$T_{nap(nap)}$	9,95	6,39	5,63	5,08	4,78	4,90	4,91	4,83	5,45	7,33	10,41	12,17
HSPA	$P_{csúcs}$ (kW)	26,92	17,27	15,23	13,74	12,93	13,26	13,29	13,06	14,75	19,82	28,16	32,91
	$W_{nap}$ (kWh)	6,52	10,17	11,53	12,78	13,58	13,24	13,21	13,45	11,91	8,86	6,24	5,34
	$P_{max}$ (kW)	0,27	0,42	0,48	0,53	0,57	0,55	0,55	0,56	0,50	0,37	0,26	0,22
	$T_{nap(nap)}$	9,95	6,39	5,63	5,08	4,78	4,90	4,91	4,83	5,45	7,33	10,41	12,17

LTE	$P_{csúcs}(kW)$	27,14	17,42	15,36	13,86	13,04	13,38	13,40	13,17	14,88	19,99	28,40	33,19
	$W_{nap}(kWh)$	6,58	10,25	11,63	12,89	13,69	13,35	13,32	13,56	12,01	8,94	6,29	5,38
	$P_{max}(kW)$	0,27	0,43	0,48	0,54	0,57	0,56	0,56	0,57	0,50	0,37	0,26	0,22
	$T_{nap(nap)}$	9,95	6,39	5,63	5,08	4,78	4,90	4,91	4,83	5,45	7,33	10,41	12,17

	Hónap	Január	Február	Március	Április	Május	Június	Július	Augusztus	Szeptember	Október	November	December
GSM I.	$\Delta W(W_{max+} W_{nap})$	##### ###	46783,55	47632,53	48410,28	48907,36	48697,27	48679,82	48826,64	47866,13	45969,28	44334,64	43774,18
	$\Delta W\%$	9,13	13,54	15,08	16,44	17,29	16,94	16,91	17,16	15,49	12,01	8,76	7,59
	$\Delta T(h)$	2,42	3,76	4,27	4,73	5,03	4,90	4,89	4,98	4,41	3,28	2,31	1,98
	$\Delta T$	2:26	3:46	4:17	4:44	5:02	4:55	4:54	4:59	4:25	3:17	2:19	1:59
	$\Delta T\%$	10,07	15,69	17,79	19,71	20,94	20,42	20,38	20,74	18,36	13,67	9,63	8,24
	GSM II.	$\Delta W(W_{max+} W_{nap})$	##### ##	45778,86	46609,79	47371,00	47857,50	47651,88	47634,80	47778,50	46838,42	44981,91	43382,03
$\Delta W\%$		9,13	13,54	15,08	16,45	17,30	16,94	16,91	17,16	15,50	12,01	8,76	7,60
$\Delta T(h)$		2,41	3,76	4,26	4,72	5,02	4,89	4,88	4,97	4,40	3,28	2,31	1,97
$\Delta T$		2:25	3:46	4:17	4:44	5:02	4:55	4:54	4:59	4:25	3:17	2:19	1:59
$\Delta T\%$		10,05	15,66	17,76	19,68	20,91	20,39	20,35	20,71	18,34	13,65	9,61	8,22
GSM 1800		$\Delta W(W_{max+} W_{nap})$	##### ##	70518,87	71798,85	72971,45	73720,87	73404,12	73377,82	73599,17	72151,05	69291,23	66826,74
	$\Delta W\%$	9,13	13,54	15,08	16,45	17,30	16,94	16,91	17,16	15,50	12,01	8,76	7,60
	$\Delta T(h)$	2,41	3,76	4,26	4,72	5,02	4,89	4,88	4,97	4,40	3,28	2,31	1,97
	$\Delta T$	2:25	3:46	4:17	4:44	5:02	4:55	4:54	4:59	4:25	3:17	2:19	1:59
	$\Delta T\%$	10,05	15,66	17,76	19,68	20,91	20,39	20,35	20,71	18,34	13,65	9,61	8,22
	UMTS	$\Delta W(W_{max+} W_{nap})$	##### ##	43349,96	44136,81	44857,63	45318,32	45123,61	45107,44	45243,51	44353,31	42595,30	41080,31
$\Delta W\%$		9,13	13,54	15,08	16,45	17,30	16,94	16,91	17,16	15,50	12,01	8,76	7,60
$\Delta T(h)$		2,41	3,76	4,26	4,72	5,02	4,89	4,88	4,97	4,40	3,28	2,31	1,97
$\Delta T$		2:25	3:46	4:17	4:44	5:02	4:55	4:54	4:59	4:25	3:17	2:19	1:59
$\Delta T\%$		10,05	15,66	17,76	19,68	20,91	20,39	20,35	20,71	18,34	13,65	9,61	8,22
HSPA		$\Delta W(W_{max+} W_{nap})$	##### ##	75087,50	76450,41	77698,97	78496,94	78159,67	78131,67	78367,36	76825,43	73780,33	71156,18
	$\Delta W\%$	9,13	13,54	15,08	16,45	17,30	16,94	16,91	17,16	15,50	12,01	8,76	7,60
	$\Delta T(h)$	2,41	3,76	4,26	4,72	5,02	4,89	4,88	4,97	4,40	3,28	2,31	1,97
	$\Delta T$	2:25	3:46	4:17	4:44	5:02	4:55	4:54	4:59	4:25	3:17	2:19	1:59
	$\Delta T\%$	10,05	15,66	17,76	19,68	20,91	20,39	20,35	20,71	18,34	13,65	9,61	8,22
	LTE	$\Delta W(W_{max+} W_{nap})$	##### ##	75723,64	77098,10	78357,23	79161,97	78821,84	78793,60	79031,29	77476,29	74405,40	71759,01
$\Delta W\%$		9,13	13,54	15,08	16,45	17,30	16,94	16,91	17,16	15,50	12,01	8,76	7,60
$\Delta T(h)$		2,41	3,76	4,26	4,72	5,02	4,89	4,88	4,97	4,40	3,28	2,31	1,97
$\Delta T$		2:25	3:46	4:17	4:44	5:02	4:55	4:54	4:59	4:25	3:17	2:19	1:59
$\Delta T\%$		10,05	15,66	17,76	19,68	20,91	20,39	20,35	20,71	18,34	13,65	9,61	8,22

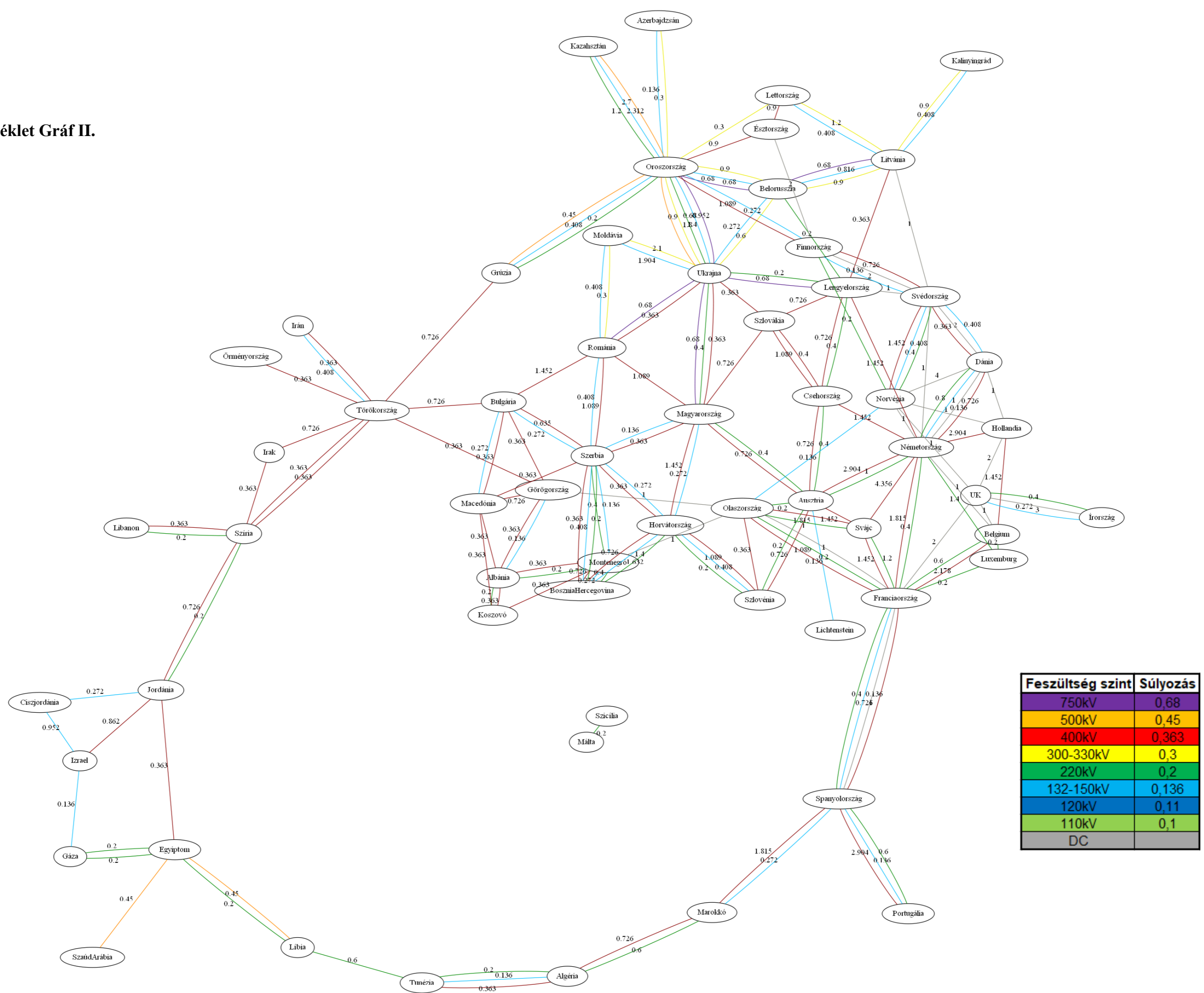
<b>Mobil generáció</b>	<b>W<sub>max</sub>(kWh)</b>	<b>ΣW<sub>max</sub>(kWh)</b>	<b>C<sub>napelem</sub>(kAh)</b>	<b>ΣC<sub>napelem</sub>(kAh)</b>	<b>Cella szám(db)</b>	<b>Cella szám%</b>	<b>ΔT<sub>teljes rendszer</sub>(nap)</b>
<b>GSM 900 (I.)</b>	16,45	40,45	0,51	1,26	7,00	10,45	9,89
<b>GSM 900 (II.)</b>	15,58	39,58	0,48	1,23	7,00	10,45	10,11
<b>GSM 1800</b>	36,97	60,97	1,15	1,89	10,00	14,93	6,56
<b>UMTS</b>	13,48	37,48	0,42	1,16	6,00	8,96	10,67
<b>HSPA</b>	40,92	64,92	1,27	2,02	11,00	16,42	6,16
<b>LTE</b>	41,47	65,47	1,29	2,03	11,00	16,42	6,11
<b>Teljes rendszer</b>	400	400	12,43	13,17	67,00	100,00	1,00

### 6.3 Melléklet Gráf I.



6-1. ábra Európai és Észak-Afrikai, valamint az Arab országok villamos hálózatának egyesített gráfja

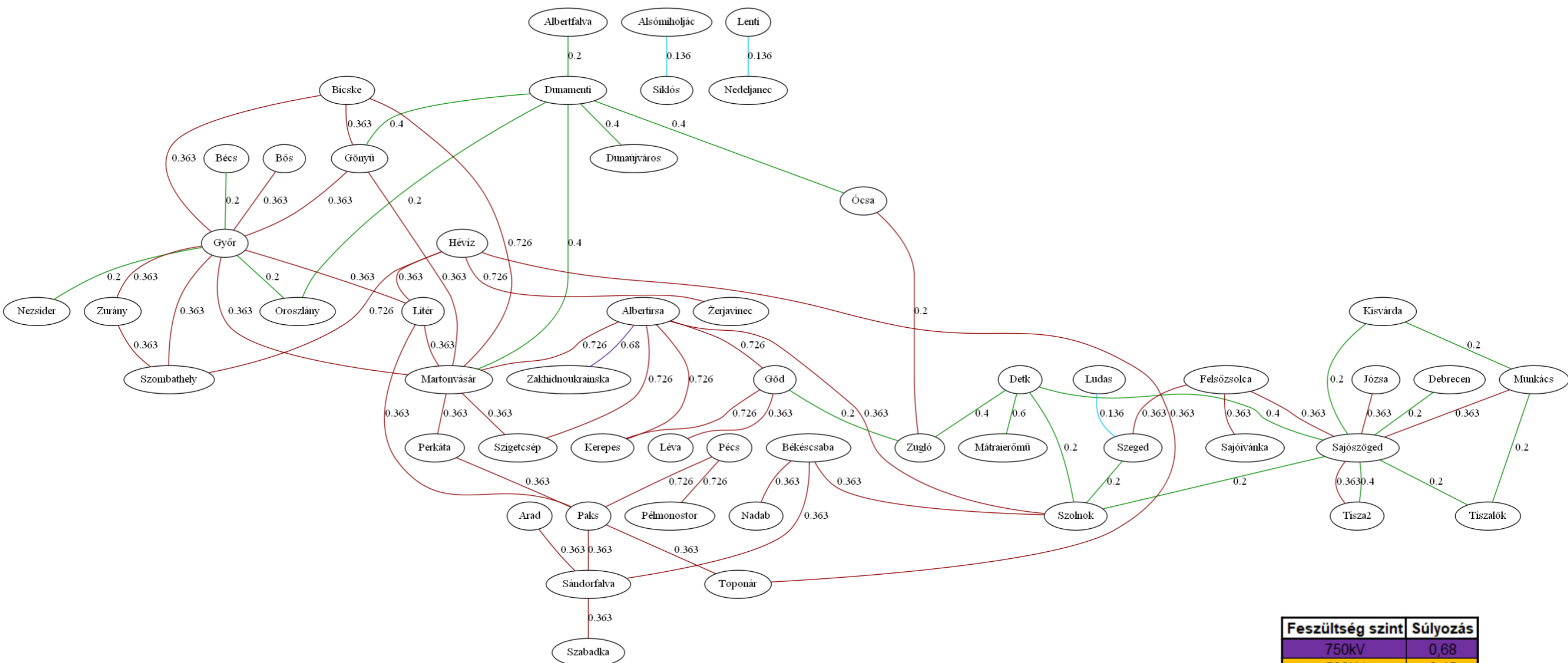
## 6.4 Melléklet Gráf II.



6-2. ábra Európai és Észak-Afrikai, valamint az Arab országok villamos hálózatának feszültség szintenkénti gráfja

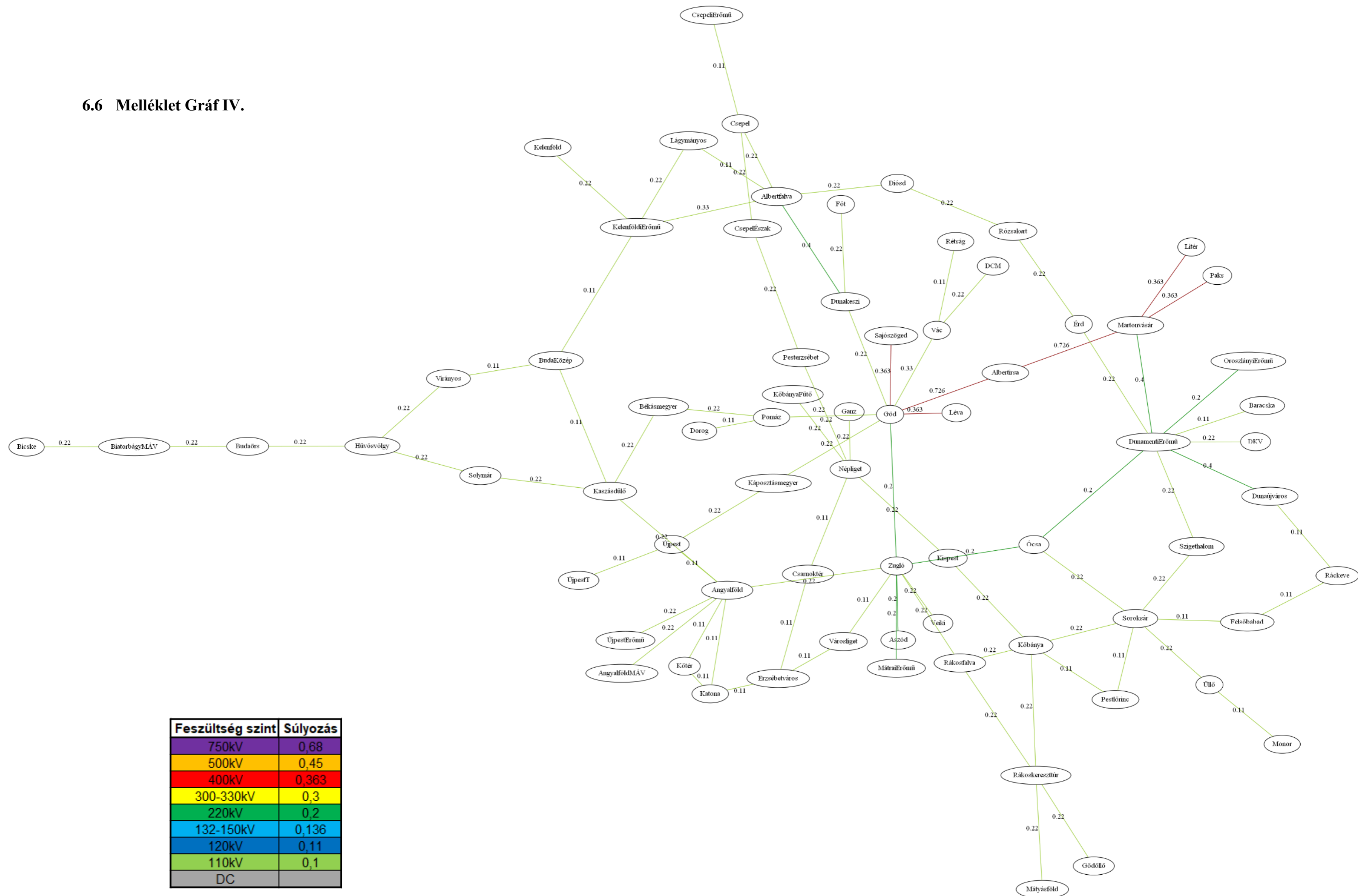


## 6.5 Melléklet Gráf III.



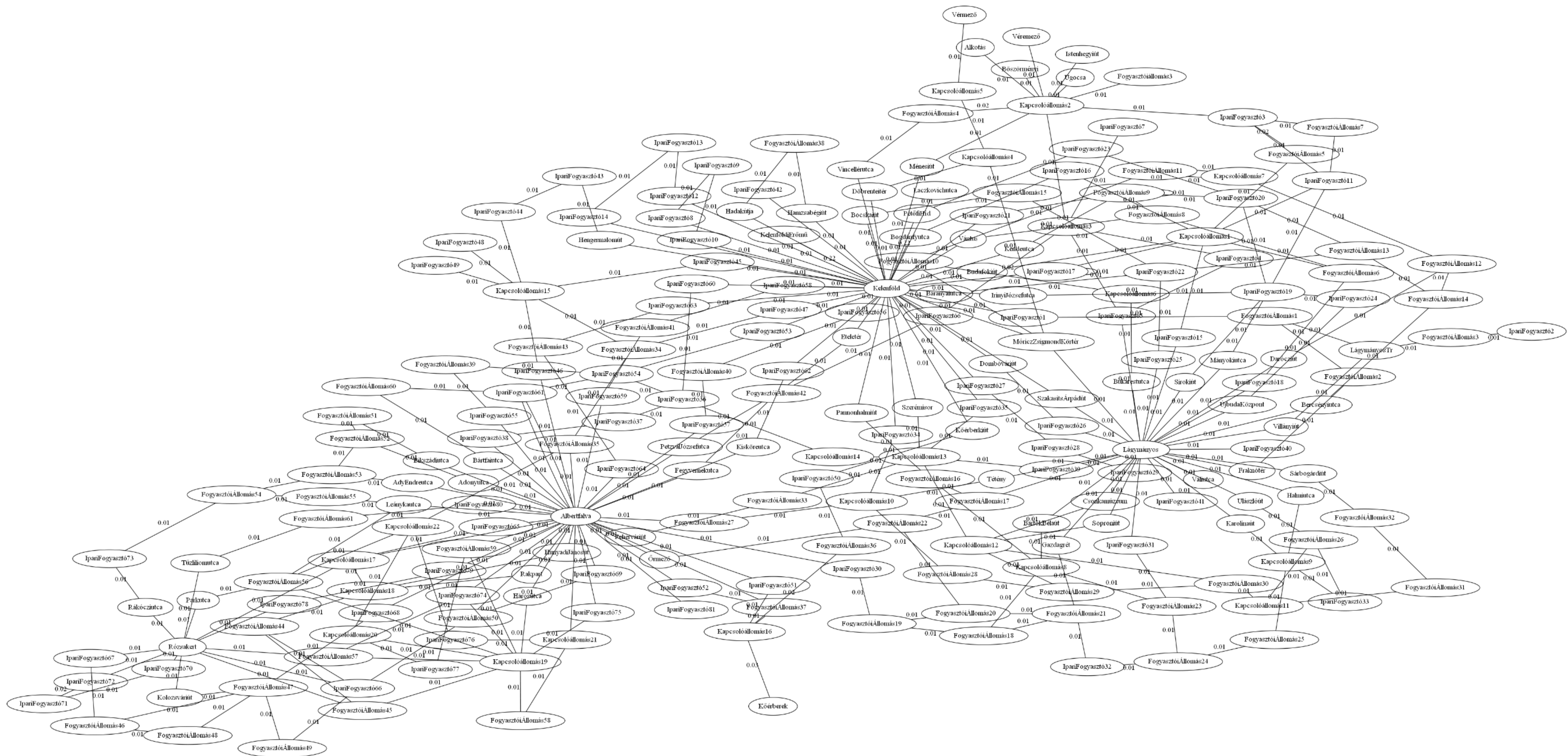
6-3. ábra A VER hálózat szétválasztott feszültség szintenkénti gráfja

## 6.6 Melléklet Gráf IV.



6-4. ábra ELMŰ 120kV-al kibővített gráfja

6.7 Melléklet Gráf V.



6-5. ábra Dél-Budai 10KV-os hálózat

## **6.8 Az Amerikai Egyesült Államok kritikus infrastruktúra rendszerének elemzése az energetikai ágazatra vonatkoztatva**

Már az eddigiekben is látható volt, hogy a kritikus infrastruktúra értelmezésében is vannak különbségek, melyek az egyes kollektívák gondolkodásmódjára, valamint felépítésére vezethetők vissza. Egy példával élve az Amerikai Egyesült Államok definiálása értelmében valamennyi államot egy egységként kezeli, nem tesz különbséget, az adott államokban értelmezett infrastruktúra intézményére. Nem emeli ki, hogy legalább kettő vagy több állam rendszerének sérülése esetén lép csak életbe, tehát az egymásra utaltság sokkal magasabb szinten áll, mint az Európai Unió esetében. Ez egyrészt érthető, mivel az Amerikai Egyesült Államok államai történelmük alatt összekovácsolódtak, Európa pedig inkább a kisebb önálló országokat kívánja egységessé tenni, vagyis egy általánosságban vett definíciót fogalmazott meg ami inkább egy útmutatás sem, mint konkrétum. Az energetika területe mindennemű ágazati csoportosításban, kritikus infrastruktúra rendszerben szerepel, az egyértelmű fontossága megkérdőjelezhetetlen.

Elsőként tekintsük át az Amerikai Egyesült Államok kritikus infrastruktúra rendszerének energetikai ágazatának kérdéskörét. A jelenlegi fennálló rendszer alapját a korábbi patrióta törvény képezi mely nem kizárólag a kritikus infrastruktúra definiálásával, hanem számos más területen is fontos intézkedéseket vezet be, melyek egy részét később alkotmányellenesnek bélyegezték. Gondolok itt a hírszerzés, pénzmosás, határvédelem, belső védelem stb. területeire. Számos rendelkezése immáron hatályon kívülre esett, jelentősége azonban felbecsülhetetlen. Jelen dokumentumban jelenik meg a kritikus infrastruktúra fogalma is. A további dokumentumok nagyobb mélységekben definiáltak a kritikus infrastruktúra rendszerét, mint például a Homeland Security Program, a Physical Strategy cselekvési terv vagy a Stonegarden művelet stb. Jelen elemzésemben kizárólag az energetikai rendszert és az azzal kapcsolatos rendelkezéseket tárom fel.

Jelenleg a H. S.<sup>13</sup> esetében legkorábbi változata a 107. kongresszus alkalmával került elfogadásra. Tárgyalja a kiberbiztonság, a kritikus infrastruktúra, az információ elemzés területeit. Az Államok energetikai kritikus infrastruktúra rendszere egy világviszonylatban is messzemenőig kiterjedt elektromos hálózat. A jelenlegi amerikai elektromos szektor 130 millió háztartás számára nyújtja az elengedhetetlen villamos

---

<sup>13</sup> H. S. – Homeland Security rövidítése

energiát. Valamennyi fosszilis energiahordozóból kinyert energia 300000 termelő egységen, 4000 fűrótoronyból, 600 földgáz feldolgozó üzemből, 153 kőolajfinomítóból áll. A jelenlegi fosszilis tüzelőanyag ellátó rendszert is beleértve valamennyi termelő, gyártó, oktató, lakó stb. intézmény villamos energiát igényel. Ebből kifolyólag egy nagyobb kiterjedésű áramszünet a teljes rendszerre negatív hatással lenne mind gazdasági mind pedig morális szempontból. Az Észak-Amerikai villamos hálózat egy a VER-hez hasonló többszörösen hurkolt rendszert alkot. A rendszer fizikálisan három különböző területre bontható:

- termelés
- átvitel
- elosztás

Azonban a hálózat nem üzemelhet ellenőrző, illetve felügyeleti egységek nélkül, így további két területre osztható:

- vezérlés, irányítás
- kommunikáció

A termelési eszközök közé sorolhatók az alap-, menetrendtartó- valamint csúcserőművek. Az átviteli terület hivatott elvégezni az erőművek, valamint az elosztó hálózatok közti villamos energia szállítást. Az elosztó rendszer pedig az otthonok, illetve az elosztó rendszer között teremt kapcsolatot. Ebből következik, hogy a vezérlő és kommunikációs rendszerek a kritikus infrastruktúrából nyerik és értékelik az adatokat. Ezen alrendszerek mellett számos egyéb eszköz, technológia segíti annak üzemszerű működését. Ehhez hozzátartozik a termelés során keletkezett visszamaradó veszélyes anyagok kezelése is. Számos területen az energetikai rendszer kölcsönös függést mutat más kritikus infrastruktúra ágazatokkal mint például a hírközlés vagy a szállítmányozás. A történelem során számos esetben következtek be interdependenciából adódó black-out események. Egy 1965-ben bekövetkezett áramszünet hatására, New York államban, létrehoztak egy nonprofit társaságot a NERC<sup>14</sup>-et. Ennek feladata, hogy olyan folyamatokat eljárásokat dolgozzanak ki melyek megakadályozzák, hogy hasonló események bekövetkezhessenek. Mivel a rendszer hatalmas kiterjedésű így felosztották hat régióra.

---

<sup>14</sup> NERC- Észak-Amerikai Villamos Megbízhatósági Tanács



6-6. ábra: A NERC régiói [58]

Az ábrából látható, hogy nem csak az Amerikai Egyesült Államok, hanem Kanada és Mexikó területét is felügyelik, ez a társulás abból a szempontból is kézenfekvő, hogy a szomszédos országok is kölcsönös függésben élnek egymás mellett. A rendszer szabályozásáról a FERC<sup>15</sup> gondoskodik, feladatkörük kiterjed a kisebb energia-ipari szereplőkre is. Az energetikai ágazat mellett létezik egy szektor mely ugyan fizikálisan részét képezi, de jogilag nem tartozik alá, a nukleáris ágazat. Feladata a hasadóanyag kezelése, szállítása, és a kimerült cellák tárolása. Jelen területre nincs ráhatása a fentebb említett bizottságnak, mivel az speciális kezelést igényel. A nukleáris terület szabályozására létrehozták az NRC<sup>16</sup> intézményét, így mindennemű tevékenységet beleértve az atomerőművek irányítását is jelen szervezet végzi. [59]

Mivel a rendszer hatalmas kiterjedésű, ezáltal karbantartása, modernizáltságának megőrzése alapvető követelmény. A karbantartás szükségessége egy megkerülhetetlen tény, azonban a fejlettség fenntartása, csak hatalmas összegekből kivitelezhető, ami már tekinthető biztonsági résznek. A jelenlegi amerikai törvények értelmében a villamosipar szereplőinek jelenleg nincs olyan lehetősége, mint például a nagyvállalatoknak, akik a biztonsági rendszereik fejlesztési költségeit beépíthetik termékeikbe. Így ezt saját önköltségi áron, kell, hogy a megfelelő szinten tartsák. Egy másik ilyen problémás tényező az ipar támogatása. Ugyan rendelkeznek információval ezen résztvevőkről, de nem minden esetben. A stabilitás és üzembiztonság fenntartásához valamennyi piaci résztvevőtől az információ áramlásának megléte elengedhetetlen. A biztonság fenntartása egy másik aspektusból tekintve a rendszer redundanciájának növelésével is lehetséges,

<sup>15</sup> FERC- Szövetségi Energiaszabályozási Bizottság

<sup>16</sup> NRC- Nukleáris Szabályozó Bizottság

azonban ez további aggályokat vet fel. Mivel számolni kell az ilyen rendszerek megtérülésének nehézségeivel.

A másik eshetőség egy kevésbé érzékeny hálózat kiépítése lehet. Ezt elsősorban a Szövetségi Energiaszabályozási Bizottság felügyeli. Stratégiákat, valamint iránymutatásokat dolgoz ki az Energiaügyi Minisztériummal közösen az átviteli rendszer fizikai, valamint kiberbiztonsági védelme érdekében. A biztonság fenntartása érdekében az energetikai szektor jelentős lépéseket tett. Valamennyi piaci résztvevő az ajánlásoknak és iránymutatásoknak megfelelően 2001. szeptember 11. után saját rendszereit, irányelveit felülvizsgálta, valamint munkacsoportokat hoztak létre a biztonsági rendszereik hatékony kezeléséhez. A NERC-el, valamint a DOE<sup>17</sup>-val együttműködve felmérték saját kockázati tényezőiket veszélyhelyzet esetén. A kutatás vezérfonala a kölcsönös függőségek feltárása felé irányult úgy, mint az elektromos hálózat / információtechnológiai rendszer. Ennek hatására az energetikai ágazat létrehozott egy figyelemfelhívó programot, mely tartalmazza a cselekvési tervet és iránymutatásokat a vezető pozícióban elhelyezkedő személyeknek. Valamint megalkottak egy irányelvet mely az informatikai hálózat veszélyhelyzeti cselekvési tervét tartalmazza. A biztonsági információk kezelésére létrehoztak egy jelző, elemző és figyelmeztető programot, mely az események jelentésére és a riasztások megjelenítésére szolgál. Ennek megfelelően az ágazat kidolgozta a teljes rendszerre vonatkozó fenyegetettségi szinteket. Szeparáltan a fizikai, valamint informatikai események kezelésére, valamint az erre adott válaszokat, cselekvési terveket is megadta. Az így rendelkezésre álló információkból a szövetségi kormány, valamint az országos villamosipari rendszerüzemeltető kap napi szintű tájékoztatást. Az ágazatra irányuló további intézkedések értelmében a DHS<sup>18</sup>, valamint a DOE együttműködik a teljes iparág valamennyi résztvevőjével, olyan módon, hogy azonosítják és leltárba veszik a kritikus pontokat. Mindemellett olyan módszereket dolgoznak ki melyek elősegítik a gyors helyreállítást, illetve elősegítik a hibás alkatrészek beszerzésének gördülékeny menetét, valamint iránymutatást adnak a villamos berendezések szabványosításához is. Így elkerülhetők a ritka, nehezen beszerezhető berendezések és alkatrészekkel járó felesleges kiesések, ami így szintén a szolgáltatás minőségét növeli. Mindemellett a DOE, illetve a DHS is számos esetben együttműködik mind az állami mind pedig a helyi önkormányzatokkal, azért, hogy a helyi igényeknek,

---

<sup>17</sup> DOE – Department of Energy

<sup>18</sup> DHS – Department of Homeland Security

illetve sajátosságoknak megfelelően alakítható ki a redundáns rendszer elemeket. Meghatározzák a kritikus elemekre szükséges kockázatelemzést, valamint megadják a szükséges iránymutatást mellyel azok biztonságosabbá tehetőek. [60]

A villamos energetikai terület az eddig tárgyalt teljes szektor csupán töredékét képviseli. Disszertációmnak ugyan nem közvetlen témája a gáz- és olajipar védelme, azonban azt minimális szinten meg kell említenem, mivel részlegesen kölcsönös függést mutat a villamos iparral.

Az fosszilis tüzelőanyagokra épülő ipar részben, de integrálódott a villamos energiát előállító területbe. Ez nem meglepő, mivel számos gyors indítású csúcserőmű alkalmaz ilyen fajta hajtóanyagot termelésükhöz. Az amerikai olajipar a következők szerint bontható fel:

- olajtermelés
  - o kutatás
  - o feltárás
  - o szárazföldi és vízi kitermelés
  - o kitermelt olaj gyűjtő csőrendszer
  - o támogató rendszerek
- nyers olaj tranzit
- finomítás
- finomított olaj szállítás és elosztás
- minőségbiztosítás
- külső, közvetve kapcsolódó rendszerek

Jelenleg az Amerikai Egyesült Államok területén 160.000 mérföldnyi csővezeték található, mely magában foglalja a kikötőkhöz, valamint a tároló infrastruktúrákhoz tartozó szakaszokat is. Országszerte 150 finomítóval rendelkezik melyek napi termelési képessége 5.000-500.000 hordó közötti mennyiséget képes produkálni. Az elosztási hálózat a hagyományos keresztmetszetű szilárd csőrendszeren felül magában foglalja a vízi, vasúti, valamint szilárd útburkolaton történő járművek által végzett szállítást is.

Az olajiparhoz szorosan kapcsolódva a földgáziparuk is igen fejlett és a következők szerint osztható fel:

- kutatás
- kitermelés
- szállítás, valamint elosztás



Ebben az esetben látható, hogy a földgáz kitermelése kevesebb infrastruktúrát igényel. Az Amerikai Egyesült Államok a jelenlegi világszintű termelés mintegy 20%-át termeli, amit 278.000 mérföldnyi gázvezetéken és több mint négyszerannyi 1.119.000 mérföldnyi földgázelosztó vezetéken oszt el az államai között. A szállítási, valamint elosztási szegmens magában foglalja a földgáz tároló telepeket, a kitermelt gáz feldolgozását, valamint az erre épülő infrastruktúrákat. Az elosztásban fontos szerepet játszanak azon elosztóvezetékek melyek az állami csővezetékrendszer, valamint a helyi elosztórendszer között helyezkednek el. A letároláshoz vagy kitermelt víztároló rétegeket, vagy só kavernákat használnak. Biztonsági oldalról tekintve a földgázrendszerük elosztóhálózata rendkívül felügyelt, mind pénzügyi mind pedig biztonsági oldalról. A kitermelési oldal ennél sajnálatos módon kevésbé ellenőrzött, ebben az esetben jogszabályi, valamint biztonsági előírásokat alkalmaznak. Minthogy a jelen ipar is a kritikus infrastruktúra energetika ágazatába tartozik, fokozott figyelmet fordítanak mind biztonságtechnikai mind pedig befektetési oldalról. Ez természetesen vonatkozik a teljes hálózatra, valamint a kiszolgáló, támogató alhálózatokra és eszközökre.

Hasonlatosan a villamos iparhoz, jelen alágazat is komoly problémával küzd a biztonsági eszközök finansziális oldaláról történő támogatás miatt. A jogszabályi rendelkezések nem terjednek ki a biztonsági eszközök és technológiák költségeinek beintegrálásáról a földgáz értékesítési piacába. A természeti katasztrófákból adódó események kapcsán a már jól bevált állapot felmérési és becslési eljárások az iránymutatók, amikkel rendkívüli hatékonysággal meghatározható a gazdasági, befektetési oldal, így alkalmazható a biztosítási rendszer. Azonban az már komolyabb problémát jelent, hogy terrorista támadás esetén mekkora az a befektetési küszöb, ahol még költséghatékonyan alkalmazhatóak az adott biztonsági technikák. Egy olaj- vagy földgáz infrastruktúra ellen elkövetett támadás esetén az elsőként értesítendő szervek a rendőri, valamint a tűzoltósági intézmények. Az imént felsorolt állami szervek elsődlegesen nem ilyen jellegű emberi interakciókra lettek kiképezve, gondolok itt a biológiai, kémiai, valamint nukleáris anyagok felhasználásával végrehajtott szabotázs akciókra. Ezért az állam számos olyan programot dolgozott ki az olaj- és földgázipar számára mely támogatja az ilyen jellegű erőszakos cselekedetek hatékony és gyors megszüntetését. A gondolatmenetet tovább fejtvé egy bekövetkezett támadás esetén a sérült kritikus infrastruktúra gyors javítását, valamint helyreállítását maguk az állami szabályozó rendszerek akadályozhatják. Mivel számos engedély szükséges magukhoz az építmények tervezéséhez, kivitelezéséhez ez nincs másképp a helyreállítás esetében sem. Így szükséges egy olyan veszélyhelyzeti

szabályozás kidolgozása mely minimalizálja az engedélyek, azon keresztül a helyreállítás idejét. Valamint gyorsított eljárásban szükséges a környezetre gyakorolt hatás vizsgálata is. Egy teljes megsemmisülést feltételezve gazdaságilag alacsonyabb költségekkel járhat egy teljesen új nyomvonal kiválasztása és megépítése is. Ebben az esetben még kritikusabb azon intervallum, amelyen belül az engedélyek rendelkezésre állnak a kivitelezők számára. A rendelkezésre állást szintén negatívan befolyásolja a speciális anyagok és berendezések beszerzése. Az Amerikai Egyesült Államok területén jelenleg fennálló alkatrész beszerzési, valamint elosztási rendszer elavult, egy esetleges támadás esetén nem adnának kielégítő eredményt. Ennek természetesen oka a beépített eszközökre vonatkozó szabályozatlanság, mivel azok nem szabványosak. Maguk a gyártók és az általuk alkalmazott technológiák sokszínűsége, valamint a több évtizedes skálán mozgó eszközök élettartama is nehezítik a hatékony beszerzést. Ezt felismerve a jelenleg beépítésre váró eszközök immáron szabályozott technológiával és alkatrészekkel kerülnek beépítésre, valamint a szervizelést számos esetben egyedi gyártású alkatrészekből oldják meg. [60]

A földgáz és olajipari alszektor állami oldalról történő szabályozásában hasonló folyamatok mutathatók ki, mint az elektromos szektorban. A kormány a DHS, valamint a DOE teljes mértékben együttműködik a jelen ipar résztvevőivel. Mégpedig azon okból kifolyólag, hogy támogassa azokat mind a megfelelő kutatási irány mind pedig a fejlesztési útvonal kidolgozásában. Emellett támogatja a minél hatékonyabb kritikus infrastruktúra védelemben, számos program indításával. Ahol meghatározzák a rendszer kritikus pontjait és tartalékok képzésével teszik redundánssá az adott területet. A rendszeres alkalmazotti oktatás is részét képezi ezen általános biztonsági programoknak. A DHS és a DOE feladatköre kiterjed a már korábban említett nehezen beszerezhető alkatrészek, eszközök beszerzésére, standardizálására is. Azonban nem minden területen képesek szabályozásokat létrehozni. A szállításhoz használt csővezeték rendszerek felügyelete már a DOT<sup>19</sup> feladatkörébe tartozik, mint ahogy a nukleáris hajtóanyagokon alapuló szféra is elkülönül a többitől.[54], [61]

---

<sup>19</sup> DOT – US Department of Transportation – Közlekedési Minisztérium

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Mindenekelőtt szeretném megköszönni Édesapámnak és Édesanyámnak támogatásukat és kitartásukat még a nehezebb időkben is, az Ő biztatásuk és segítségük nélkül biztosan nem indultam volna el a doktorrá válás rögös útján.

Ezúton külön szeretném megköszönni konzulenseimnek, Dr. Kádár Péter Intézetigazgató úrnak közvetlen felettesemnek, valamint Berek Lajos Professzor úrnak, akik fáradhatatlanul támogattak tudásukkal, tapasztalatukkal, szakértelmükkel eme nehéz munka megszületésében. Témavezetőkként kutató munkám, illetve értekezésem valamennyi aktusában részt vettek és támogattak annak megírásában. Nélkülük dolgozatom biztosan nem születhetett volna meg.

Hálával tartozom Dr. Maros Dórának a mobil hírközlésben, valamint a kritikus infrastruktúra védelemmel kapcsolatos segítségért, valamint a számos építő jellegű kritikájáért melyek mindegyike hozzásegített publikációim és műveim elkészítésében.

Külön köszönet illeti meg Dr. Kiss Sándort, Professzor Kovács Tibort, akiknek segítségével számos publikáció látott napvilágot, valamint betekintést nyerhettem a biztonságstudomány olyan területeibe, amit pályafutásom során elképzelni sem tudtam.

Valamint szeretném megköszönni Professzor Dr. Rajnai Zoltánnak a rengeteg segítséget, amit nyújtott, szabadidejét nem kímélve adott tanácsokat, formálta és irányította utamat, hogy révbe érhessek.

Kiemelt köszönettel tartozom Szén István Szakcsoportvezetőnek, barátomnak és kollégámnak, aki tanácsaival szakmai tudásával és kapcsolatai révén segítette munkámat, személyében egy magas tudású szakembert ismerhettem meg.

Tisztelettel adózom az Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Karának, akik tárgyi és felszerelésbeli segítséget nyújtottak, valamint az Óbudai Egyetem Bánki Donát Biztonságtudomány Doktori Iskolájának a magas színvonalú oktatásért.

Mindemellett köszönöm mindenkinek, akit jelen oldal berkein belül nem neveztem nevének, de támogatásukkal, biztatásukkal nem születhetett volna meg értekezésem.