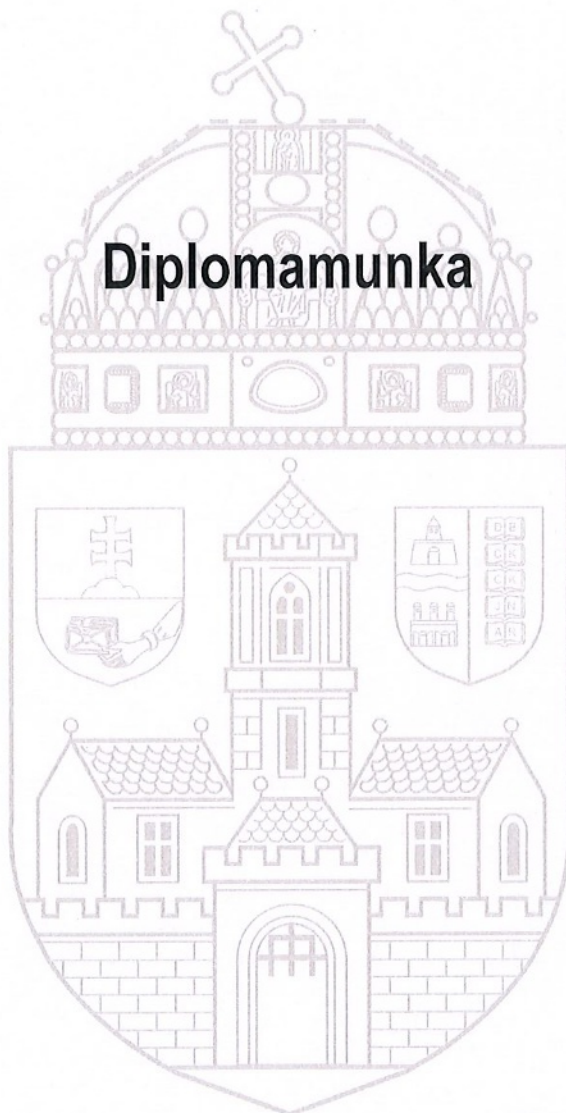




ÓBUDAI EGYETEM

**Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Automatika Intézet**

Diplomamunka



**OE-KVK
2021**

Csiri László Viktor
[REDACTED]
T005153/FI12904/K



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

DIPLOMAMUNKA FELADATLAP

Hallgató neve: Csiri László Viktor
Diplomamunka száma: SZD21012911154338
Törzskönyvi száma: T005153/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: villamosmérnöki
Specializáció: Ipari felügyeleti és kommunikációs rendszerek specializáció

A dolgozat címe: Mobil bázisállomás „Black Out” alatti megtáplálásának lehetőségei

A dolgozat címe angolul: Options for powering a mobile base station under "Black Out"

A feladat részletezése: A szakirodalomban rendelkezésre álló információk alapján egy a lehetőségekhez képest teljes elemzést készíteni azokról a folyamatokról, melyek a kritikus infrastruktúra rendszerek kialakításában, fejlődésében és szabályozásában szerepet játszottak az elmúlt időkben, kiemelve az eltérő fejlődési irányokat az USA, az EU, a NATO és Magyarország vonatkozásában.

A diplomamunka másik része ezzel összefüggésben egy a kritikus infrastruktúrákra jellemző lehetséges helyzet megoldásával foglalkozik.

Célzottan egy ilyen rendszer részét képező mobil bázisállomás vészhelyzeti energiaellátásának problémájával.

Intézményi konzulens neve: Vass Attila

A kiadott téma elévülési határideje: 2023. december 15.

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A diplomamunka: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2021. 11. 11.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2021. 12. 15.

belső konzulens

külső konzulens



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2021.12.15.....


.....
Hallgató aláírása

Mobil bázisállomás „Black Out” alatti megtáplálásának lehetőségei

TARTALOMJEGYZÉK

1	Bevezetés	4
2	KRITIKUS INFRASTRUKTÚRA RENDSZEREK ÖSSZEHASONLÍTÁSA.....	5
2.1	Bevezetés	5
2.2	A kritikus infrastruktúra meghatározása és fejlődése az Amerikai Egyesült Államokban	6
2.3	A kritikus infrastruktúra meghatározása és fejlődése az Európai Unióban.....	10
2.4	kritikus infrastruktúra meghatározása és fejlődése a NATO-ban.....	14
2.5	A kritikus infrastruktúra meghatározása és fejlődése Magyarországon	18
2.6	Az Amerikai Egyesült Államok, az Európai Unió, a NATO és Magyarország összehasonlítása	23
3	Az Amerikai Egyesült Államok az Európai Unió és hazánk villamos kritikus infrastruktúra rendszereinek elemzése	25
3.1	Az Amerikai Egyesült Államok villamos kritikus infrastruktúra rendszerének áttekintése.....	26
3.1.1	Fogalom definíciók	26
3.1.2	Bekövetkezett vészhelyzet esetén alkalmazandó protokollok.....	27
3.1.3	Kijelölési módok	29
3.1.4	Információ védelem és megosztás.....	29
3.1.5	Engedélyezési folyamat.....	31
3.2	Az Európai Unió villamos kritikus infrastruktúra rendszerének áttekintése	31
3.2.1	Az irányelv elemeinek összefoglalása.....	32
3.2.2	ECI-k meghatározása	35
3.2.3	Az ECI-k kijelölése	36
3.2.4	Üzemeltetői biztonsági terv és Biztonsági összekötő tisztviselő	36
3.3	Összegzés.....	37
4	Mobil bázisállomás „Black Out” alatti megtáplálásának lehetőségei.....	38
4.1	Bevezetés	38
4.2	Mobil bázisállomás felépítése	40
4.3	A BTS fogyasztói és a befolyásoló tényezők	41

4.3.1	Fogyasztást befolyásoló tényezők.....	44
4.3.2	DC-AC viszonyok és mérések	45
4.4	A megfelelő félvezető technológia kiválasztása.....	48
4.5	A napelemes rendszer méretezése és optimalizálása.....	51
4.6	A napelemek hőmérséklet függése	59
4.7	Napelemes rendszer pozicionálása	64
4.8	Az ideális napelem szám meghatározása.....	65
4.9	Energiatároló akkumulátorok méretezése.....	70
4.10	A működés optimalizálása.....	72
5	Összegzés	80
6	Summary	82
7	Irodalomjegyzék	83
8	Ábrajegyzék	85
9	Táblázat jegyzék	87
10	Rövidítésjegyzék.....	88

1 BEVEZETÉS

A diplomamunkám két fő célkitűzéssel íródott. Egyrészt a szakirodalomban rendelkezésre álló információk alapján egy a lehetőségekhez képest teljes elemzést készíteni azokról a folyamatokról, melyek a kritikus infrastruktúra rendszerek kialakításában, fejlődésében és szabályozásában szerepet játszottak az elmúlt időkben. Ezen belül legfőképpen arra fókuszáltam, hogy az egyes országokra és régiókra jellemző egyedi megoldásokat és fejlődési irányokat bemutassam és összehasonlítsam. A diplomamunka másik része ezzel összefüggésben egy a kritikus infrastruktúrákra jellemző lehetséges helyzet megoldásával foglalkozik. Célzottan egy ilyen rendszer részét képező mobil bázisállomás vészhelyzeti energiaellátásának problémájával. Ebben a részben feltérképezem azokat az összetevőket, amelyek alapján az energiaellátási igények meghatározhatók. Méréseim alapján pedig egy gondosan megválasztott energia ellátó rendszer méretezését is elvégeztem.

2 KRITIKUS INFRASTRUKTÚRA RENDSZEREK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

2.1 Bevezetés

Az infrastruktúrák kulcsszerepe megkérdőjelezhetetlen a mai modern társadalmi berendezkedések esetében. Ez a kulcsszerep egyben jelentős függőséget is jelent. Az infrastruktúrák igen sokfélék lehetnek attól függően, hogy milyen gazdasági ágazatban értelmezzük őket. Jelen vannak az energia és egyéb ellátó szektorokban, valamint az infokommunikációs hálózatok is annak tekinthetők. A különböző infrastruktúrák olyan összetett rendszert képezhetnek, amelyek legfontosabb tulajdonsága az, hogy a rendszert alkotó különböző infrastruktúra elemek között fennálló kölcsönhatások miatt nagyarányú kölcsönös függőség áll fenn a rendszert alkotó ilyen elemek között.

A hosszan elhúzódó hidegháborús ellentétek, az utóbbi évtizedekben bekövetkezett terrortámadások, természeti katasztrófák és technikai kihívások fokozatosan kihangsúlyozták az interdependencia és az ebből eredeztethető sebezhetőség felismerésének és kezelhető szinten tartásának fontosságát. Az infrastruktúra rendszerek különálló elemeinek esetleges meghibásodása, üzemképtelenné válása, illetve megsemmisülése valamilyen nem várt természeti vagy úgynevezett civilizációs katasztrófa (ipari, társadalmi, stb.) miatt komolyan befolyásolhatja az emberek napi életvitelét, de akár globális gazdasági és közigazgatásai hatásai is lehetnek.

Éppen ezért számos ország és nemzetközi szervezet igyekezett az elmúlt évtizedekben olyan kritikus infrastruktúra rendszereket kijelölni és velük kapcsolatban szabályozásokat kialakítani, amelyek elősegíthetik az esetleges katasztrófák és támadások gyorsabb kivédését vagy akár megelőzését is. A következő fejezetekben, sorrendben az Amerikai Egyesült Államok az Európai Unió, a NATO és Magyarország kritikus infrastruktúra meghatározásának kialakításával és fejlődésével foglalkozom.

2.2 A kritikus infrastruktúra meghatározása és fejlődése az Amerikai Egyesült Államokban

Az Amerikai Egyesült Államokban a kritikus infrastruktúra rendszerek kijelölésére és védelmére vonatkozó irányelvek és szabályozások alapjainak lefektetése a hidegháborús években történt meg. Ebben az időszakban a legnagyobb fenyegetést a Varsói Szerződés országaival esetlegesen megvívandó III. világháború és az ezzel nagy valószínűséggel együtt járó atomháború veszélye jelentette. Ebben az időszakban fektették le azokat az alapvető megelőzési, védelmi és megóvási szabályokat, amelyek tovább gondolása a mai modern kritikus infrastruktúra irányelveknek is alapját képezik. A közvetlen világháborús fenyegetés elmúlásával és a kétpólusú világrend megszűnésével egy időben megváltoztak azok az okok is, amelyek mentén az irányelveket meghatározták.

Az első olyan intézkedések és rendeletek az 1990-es években jelentek meg, amelyek már nem egy kimondott globális háború hatásainak kivédése miatt, hanem alapvetően a távközlési és informatikai hálózatok kritikus voltának meghatározására és azok megóvására jöttek létre. A kritikus rendszerek felmérése és meghatározása esetén elkezdtek figyelembe venni az adott rendszer nemzetgazdaságra gyakorolt hatását, illetve a szerepét az ország nemzetbiztonságában.

1997-ben valósult meg az Amerikai Egyesült Államokban az a bizottsági jelentés, amely a megállapított szempontok, de elsősorban az ország működéséhez nélkülözhetetlen, azaz kritikus jellemzők alapján felsorolta, de nem súlyozta a kritikus infrastruktúrákat. Az akkor megállapított nyolc ilyen rendszer a következő táblázatban látható:

Kritikus infrastruktúrák meghatározása
Kőolaj és földgáztárolás illetve szállítás
Elektromos ellátó hálózatok
Telekommunikációs hálózatok
Pénzügyi és bank szektor
Úthálózatok és szállítás
Vízellátási rendszer
Közzszolgálati rendszer
Közigazgatási rendszer

2-1. táblázat A kritikus infrastruktúrák meghatározása

A következő évben ugyanez a bizottság kiadta a kritikus infrastruktúrák védelméről szóló iránymutatást. „Ez lényegében összefoglalta azokat a virtuális és fizikai berendezéseket illetve rendszereket, amelyek korlátozott működése vagy esetleges megsemmisülése az Amerikai Egyesült Államok számára gazdasági, nemzetbiztonsági, közbiztonsági illetve közegészségügyi kockázatot jelenthet.” [2].

A következő jelentős előrelépés a tragikus 2001. szeptember 11-i terrortámadások után következett be, amikor az eseményeket hatására szinte azonnali reakcióként elfogadásra került egy olyan új terrorellenes törvény (USA PATRIOT ACT¹), amely egy jóval átfogóbb módon adott meghatározást a kritikus infrastruktúrákra. [6]

2002-ben került elfogadásra a HSDP² amely egyrészt kijelölte a védelmet igénylő szektorokat és infrastruktúrákat, illetve ezzel egy időben az azokat koordináló szervezeteket és személyeket is. Az alábbi táblázat szerint jól látható, hogy három fő hatásköri szint és azokon belül több kritikus elem került meghatározásra:

¹ USA PATRIOT ACT - Uniting and Strengthening America by Providing Appropriate Tools Required to Intercept and Obstruct Terrorism Act of 2001

² HSDP - Homeland Security Presidential Directive

Belbiztonsági miniszter	Belbiztonsági és egyéb szakminisztériumok	Szakminisztériumok és hivatalok
Közlekedési és szállítási rendszerek	Kereskedelmi létesítmények	Ivóvíz ellátó rendszer
		Egészségügyi és élelmiszer ellátó rendszer
Közforgalmi rendszer	Közigazgatási létesítmények	Mezőgazdaság és élelmiszertermelés
Posta és áruszállítás		Energia szektor
Kémiai ipar	Gátak	Bank és pénzügyi szektor
		Védelmi ipar
Telekommunikáció és informatika	Erőművek	Nemzeti emlékhelyek
		Nukleáris kereskedelmi és ipari bázis

2-2. táblázat A kritikus szektorok és felelősök meghatározása

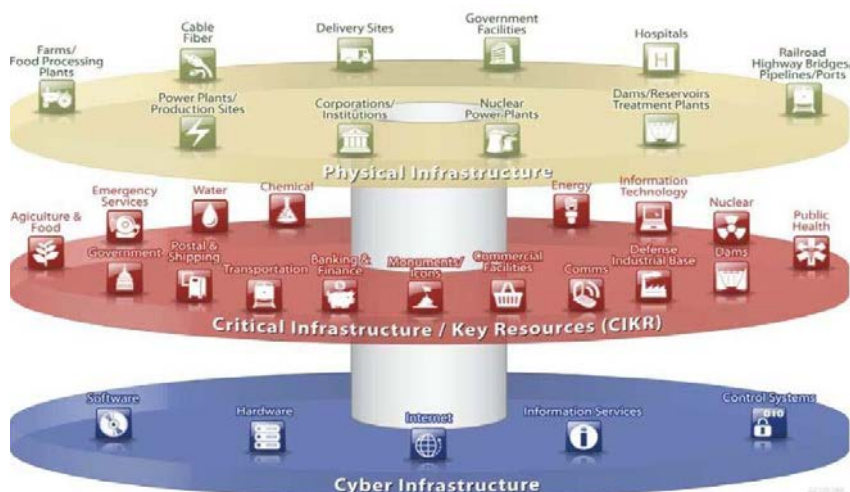
Ennek a részletes meghatározásnak olyan elemei is vannak, amelyek nem nemzetbiztonsági vagy létfontosságú gazdasági infrastruktúrákra vonatkoznak, hanem a közösségek és a mindennapi élet szempontjából lehetnek lényegesek (például az emlékművek, parkok, szobrok és sok közintézmény is ilyeneknek tekinthetőek). Az ilyen és ehhez hasonló nem kritikusnak tekinthető létesítmények is külön fogalomként kerültek meghatározásra, amelyek esetleges elvesztése vagy sérülése nem okozhat a nemzetre nézve globális katasztrófákat, de közvetve közösségi és morálisan romboló hatásaik lehetnek. Az így külön meghatározott kulcslétesítmények védelme tagállami és helyi szinten került kidolgozásra, amelyeket nemzeti szinten egy segítségnyújtási stratégia támogat.

2003-ban egy olyan nemzeti stratégia került elfogadásra, amely elsősorban a kritikus infrastruktúrák fizikai védelmét hivatott szabályozni (The National Strategy for the Physical Protection of Critical Infrastructures and Key Assets). Ennek lényege, hogy olyan ágazatokat és szektorokat határoz meg, amelyeket egy központi szövetségi kormányszerv, az Egyesült Államok Nemzeti Infrastruktúravédelmi Központja (NIPC³) felügyel.

³ NIPC – National Infrastructure Protection Center

2008-ban került meghirdetésre az 54. számú Nemzetbiztonsági Elnöki Irányelv, amely gyakorlatilag egy átfogó kiberbiztonsági szabályozásként az Amerikai Egyesült Államok ezzel kapcsolatos céljait és fókuszpontjait határozza meg. [8].

2010-ben került meghirdetésre az úgynevezett Kibertér Műveletek, amely az Amerikai Egyesült Államok légi ereje által kiadott ajánlás. Ez nemcsak az úgynevezett kibertér műveletek elvi kidolgozását tartalmazza, hanem szemléletesen meghatározza és összefoglalja a kibertér és a kritikus infrastruktúra kapcsolati rendszerét is.



2-1. ábra A kiberinfrastruktúra[2]

A korábban említett ajánlás alapján 2013-ban egy újabb elnöki utasítás keretében került pontosabb meghatározásra a nemzeti kritikus infrastruktúra és a kiberbiztonság védelmi tervezete, amelyet még ebben az évben egy törvénykezés rögzített [9].

2014-ben a NIST⁴ szervezete egy olyan keretrendszert közölt, amely nemcsak a kormányzati, hanem a magánszektor számára is kijelölte a fejlesztési módokat és szabályozási irányelveket. Ez a publikáció volt a Keretrendszer a Kritikus Infrastruktúrák Kiberbiztonságának Növeléséhez [10].

⁴ NIST - National Institute of Standards and Technology

2.3 A kritikus infrastruktúra meghatározása és fejlődése az Európai Unióban

A kritikus infrastruktúráknak az Európai Unióban számos meghatározása létezik. Ez elsősorban az EU sajátos jogalkotási rendszeréből fakad. Az évek folyamán mind a meghatározások mind az érintett infrastruktúrák listája és a feladatok leírásai is változtak illetve bővültek. 2004-ben történt meg annak az Európa Uniós tervezetnek a lefektetése, amely a kritikus infrastruktúrák meghatározását és azok védelmére vonatkozó stratégiai alapokat meghatározta.

2004-ben létrejött az ENISA⁵ elnevezésű ügynökség, amely megbízását öt évre kapta meg az Európai Parlamenttől. Az ENISA legfőbb célja az alábbiak szerint összefoglalható:

„Az Európai közösségben egy olyan hálózat létrehozása, amelynek fő céljai között szerepel a különféle szektorok (például köz, vállalkozói és magán szektor) információs és hálózati biztonságának kiépítése és felügyelte annak érdekében, hogy a belső piaci folyamatok működése zavartalan és biztonságos legyen”[3].

Az első jelentős összefoglalás a témában az úgynevezett Zöld Könyv, amely a kritikus infrastruktúrát, mint fogalmat adja meg:

„A kritikus infrastruktúra gyűjtőfogalom, ami olyan szolgáltatásokat, eszközöket, berendezéseket és erőforrásokat jelent, amelyek sérülése, rövid vagy hosszabb idejű leállása komoly károkat okozhat a gazdasági, kormányzati vagy a hétköznapi élet szintjén”[1].

A Zöld Könyv a fenti meghatározás mellett többek között beazonosít 11 fő és 37 alárendelt kritikus ágazatot, amelyek a következő táblázatban is láthatóak:

⁵ ENISA - Európai Hálózat- és Informatikai Biztonsági Ügynökséget

Kritikus Ágazat	Alárendelt Ágazatok
1. Energia Ipar	1. Villamos Energia Termelés
	2. Kőolaj és Földgáz Termelés
	3. Szállítás
	4. Elosztás
2. Élelmiszer Ipar	5. Élelmiszer Termelés és Biztonság
3. Pénzügyi Szektor	6. Magán és Ipari Szektor
	7. Kormányzati Szektor
4. Telekommunikáció	8. Műholdas Távközlés
	9. Informatikai Hálózat Védelem
	10. Műsorszórás
	11. Felügyeleti (SCADA) Rendszerek
	12. Internetes Hálózat
	13. Mobilt Hálózat
	14. Vezetékes Hálózat
5. Egészségügyi Szektor	15. Rádiós és Navigációs Rendszerek
	16. Kórházi és Háziiorvosi Ellátás
	17. Gyógyszer Gyártás
6. Vízgazdálkodás	18. Biológiai Laborok és Anyagok
	19. Vízmennyiség Figyelő Rendszer
	20. vízminőség Ellenőrzés
7. Közbiztonság és Jogrend	21. Vízzolgáltatás
	22. Büntetés Végrehajtás és Igazság Szolgáltatás
8. Közlekedés	23. Közbiztonság és Jogrend Fenntartás
	24. Légi Közlekedés
	25. Vasúti Közlekedés
	26. Közúti Közlekedés
	27. Folyami Hajózás
9. Vegyipar és Nukleáris Energia	28. Tengeri Hajózás
	29. Veszélyes Anyag Szállítás
10. Közigazgatás	30. Veszélyes Anyagok Tárolása és Felhasználása
	31. Fegyvere Erők
	32. Segélyszolgálatok
	33. Kormányzati Feladatok
	34. Postai Szolgálat
11. Űrkutatás	35. Közigazgatás
	36. Kutatás
	37. Fejlesztés

2-3. táblázat A kritikus infrastruktúrák és ágazatok felsorolása

2008-ban történt meg a következő jelentős lépés megtétele az EPCIP⁶ létrehozásával, amelynek legfőbb feladata a tagállamok és azon belül az ipari szereplők kormányzati szintű támogatása lett, hogy képesek legyenek a kritikus infrastruktúrák működését egységes szinten és biztonságosan működtetni az Európai Unión belül. Az erről rendelkező pontos rendelkezés a kritikus infrastruktúrák kijelöléséről, azonosításáról és védelméről a 2008/114/EK⁷ irányelv (a továbbiakban röviden: Irányelv) lett.

Ennek az Irányelvnek a Zöld Könyvben korábban meghatározott alapelvek lettek a fókuszpontjai, de kiegészítve a különféle ipari és társadalmi ágazatok igényeinek figyelembevételével és az Európai Unió hosszabb távú politikai terveivel összhangban. Legfontosabb elemének a ECI⁸-k meghatározására, kijelölésére és kezelésére illetve védelmére vonatkozó egységes eljárásrend meghatározása tekinthető [2].

Ugyancsak fontos elemnek tekinthető az ECI-k esetében megállapított egységes feltételek megállapítása az Európai Unió tagállamokra vonatkozóan, illetve azoknak az ágazatoknak és különféle alárendelt ágazatoknak a beazonosítása, amelyek egyáltalán rendelkezhetnek kritikus infrastruktúráknak tekinthető elemekkel.

Az Irányelvben lefektetett intézkedések, nemcsak mint időkorlát nélküli ajánlások jelentek meg. Az ebben foglaltak megvalósítására az egyes tagállamoknak egy viszonylag szűknek tekinthető két éves megvalósulási idővel kellett számolniuk, illetve azt is vállalniuk kellett, hogy az ECI⁹-k kijelölésének folyamatát 2011 első hónapjáig végre kell hajtani az energetikai és a közlekedési szektorokban. Az is rögzítésre került, hogy 2012. elején a fentiekben foglalt vállalások felülvizsgálatát is el kell kötelezően végezni, különös tekintettel az infokommunikációs szektor esetében.

Az EPCIP elindításával gyakorlatilag párhuzamosan létrehozásra került a CIWIN¹⁰-t, melynek legfőbb célja az Európai Unió intézmények, valamint a tagállamok alá sorolt kritikus

⁶ EPCIP - Európai Kritikus Infrastruktúra Védelmi Program

⁷ 2008/114/EK - védelmi fejlesztéseinek szükségességéről szóló tanácsi irányelv

⁸ ECI - európai kritikus infrastruktúrák

⁹ ECI - európai kritikus infrastruktúrák

¹⁰ CIWIN - Kritikus Infrastruktúra Figyelmeztető Információs Hálózat

infrastruktúraüzemeltetők és az őket felügyelni hivatott operátorok közötti kommunikációs csatorna megvalósítása volt. Ez a kommunikációs csatorna többfeladatú és természetesen több irányú ismeret cserét valósít meg. Ilyen lehet a kockázatelemzési ismeretek megosztása vagy a megfelelő eljárási rendek összehangolása is. Ezen felül a CIWIN hálózat olyan feladatokat is elláthat, mint például az érvényben lévő riasztások és vészhelyzetek továbbítása, vagy pedig egy tudástár megvalósítása, amelynek segítségével a nem várt vészhelyzetekre gyorsabb válasz valósulhat meg. [2].

2013 januárjában indult be az Europol¹¹ és az EC3¹² működése Hágában. Az EC3 legfontosabb célkitűzése az Európai Unió üzleti tevékenységek és ezzel együtt a polgárok számítógépes vagy más néven kiberbűnözés elleni védelme lett. Ennek a feladatnak megfelelően az EC3 működését nem korlátozzák az Európai Unión belüli országhatárok, illetve rendelkezik a számítógépes bűnözés elleni tevékenység megelőzéséhez szükséges tudásbázissal és az ehhez szükséges összehangolási képességekkel is. Az Európai Unió a korábbiakban említetteken felül több olyan cselekvési tervet és ajánlást is készített az évek folyamán, amelyek valamilyen formában a kritikus infrastruktúrák és a kiberbűnözés kapcsolatát érintik és taglalják. Ezek közé tartoznak a hálózati zavarok vagy nagyszabású számítógépes támadások esetén fellépő események kezelésére vonatkozó ajánlások [2].

2013 februárjában került kiadásra az Európai Unió kiberbiztonsági stratégiája, vagyis a „Nytott, megbízható és biztonságos virtuális tér” elnevezésű stratégia, amely hat fő pontban határozza meg a fejlesztés szempontjait [4]

1. védelmi képességek kialakítása a kibertámadások ellen
2. a kiberbűnözés nagymértékű visszaszorítása
3. egy közös biztonság- és védelempolitika
4. szükséges érintőleges képességek fejlesztése,
5. a szükséges ipari és technológiai erőforrások biztosítása
6. egységes és nemzetközi szakpolitika kidolgozása

¹¹ Europol - Európai Unió Rendőrségi Hivatal

¹² EC3 - Európai Kiberbűnözés Elleni Központ

Ez a stratégia nemcsak átfogó szinten, hanem a tagállamokra lebontva is rögzít bizonyos kötelezettségeket, mint például az ide vonatkozó szabályok meghatározását az adott nemzeti szinten, a megfelelő hatóságok kijelölését, a lehetőségekhez mérten a leginkább működőképes CERT¹³ rendszer alkalmazását, illetve az egyes stratégiai szereplők együttműködését megalapozó terv alapjainak lefektetését.

2015-ben következő lépésnek tekinthetően egy olyan három pontot tartalmazó Európai Unió bizottsági stratégia került megállapításra, amely kijelölte a legsürgősebb teendőket: [5]:

1. terrorizmus és a radikalizmus elleni fellépés
2. szervezett bűnözés elleni fellépés
3. kiberbűnözés elleni fellépés

A stratégia nem csak kijelöli a fő célkitűzéseket, hanem azokat az intézkedéseket is felsorolja, amelyek elsődlegesen fontosak lehetnek azok elérésében: [5]:

- Az informatikai rendszerek elleni támadások kivédésére és nem kívánatos tartalmak szűrésére alkalmas rendszerek
- Olyan új módszerek kifejlesztése, amelyek segítségével a különféle digitális fizetési módok használata biztonságosabbá tehető és a csalás, illetve hamisítás elleni küzdelem elősegíthető ezekben az esetekben
- A már folyamatban lévő és jövőben lefolytatott kiberbűnözéssel kapcsolatos esetek felderítésének és vizsgálatának megkönnyítése a megfelelő jogi és egyéb eszközök alkalmazásával
- A lehetséges esetek felderítését és megoldását elősegítő eszközpark és képességek frissítése valamint növelése

2.4 kritikus infrastruktúra meghatározása és fejlődése a NATO¹⁴-ban

A NATO esetében a kritikus infrastruktúrák védelme nem teljesen külön kategóriaként kezelt, hanem a polgári védelem alá tartozó fogalom. Nem meglepő módon a NATO számára ezzel

¹³ CERT - Computer Emergency Response Team

¹⁴ NATO - North Atlantic Treaty Organisation

kapcsolatban az, hogy az Európai Unióval egy szoros és egyben átlátható rendszert alkalmazzon.

A NATO illetékes Polgári Védelmi Bizottsága hasonlóan a korábban bemutatott fő szervekhez, szintén meghatározta a kritikus infrastruktúrákat:

„Azon informatikai rendszereket, szolgáltatásokat és létesítményeket nevezhetünk kritikus infrastruktúrának, amelyek zavara, esetleges sérülése vagy megsemmisülése nemzetgazdasági, nemzetbiztonsági, közegészségügyi vagy egyéb kritikus szempontból kockázatot jelenthetnek” [11].

A meghatározás és annak alkalmazása is szorosan összefügg az Amerikai Egyesült Államok kritikus infrastruktúrákra vonatkozó meghatározásával.

Már 2001-ben létrejött a CPC,¹⁵ amely igen gyorsan létrehozott egy a kritikus infrastruktúrák védelmével foglalkozó csoportot. Ennek első feladata a lehetséges kritikus infrastruktúrák feltérképezése volt. Több tagállamot is arra ösztönöztek, hogy mutassák be a témában elért eredményeiket és ezzel segítsék egy egységes stratégia kialakítását. Ezeknek az intézkedéseknek a hatására jött létre az úgynevezett Critical Infrastructure Protection Concept Paper, amelyet 2003 végén fogadtak el. Ebben olyan közép és hosszútávú intézkedések ütemtervezetei is szerepeltek, amelyek előrevetítették a NATO témával kapcsolatos későbbi irányultságát is.

A NATO esetében a 2005-2006-ra kiadott miniszteri útmutatás, azaz a CEP¹⁶ már számos hivatkozást tartalmazott a kritikus infrastruktúrák védelmével kapcsolatban. Ez után a szervezeten belül több bizottság is létrehozásra került vagy korábban már létező, de nem csak ezzel foglalkozó szervezeteket vontak be.

A SCEPC¹⁷ folyamatos erőfeszítéseket tett arra vonatkozóan, hogy segítse és fejlessze a tagállamok felkészültségét az esetlegesen bekövetkező terrorista támadások esetén így növelve a kritikus infrastruktúrák és ezeken keresztül a civil lakosság védelmét. Az SCEPC másik fontos

¹⁵ CPC - Civil Protection Committee

¹⁶ CEP – Ministerial Guidance for NATO Civil Emergency Planning

¹⁷ Senior Civil Emergency Planning Committee

feladata a már meghatározott kritikus infrastruktúrák felülvizsgálata és a védelmi képességek növelésére tett javaslatok megtervezése lett.

A CCPC¹⁸ feladata a már meglévő, illetve a még csak tervezés alatt álló nyilvános valamint nem nyilvános kommunikációs és egyéb szolgáltatások (például posta) azon képességének meghatározása, hogy egy esetleges vészhelyzet esetén mennyire képesek ellátni a felmerülő civil és katonai igényeket. Az ehhez szükséges ajánlások a tagállamok számára a kialakulóban lévő technológiák valamint a nemzeti érdekek és jogszabályok figyelembevételével történik.

A CCPC ezzel kapcsolatban számos dokumentumot tett közzé:

- Kritikus telekommunikációs infrastruktúrák védelme
- Kritikus postai szolgáltatások védelme és az esetleges problémák kezelése
- Új kockázatok és fenyegetések a polgári távközlésben
- CEP követelmények megvalósítása a nemzeti távközlésben
- Új kockázatok és fenyegetések a postai szolgáltatások esetében

Ezen felül a CCPC az Észak-Atlanti Tanács ide vonatkozó feladataiban is részt vállal (például Kibervédelmi Program):

CERT¹⁹ amely a civil kommunikációs infrastruktúrákat érő esetleges támadások elhárításáért felel a különféle kritikus hálózatok függőségi viszonyainak felderítése

Az IPC²⁰ ebben a feladatkörben elsődlegesen az ipari ágazatok és folyamatok egymásrautaltságának meghatározására fókuszált. Ezen felül az ipari létesítményekkel kapcsolatos veszélyekre, katasztrófák esetén szükséges ellenintézkedésekre és az ipari infrastruktúra katonai védelmének fontosságára fókuszált.

Ezen felül olyan további bizottságok munkája is fontos volt a kritikus infrastruktúrák szempontjából, mint a FAPC²¹, amely az élelmiszerek, mezőgazdaság és a vízhálózat vonatkozásában vett részt a tervezési és megvalósítási folyamatokban.

¹⁸ CCPC - Civil Communication Planning Committee

¹⁹ CERT - Computer Emergency Response Team

²⁰ IPC - Ipari Tervezési Bizottság

²¹ FAPC - Food and Agriculture Planning Committee

A CAPC²² a PBIST²³ és a PBOS²⁴ szervezetek pedig elsősorban a szállítás és közlekedés szempontjából vizsgálták és segítették a folyamatok és rendszerek kialakítását.

A NATO-ban 2008-ban hozták létre Kibervédelmi Kiválósági Központját. Ennek meghatározott feladata az egyes tagállamok tudásbázisának összefogása, az együttműködések összehangolása és a kutatás-fejlesztés támogatása. Ennek segítségével hatékonyan gyűjthetők a biztonság megőrzéséhez szükséges tapasztalatok és módszerek.

A Kibervédelmi Kiválósági Központ több olyan fontos okmányt is közzé tett, amelyek a fenti folyamatokat leírják és támogatják. Talán ezek közül a legfontosabb az úgynevezett Tallin Kézikönyv, amely lényegében a NATO kiberbiztonsági kézikönyve és útmutatása is egyben. Ez a kézikönyv több mint háromszáz oldalon fekteti le a kibervédelem és hadviselés alapvető szabályrendszerét. Kiemelendő az egyik legfontosabb szempont (hasonlóan a hagyományos hadviseléshez), amely az olyan civil célpontok megkímélését vagy védelmét hangsúlyozza, mint például az erőművek vagy kórházak.

A Kibervédelmi Kiválósági Központ nemcsak ajánlásokkal és dokumentumokkal, hanem szimulációs hálózatvédelmi gyakorlatok szervezésével is hozzájárul védelmi képességek növeléséhez. Az LockedShields elnevezésű védelmi gyakorlatok célja a valós veszélyhelyzetek szimulálása. Ennek során virtuálisan felépített kiberhálózat védelmét kell megszervezni és ellátni egy szimulált támadás során. A kitalált stratégiaiag fontos ipari létesítmények esetén az ipari felügyeleti és adatgyűjtő rendszerek (ICS²⁵ + SCADA²⁶) védelmét is szimulálják.

A NATO szempontjából talán 2010 vége nevezhető a következő fontos időszaknak, mivel ekkor került sor arra a csúcstalálkozóra, amelynek során elfogadásra került az a stratégiai tervezet, amely alapjaiban már tartalmazta a kibervédelmi politika alapvető téziseit is. Ennek folyamányaként 2011-ben elfogadásra is került a NATO hivatalos állásfoglalása. 2012-ben pedig megkezdődött a képességek kiépítése és egy olyan modern előrejelző központ

²² CAPC - Civil Aviation Planning Committee

²³ PBIST – Planning Board for Inland Surface Transportation

²⁴ PBOS – Planning Board for Ocean Shipping

²⁵ ICS - Industrial Control Systems

²⁶ SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition

létrehozása, amely elsősorban a tagállamok hírszerzési ismereteire és a gyors tájékoztatás megosztáson keresztül a közös feldolgozásra fekteti a hangsúlyt.

2.5 A kritikus infrastruktúra meghatározása és fejlődése Magyarországon

Magyarország hasonlóan válaszolt az elmúlt évtizedek új biztonságpolitikai kihívásaira, mint a NATO vagy akár az Európai Unió. A megfigyelhető változások a környezetben, biztonságban illetve a terrorizmus erősödése másokhoz hasonlóan idehaza is megindította a védelmi fejlesztések és tevékenységek előtérbe kerülését. Az országnak egyértelmű előnye származott a NATO tagságból és az ott meglévő a témát érintő tudásbázisból, de az önálló kritikus infrastruktúra védelem tervezete még nem létezett az évezredünk elején. A lényegi önálló munka 2002-ben indult meg, amikor egy központilag elrendelt adatgyűjtési művelet keretében mérték fel a hazai infrastruktúrák helyzetét és veszélyeztetettségét. Eközben az is világossá vált, hogy az ilyen irányú hatékony tevékenység csakis kormányzati szintű döntések segítségével valósítható meg. Illetve, ahogyan másoknál is meghatározásra kerültek a hazai viszonyok között értelmezhető kritikus infrastruktúrákkal kapcsolatos legfontosabb teendők is [2]:

- egységes védelmi stratégia létrehozása
- a kritikus infrastruktúrák adatbázisának megalkotása
- nemzeti szinten egységes alapelvek megállapítása a kiépítés során
- felügyeleti rendszer kiépítése
- lakossági tájékoztatás fejlesztése
- szekunder rendszerek kiépítése
- nemzetközi kapcsolatok kiépítése és támogatása

A későbbiekben ez a lépés azért is bizonyult hasznosnak, mert segítségével könnyen integrálhatóvá tette a későbbi nemzeti stratégiát az Európai Unió rendszerben.

Magyarország esetében nem lehet teljesen pontos meghatározást idézni a kritikus infrastruktúra védelem vonatkozásában, mivel nem nyilvánosak az ezeket a pontos meghatározásokat tartalmazó dokumentumok. Sőt a különféle jogszabályok esetében is csak megközelítő információkat találhatóak ezzel kapcsolatban. Ilyen például 27/2004. (X.6.) IHM rendelet, amely többek között rendelkezik az elektronikus és informatikai, valamint a postai rendszerek létrehozásáról és a működési hatáskörökről. Azonban ez a dokumentum is csak a fentiek

vonatkozásában kezeli és pontosítja a kritikus infrastruktúra fogalmát. Ennek alapján „minden olyan hírközlési (elektronikus) és informatikai rendszer, amelyeknek működési zavara, leállása, sérülése vagy megsemmisülése befolyásolhatja az élet és vagyonbiztonságot, nemzetbiztonságot vagy a gazdaság és közszolgáltatások működését az kritikus infrastruktúrának tekinthető”. Viszont ezen felül a rendelet nem tartalmaz tényleges meghatározásokat a kijelölés alapvető feltételeiről és a szükséges jogkörök sem kerülnek tisztázásra a védelmi és egyéb kérdésekben sem.

Az egyértelműbb meghatározások és felsorolások a terrorizmus ellenes fellépés érvényes feladatait összefoglaló 2112/2004. (V.7.)²⁷ Korm. határozatban kerültek először előtérbe [12]:

Kritikus infrastruktúrák magyarországi meghatározása
1. Távközlési rendszer
2. Adatforgalmi rendszer
3. Informatikai hálózat
4. Energia hálózat
5. Közlekedési hálózat
6. Szállítmányozás
7. Közmű rendszer
8. Bank rendszer
9. Szolgáltatói szektor
10. Média szektor
11. Egészségügyi rendszer
12. Ivóvíz és Élelmiszer ellátás

2-4. táblázat A kritikus szektorok magyarországi meghatározása

A felsorolás igen fontos elemeiben különbözik attól, amit az Európai Unió irányelveiben megtalálhatunk. Olyan egyébként lényegesnek tekinthető szervezetek maradtak ki ebből a felsorolásból, mint a rendőrség, honvédség, segélyszolgálatok, illetve egyéb közigazgatási és védelmi szervezetek. A Nemzeti Biztonsági Stratégia igen nagy hiányossága, hogy bár a feladatok, célok és eszközök beazonosításával foglalkozik, illetve a NATO és Európai Unió tagságnak megfelelően integrálható formában teszi ezt, viszont teljesen hiányoznak azok az

²⁷ 2112/2004. (V. 7.) - terrorizmus elleni küzdelem aktuális feladatairól szóló módosítás

egyértelmű meghatározások, amelyek teljes mértékben beazonosíthatóvá tennék a különféle kritikus infrastruktúrákat.

A 2008-ban elfogadott 2080/2008. (VI. 30.)²⁸ Korm. határozat rendelkezett először egy olyan átfogó tervezetről, amely egyrészt a kritikus infrastruktúrák jobb beazonosíthatóságát segítette elő, illetve előkészítette azokat a folyamatokat, amelyek az Európai Unió informatikai és figyelmeztető hálózatokhoz való jövőben lehetséges becsatlakozás megvalósulásához elengedhetetlenek voltak [13].

A hatályba lépő jogszabályoknak megfelelően az elsődleges felelőségi körök a belügyminisztérium hatáskörébe kerültek, amely egyúttal a katasztrófavédelmi feladatok felelőssévé is vált a kritikus infrastruktúra terület érintettsége esetében. A fentiek egy meghatározottabb megfogalmazása a 2011. évi CXXVIII.²⁹ törvényben található meg. Ennek alapján nemcsak a felelőségi kör kijelölése történt meg, hanem az is tisztázásra került, hogy a kritikus infrastruktúrák védelmét és az azokat érintő esetlegesen bekövetkezett eseményeket milyen módon és hatáskörben kell kezelni és elhárítani [14].

A következő lépcsőfokot a 2012-ben kiadott CLXVI. törvény jelentette, amely a létfontosságú létesítmények és rendszerek azonosításáról, kijelöléséről valamint védelméről adott meg irányelveket. Ennek célja már egyértelműen a létfontosságú infrastruktúra részelemek pontosabb meghatározása és a védelmük kiépítése a fenyegetettség szintjének megfelelő mértékben. Ezeken felül már olyan pontos rendszerelem és ágazat meghatározások is tárgyalásra kerülnek, amelyek elengedhetetlenek a nemzeti szintű felügyelet és a nemzetközi rendszerek illesztéséhez. Ennek támogatására olyan közös szabályok is megjelennek, amelyek az üzemeltetés, adatvédelem, ellenőrzés és a biztonsági tervezés területén segítik az integrációt [15]. Az előzőekben foglaltak végrehajtásának támogatására és ösztönzésére valósult meg a következő 65/2013. (III. 8.)³⁰ Korm. rendelet. Ennek részeként már nemcsak az infrastruktúrák azonosítása kerül előtérbe, hanem ez a rendelet a nemzeti szempontból létfontosságú rendszerek üzemeltetőit is bevonja az azonosítás folyamatába támogató szerepkörben. A kijelölő hatóság

²⁸ 2080/2008. (VI. 30.) - Kritikus Infrastruktúra Védelem Nemzeti Programja

²⁹ 2011. évi CXXVIII - Katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló törvény

³⁰ 65/2013. (III. 8.) - Korm. rendelet a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló törvény végrehajtásáról

lényegében nem saját hatáskörében állapít meg kockázatokat és állít fel fontossági sorrendeket, hanem az üzemeltetőktől kapott és előre meghatározott feltételek alapján összeállított jelentések alapján határozza meg az adott infrastruktúra besorolását kritikusság szempontjából [16].

Az előkészítő folyamatok hatására 2013-ban végül elfogadásra került az úgynevezett Magyarország Nemzeti Kiberbiztonsági Stratégiája, amely egyrészt a Nemzeti Biztonsági Stratégiájának másrészt pedig az Európai Unió Kiberbiztonsági Stratégiájának alapjain és eszközrendszerén keresztül valósult meg. Illetve ezzel egy időben egy olyan elektronikus tájékoztatás biztonsági törvénytervezet is elfogadásra került, amely az állami és önkormányzati szervekre nézve is kötelező érvényűnek tekinthető. Ezek természetesen az Európai Unió szabályozásokkal és ajánlásokkal összhangban készültek és kerültek elfogadásra.

Ennek a folyamatnak a végén már lehetőség volt egy olyan átfogó felsorolást megvalósítani, amely minden olyan ágazatot és alárendelt ágazatot magában foglalt, amelynek figyelembevétele elengedhetetlen egy átfogó és jól működő rendszer megalkotásához:

Kritikus Szektorok	Alárendelt Ágazatok
1. Ipari Szektor	1. Veszélyes Hulladék Tárolás és Kezelés
	2. Hadiipari Termelés
	3. Veszélyes Anyag Tárolás és Feldolgozás
	4. Gyógyszeripar
2. Energia Szektor	5. Villamosenergia Rendszerek
	6. Kőolaj Ipar
	7. Földgáz Ipar
3. Közlekedési Szektor	8. Közúti Közlekedés
	9. Légi Közlekedés
	10. Vasúti Közlekedés
	11. Vizi Közlekedés
	12. Logisztikai Rendszer
4. Agrár Szektor	13. Mezőgazdaság
	14. Élelmiszer Ipar
	15. Elosztási Hálózat
5. Pénzügyi Szektor	16. Kereskedelmi Támogató Rendszer
	17. Bank Rendszer
	18. Készpénz Szállítás
6. Kommunikációs Szektor	19. Informatikai Hálózatok
	20. Internetes Hálózat
	21. Ellenőrző Rendszerek
	22. Vezetékes és Mobil Távközlés
	23. Rádiós Távközlés
	24. Műholdas Rendszer
	25. Műszorszórás
	26. Posta Szolgálatok
	27. Kormányzati Rendszerek
7. Egészségügyi Szektor	28. Mentés Irányítás
	29. Beteg Ellátás
	30. Rendszer Tartalékok
	31. Laboratóriumok
	32. Egészségbiztosítási Rendszer
	33. Gyógyszer Nagykereskedelem
8. Vízügyi Szektor	34. Ivóvíz Szolgáltatás

2-5. táblázat A kritikus infrastruktúrák javasolt felsorolása

2.6 Az Amerikai Egyesült Államok, az Európai Unió, a NATO és Magyarország összehasonlítása

A korábban tárgyalt és alapvető (kritikus infrastruktúra szempontjából vizsgált) felépítésük valamint fejlődésük folyamatában bemutatott nemzetek és szervezetek összehasonlítása nem kivitelezhető tökéletesen, de két fontos szempontból megkísérlem.

Egyrészt a kritikus infrastruktúrákkal kapcsolatos folyamatok megindulása is igen nagy különbségekkel kezdődött meg. Ebből a szempontból az Amerikai Egyesült Államok igen jelentős előnyben van. Ennek oka elsősorban a már régóta fennálló állandó külső fenyegetettség. Az évtizedekig tartó hidegháború igen korán szükségessé tette a nemzetük számára fontos és nélkülözhetetlen infrastruktúrák kijelölését és védelmének megszervezését. Majd a felerősödő terrorizmus hatására ezek a folyamatok még nagyobb ösztönzést kaptak. Így nem meglepő módon a legátfogóbb és legrészletesebb kritikus infrastruktúrákkal kapcsolatos rendszerei és szabályozásai az Amerikai Egyesült Államoknak vannak.

A NATO és az Európai Unió elsősorban pont az Amerikai Egyesült Államok intézkedéseinek hatására és az ott lejátszódó folyamatok és fejlesztések figyelembevételével kezdte meg és folytatott ilyen irányú fejlesztéseket és felméréseket. Viszont jelentős különbség ennél a két szervezetnél, hogy érthető módon teljes mértékben figyelembe kellett venniük tagállamaik egyéni jellegzetességeit és erőforrásait a kritikus pontok meghatározásánál és a megfelelő intézkedések és törvények kialakításánál. Ez természetesen bonyolította és egyben lassította ezeket a folyamatokat.

Magyarország szempontjából az ilyen irányú folyamatok megindulása még nagyobb hátrányból kezdődött meg. A Varsói Szerződés tagállamaként gyakorlatilag semmilyen szinten nem volt lehetőség az ilyen jellegű felméréseket és intézkedéseket megindítani. A NATO és az Európai Unió elveivel szemben a Szovjetunió teljesen az anyaország érdekeit szem előtt tartva alakította ki saját szempontjait ebben a kérdésben. Így értelemszerűen csak a Szovjetunió felbomlása után kezdődtek meg és NATO valamint Európai Unió csatlakozásunk hatására gyorsultak fel az ilyen jellegű folyamatok az országban.

A másik fontos szempont, amely alapvetően meghatározó az adott országban vagy szervezetben az a kritikus infrastruktúrák kijelölésének és meghatározásának módszere illetve azok részletezettségi foka.

Természetesen ebből a szempontból vizsgálva is az Amerikai Egyesült Államok rendszerei és folyamatai a legrészletesebbek, de egyúttal ez bizonyos szempontból néhol túlzott összetettséghez vezetett.

A NATO és az Európai Unió esetében ilyen szempontból ismét a tagállamok egyéni tulajdonságainak és egyben érdekeinek megfelelési kényszere nehezíti a kritikus infrastruktúrák meghatározását.

Magyarországon a jelentős lemaradás után is csak több lépcsőben évek alatt sikerült olyan rendszert és besorolási képleteket megalkotni, amelyek mára elfogadható szintű lefedettséget biztosítanak az országnak a kritikus infrastruktúrák védelme szempontjából.

3 AZ AMERIKAI EGYESÜLT ÁLLAMOK AZ EURÓPAI UNIÓ ÉS HAZÁNK VILLAMOS KRITIKUS INFRASTRUKTÚRA RENDSZEREINEK ELEMZÉSE

A folyamatosan jelen lévő villamosenergia ellátás napjainkban minden modern társadalom alapvető szükséglete. Ennek az ellátásnak a zavara vagy esetleges teljes leállása számos gondot okozhat, és rendkívüli helyzetekhez vezethet az élet számos más területén is. Ennek elsődleges oka az interdependencia. Ezért az energia ellátásban bekövetkező zavarok olyan egyéb kritikus rendszerekre is kihathatnak, amelyek egyébként nem lennének érintettek közvetlenül. Ráadásul ez a rendszer soha nem elszigetelt és nem egyetlen országra korlátozódik. Az egyes államok (például az Európai Unió vagy az Amerikai Egyesült Államok területén belül) egyetlen nagy kontinentális hálózatot alkotnak.

Éppen ezek miatt a szempontok miatt a villamos energia rendszerek kiemelt fontosságúak a világon mindenhol. Illetve a kritikus infrastruktúrák védelmi szabályozásainak is meghatározó részét képezik.

A következő fejezetekben azt vizsgálom, hogy az Amerikai Egyesült Államok illetve az Európai Unió milyen eltérő vagy másra fókuszáló szempontok alapján határozta meg ténylegesen a villamos kritikus infrastruktúrákkal kapcsolatos alapelveit és szabályozásait. Az Európai Unió szabályozások kapcsán természetesen az esetleges magyarországi eltérésekre is kitérek. Végül pedig ezek alapján szeretném bemutatni az Európai Unió szabályozási rendszerének hatékony fejlesztési lehetőségeinek nézőpontjait is.

3.1 Az Amerikai Egyesült Államok villamos kritikus infrastruktúra rendszerének áttekintése

Jelen fejezetben az („16 U.S. Code § 824o–1.”)³¹ szabályozást szeretném áttekinteni, mivel ennek segítségével könnyen azonosíthatók azon fókuszpontok, amelyek meghatározzák az Amerikai Egyesült Államok villamos kritikus infrastruktúrára vonatkozó szemléletét [17].

3.1.1 Fogalom definíciók

A szabályozás első része azoknak a fogalmaknak a definícióit tartalmazza, amelyek pontos leírása kulcsfontosságú:

- Nagyteljesítményű energetikai rendszerek meghatározása:

Ennek a definíciónak az alapja az („16 U.S. Code § 824o„)³² szabályozásban található. Ennek megfelelően az ilyen rendszer meghatározása alatt három fontos elemet értünk. Az első maga az összekapcsolt villamos energia hálózat. A második az üzemeltetéshez szükséges berendezések és szabályozó rendszerek. Végül a harmadik pedig a rendszer fenntartásához szükséges (erőművekből származó) villamos energia.

- Kritikus elektromos infrastruktúra meghatározása:

Ez alatt olyan nagy teljesítményű energetikai rendszereket ért a szabályozás, amelyek működésképtelensége vagy esetleg megsemmisülése negatívan érintheti a nemzetbiztonságot, a gazdaságot, az egészségügyet vagy ezek tetszőleges kombinációját.

- Kritikus elektromos infrastruktúra információk meghatározása:

A szabályozásnak ez a pontja lényegében meghatározza, hogy nemcsak az előző pontban leírt rendszer kritikussága lényeges, hanem minden olyan információ is ilyen megítélés alá esik, amely a meghatározott kritikus rendszerekkel kapcsolatos.

³¹ „16 U.S. Code § 824o–1.” - USA villamosenergia ipari társaságokra vonatkozó szabályozása

³² „16 U.S. Code § 824o„ - elektromos megbízhatóságra vonatkozó szabályozásban

- Kritikus elektromos infrastruktúra védelem meghatározása:

Ennek a pontnak a lényeg, hogy megadja azt a közigazgatási területet (a Amerikai Egyesült Államok 48 állama és külön kiemelve Washington D.C.) amelyen belül a kritikus infrastruktúra védelem megvalósul a szabályozás szerint.

- Elektromágneses impulzus meghatározása:

Itt egy olyan elektromos energia kibocsájtásra képes eszköz hatásáról van szó, amely a kibocsájtott energia vagy impulzus segítségével képes megbénítani vagy akár maradandó károkat is okozni az energetikai rendszerekben, elektromos vagy kommunikációs hálózatokban.

- Geomágneses vihar meghatározása:

A geomágneses vihar kifejezés a Föld mágneses mezőjének ideiglenes zavarát jelenti, amelyet a napenergia aktivitása okoz.

- Rendszerbiztonsági vészhelyzet meghatározása:

Olyan eseményekről van itt szó, amelyeket egyrészt az előző két pont is definiált hatások válhatnak ki. Másrészt pedig olyan eseményekről, amelyek bármilyen szempontból azt a kockázatot hordozzák, hogy a definiált kritikus infrastruktúrában meghibásodást vagy akár jelentős károsodást is kiválhatnak.

3.1.2 Bekövetkezett vészhelyzet esetén alkalmazandó protokollok

A szabályozás második pontja azt határozza meg, hogy egy esetleges bekövetkező vészhelyzet esetében milyen módon és kinek lehet beavatkozni és kezelnie a vészhelyzeteket a kritikus infrastruktúrák esetében.

Természetesen legfontosabb szerepe az Amerikai Egyesült Államok elnökének és az energiaügyi miniszternek van (amelynek szerepét az első pontban szintén meghatározza a szabályozás). De természetesen azokat a fontos kongresszusi bizottságokat és lépéseket is meghatározza, amelyek a vészhelyzetben szükséges lépések végrehajtását lehetővé teszik.

A szabályozásban ennek a pontnak egyik legfontosabb eleme, hogy meghatározza a szükséges lépéseket a szomszédos országok (Kanada és Mexikó) felé is. Erre természetesen azért van

szükség, mert az Amerikai Egyesült Államok kritikus villamos rendszere (hasonlóan például az Európai Unióhoz) nem izolált rendszer, hanem a szomszédos országokkal is összekapcsolódik. Így igen nagy esélye van annak, hogy egy esetleges vészhelyzet hatásai határokon átívelő problémákat okoznak. Ez természetesen visszafelé is működhet, ami azt jelenti, hogy egy ilyen együttműködés nélkül a vészhelyzetek kezelése szinte lehetetlenné válhat.

Természetesen a szabályozás azt is pontosan meghatározza, hogy a vészhelyzeti intézkedések végrehajtása és azok ellenőrzése milyen időkorlátok között valósulhat meg. A meghozott intézkedések felülbírálata 15 napon belül meg kell, hogy történjen és csak a vészhelyzet további fennállása és ezzel egy időben indokolt esetben hosszabbítható meg.

Ezeken felül pontos meghatározások szerepelnek a szabályozásnak ebben a pontjában arra vonatkozóan, hogy a vészhelyzetben hozott döntések hatására felmerülő költségek milyen módon kerüljenek elszámolásra. A hozott intézkedések mértéke és kritikussága alapján természetesen állami szerepvállalásra is sor kerülhet, de előfordulhat az is, hogy a kritikus infrastruktúra üzemeltetőjének kell állnia a vészhelyzet megoldása közben felmerülő költségek egy részét vagy akár egészét. Ez azért is lehetséges és szükséges, mert hasonlóan a magyarországi helyzethez, az Amerikai Egyesült Államok energetikai rendszereinek igen jelentős része (80%) privatizált és csak a fennmaradó rész esik az állami szektor igazgatása alá (20%).

Végül ez a pont arról is rendelkezik, hogy milyen feltételekkel lehet megosztani a kritikus rendszereket érintő vészhelyzettel kapcsolatos információkat. Az energetikai miniszteri és szövetségi hozzájárulások segítségével lényegében bármely olyan a vészhelyzet szempontjából kulcsfontosságú szervezet vagy személy megkaphatja ezeket az információkat, amelynek tájékoztatása és szerepvállalása elengedhetetlen a vészhelyzet gyors és hatékony kezelésének szempontjából.

3.1.3 Kijelölési módok

A szabályozás harmadik pontjának lényege, hogy meghatározza a kritikus létesítmények kijelölésének módját és szempontjait.

A létesítmények kijelölésének két fő kritériuma:

- kritikus legyen az Amerikai Egyesült Államok védelmének szempontjából
- kritikus mértékű függés a külső energetikai szolgáltatóktól

Mindkét fő kritériumként kiemelt szempont esetében a kiválasztás folyamata igen bonyolult és fenti két fő szemponton túl rengeteg egyéb tényező is kiemelt fontossággal bír. A legjellemzőbb módszer, amely a kijelölést meghatározza az egyes infrastruktúrák megfelelő osztályozása. Az osztályozás pedig előre meghatározott tulajdonságok és paraméterek alapján történik. Az ilyen módon már osztályokba sorolt infrastruktúrák több szinten elkülönülő csoportokba rendezve olyan több lépcsős kiválasztási folyamatokon kerülnek további szelektálásra, amelynek eredményeképpen kialakulhat egy végleges rangsorolás.

Továbbá az is lényeges, hogy hasonlóan a vészhelyzeti kommunikációhoz, a kiválasztást többlepcsős konzultációs és döntési folyamat előzi meg. Így előfordulhat, hogy a folyamat során az első lépcsőben még fontos osztályba sorolt infrastruktúra végül nem kerül kritikus besorolás alá.

3.1.4 Információ védelem és megosztás

Ez a pont részletesen foglalkozik a kritikus elektromos infrastruktúrákkal kapcsolatos információk védelmével és azok megosztásával.

Elsőként meghatározásra kerül az ilyen jellegű információk alapvető elkülönítése és védelme az Amerikai Egyesült Államok egyéb esetben kényszerítő erővel rendelkező szervezeti lépéseivel szemben. Sem olyan szövetségi vagy állami szervek sem egyéb szervezetek nem érhetnek el olyan jellegű információkat alap esetben, amelyek egyébként kapcsolatba hozhatók az energetikai rendszerekkel vagy azok szabályozásával.

Természetesen ezek után meghatározásra kerülnek azon kritériumok, amelyek döntően befolyásolhatják, hogy mely állami, szövetségi vagy egyéb szereplők lehetnek azok, amelyek szóba jöhetnek az ilyen jellegű információk megosztásával kapcsolatban.

Az is meghatározásra kerül, hogy konkrétan milyen irányítási szinteken és kinek van joga a megosztással kapcsolatban döntéseket hoznia.

Külön kiemelten szerepel a szomszédos országokkal szembeni magatartás és az azok felé megosztott információk kezelésének módja is.

Szintén fontos részlet az információk megosztási kényszerének feloldása olyan szervezettel vagy fennhatósággal szemben, amelynek kényszerítő ereje egyéb esetben kötelezne az információk megosztására.

Az is részletesen meg van határozva, hogy a kritikus infrastruktúrával kapcsolatos információk meddig lehetnek a megadott határokon belül titkosak, illetve milyen feltételek mellett lehet törölni illetve meghosszabbítani azt az időintervallumot ameddig az információ megosztási korlátozások hatályban lehetnek. Ez az időintervallum alapesetben 5 évig terjedhet.

A szabályozás arra is lehetőséget biztosít, hogy bizonyos (természetesen szigorúan ellenőrzött) keretek között az esetlegesen a kritikus infrastruktúrákkal kapcsolatba hozható ügyek esetében zárt bizottsági üléseken rendkívüli eljárás keretében feloldjanak és bemutassanak kritikus jellegű információkat.

Végül pedig egy olyan információkat összefogó és megosztó központ létrehozásáról és kezeléséről is rendelkezik ez a pont, amely a fentiek alapján gondosan kiválasztott szervezetekkel és az érintett szektorok gazdasági szereplőivel megosztja az információkat. Természetesen a feladata ennek a központnak sokkal összetettebb, mint az egyszerű információ megosztás, hiszen lényegében a vészhelyzetek esetén ugyanez a rendszer segíti azok minél gyorsabb elhárítását is.

3.1.5 Engedélyezési folyamat

Az itt leírt biztonsági engedélyezési folyamat lényege, hogy meghatároz egy olyan speciális engedélyezési eljárást, amely elősegíti a kritikus infrastruktúra és információ védelem rugalmas kezelését. Az előző pontban meghatározott igen részletes és sok esetben hosszadalmas folyamatok egy katasztrófa kezelése közben sokszor okozhatnának fennakadásokat. Ennek kiküszöbölésére olyan speciális és rugalmas engedmények meghatározása történt meg, amelyek segítségével (és első sorban az energetikai miniszter hozzájárulásával) a megállapított szigorú szabályozások felülbíráltata felgyorsítható. Így az információ megosztás esetleges korlátozása esetén annak soron kívüli gyors kezelése elősegítheti a reagálást és a kritikus helyzetek megoldását.

A szabályozás utolsó pontjában azok az alapvető rendelkezések és ajánlások szerepelnek, amelyek a meghozott intézkedések esetén előforduló szabályszegések és nem megfelelő magatartások esetén léphetnek érvénybe. Itt lehet szó az információ megosztással kapcsolatos rendelkezések megszegéséről, de egy esetleges kritikus helyzet kezelése közben be nem tartott hatályos rendelkezésről is. Természetesen arra is kitér ez a pont, hogy a kritikusként megjelölt infrastruktúrák tulajdonosai milyen magatartások esetén számíthatnak szankciókra a szabályozásban meghatározott kötelezettségek be nem tartása esetében.

3.2 Az Európai Unió villamos kritikus infrastruktúra rendszerének áttekintése

Ebben a fejezetben az Európai Unió 2008/114/EK³³ irányelve alapján szeretném megtalálni Amerikai Egyesült Államok gyakorlataival közös pontokat és természetesen a lényeges különbségeket is.

Előljáróban azonban megállapítható az irányelv egészét nézve, hogy nem emeli ki külön az energetikai szektoron belül annyira részletes fejezetekben a villamos kritikus infrastruktúrák kezelését, mint az Amerikai Egyesült Államok ide vonatkozó szabályozása. Ellenben

³³ 2008/114/EK - védelmi fejlesztéseinek szükségességéről szóló tanácsi irányelv

meghatározott kritikus ágazatokat definiál, amelyek egészére vonatkozó szabályozásokat állapít meg az irányelv segítségével.

Ezen az EU szempontjából kritikus infrastruktúra ágazatok a következők:

I. Energia szektorok:

- Villamos energia (termelés, továbbítás, stb.)
- Gáz (termelés, finomítás, feldolgozás, vezetéken szállítás stb.)
- Olaj (termelés, finomítás, feldolgozás, vezetéken szállítás stb.)

II. Közlekedési szektorok:

- Közúti közlekedés
- Vasúti közlekedés
- Légi közlekedés
- Vizi közlekedés

3.2.1 Az irányelv elemeinek összefoglalása

A szabályozás bevezető részében egy olyan 21 pontból álló összefoglaló található, amelynek első négy része képet ad a korábbi intézkedésekről, amelyek elfogadása és alkalmazásának bevezetése megalapozta a tárgyalt irányelv kidolgozását és alkalmazásának megfelelő módszereit. Innen fontos kiemelni a kritikus infrastruktúrák védelmére vonatkozó európai programot (továbbiakban EPCIP³⁴).

A következő (5.) pontban kimondásra kerül, hogy az irányelv alapján az ECI³⁵ kijelölése a felsorolt ágazatokban elsődleges fontosságú és egyúttal megállapításra kerül, hogy első sorban az energia és közlekedési ágazatra összpontosít a szabályozás. Viszont egyúttal felvázolja annak a lehetőségét is, hogy ez a kritikus ágazat csoport esetleg továbbiakkal bővíthető. Példaként az tájékoztatási és kommunikációs technológiák ágazatait említi.

³⁴ EPCIP - Európai Kritikus Infrastruktúra Védelmi Program

³⁵ ECI - európai kritikus infrastruktúrák

A 6. pont kimondja, hogy az egyes tagállamok mindenkor infrastrukturális birtokosai és üzemeltetői azok, akik a védelmi képességek kiépítéséért kizárólagosan felelnek az ECI-k esetében.

A 7. pont kiemeli annak a lehetőségét, hogy az ECI-k zavara vagy esetleges megsemmisülése akár az Európai Unió több tagállamában is komoly gondokat okozhat egy időben. Illetve felhívja a figyelmet esetleges katasztrófák ágazatokon átívelő negatív hatásaira is. Éppen ezért kiemelésre kerül a tagállamok és ágazatok közötti minél hatékonyabb együttműködés fontossága. De ezzel egy időben a megosztott ismeretek megfelelő biztonsági szintű kezelése is. Hasonlóan az Amerikai Egyesült Államok szabályozásokhoz, a 8. pont kitér arra is, hogy az ágazati sajátosságokat is figyelembe kell venni az ECI meghatározások esetében. Illetve külön kitér arra, hogy a kritikus szektorokban jelen lévő magán szektornak a lehető legnagyobb mértékben kell részt venni a megelőzésben és az esetleges katasztrófák után megkezdődő helyreállítási munkálatokban is.

A 9. pont bizonyos szempontból nézve egyesíti az energia szektorban megtalálható hagyományosabbnak tekinthető villamos termelési és energia továbbítási módszerek megítélését és kezelését, illetve az atomerőművek ide vonatkozó energia továbbítási rendszereinek kezelését. Ez azonban nem vonatkozik a kimondottan az atomenergia iparban használt nukleáris elemekre, amelyek a jogszabályok szerint is másként kezelt csoportba tartoznak.

A 10. pont értelmében a már meglévő állami szintű intézkedéseket integrálni kell az EU által megadott irányelvek csoportjába és az adott esetben az esetleges ebből adódó ellentmondásokat ki kell küszöbölni.

A 11. pont irányelvet fogalmaz meg az üzemeltetői biztonsági tervről (továbbiakban Operator SecurityPlan -OSP). Ennek lényege, hogy minden ECI kijelölésénél szükség van egy olyan tervre, amely összefoglalja a lehetséges és szükséges intézkedéseket. Azonban az adott ECI esetében azt is figyelembe kell venni, hogy rendelkezik e korábban már megállapított egyenértékű intézkedés tervvel. Ha létezik ilyen, akkor azt megfelelő módon integrálni kell az újonnan létrehozott OSP alapszabályozásokba.

A 12. és 13. pont annak fontosságát hangsúlyozza, hogy a jól működő kritikus infrastruktúra védelem érdekében szükséges és olyan összekötőnek tekinthető felelős személy kijelölése, akinek a feladata szerint a nemzetközi hatóságok és az adott állam között kell segíteni az együttműködést. Ezen személy kijelölésénél ugyancsak fontos a rendelkezésre álló személyi állományok felmérése az infrastruktúrák tulajdonosainál és üzemeltetőinél.

Az ezt követő pontok elsősorban a megfelelő együttműködést és az információk megosztásának fontosságát, egyben ezek kezelésének módját is meghatározzák. A 14. pont felhívja a figyelmet az Európai Unió államain átívelő kritikus rendszerekkel kapcsolatos információk megosztásának fontosságára és az ezek segítségével meghozható közös szabályozásokra (15. pont).

Megállapításra kerül (16. pont), hogy minden olyan információ és tapasztalat megosztása kötelező az ECI-k tulajdonosok és üzemeltetők valamint az érintett tagállam között, amely szükséges a védelmi rendszerek és gyakorlatok kiépítéséhez.

Szintén itt (17. pont) kerül említésre az ECIPC,³⁶ amely lényegében egy olyan bizottság fenntartását jelenti, amelyet tagállami szinten kell létrehozni és ennek megléte szükséges a tagállamok közötti koordináció megvalósításához.

Az utolsó pontok lényegében az információ megosztás biztonsági kérdéseire fókuszálnak. Többek között megállapításra kerülnek azok a szükséges elvek, amelyek segítségével a kapcsolódó információk bizonyos szintű besorolása (titkosítása) lehetségessé válhat. Természetesen szükséges olyan besorolásokat és biztonsági elveket meghatározni, amelyek úgy szolgálják az információk megosztásának biztonságát, hogy közben nem sértik a tagállamok alapjogait az Európai Unió keretein belül. A szabályozás a továbbiakban az eddigi pontokban említett fókuszpontok részletezésével foglalkozik.

³⁶ ECIPC - European Critical Infrastructure Protection Contact

3.2.2 ECI-k meghatározása

Itt kifejtésre kerülnek azok a fázisok, amelyek segítségével beazonosíthatók azok az ECI-k, amelyek megfelelnek a horizontális és ágazati feltételeknek.

Első fázis:

Ennek során az adott tagállamok a különféle ágazati feltétel segítségével igyekeznek kiválasztani a kritikusnak tekinthető infrastruktúrákat.

Második fázis:

A következő fázisban a korábban kiválasztott ECI-k esetében alkalmazásra kerül a már korábban megállapított fogalom meghatározás. Ha olyan ECI-ről van szó, amely valamilyen kritikus szolgáltatást is nyújt, akkor alternatívakeresésre és a várható zavar helyreállítási idejének vizsgálatára is szükség lehet.

A fontosság megállapítása egyrészt az azonosítás nemzetileg megállapított módszereivel, illetve az úgynevezett horizontális feltételek vizsgálatával lehetséges, amelyek az alábbiak lehetnek:

- veszteséggel kapcsolatos feltétel (becsült sebesülési és halálozási arányok)
- a gazdasági hatásokra vonatkozó feltétel (gazdasági veszteségek és környezeti hatások)
- a társadalmi hatásokra vonatkozó feltétel (közbizalom hiánya, napi életvitel és rend felbomlása, illetve az alapvető szolgáltatások hiánya)

Harmadik fázis:

Az első két pont alapján megfelelőnek tekinthető ECI-k esetében olyan további vizsgálatot alkalmaznak az egyes tagállamok, melyek már részletesebb fogalom meghatározások mentén vizsgálják azokat.

Negyedik fázis:

Ebben az utolsó fázisban már mindenképpen létrejön a horizontális feltételekkel történő összehasonlítás és kiválasztás. Lényegében az itt vizsgált ECI-k közül, amelyek nem teljesítik a feltételeket nem is tekinthetők ECI-nek.

3.2.3 Az ECI-k kijelölése

A meghatározás lépései után a kijelölés folyamata ugyancsak több lépcsőben zajlik le.

A már meghatározott ECI esetében minden szükséges információ amely a beazonosításhoz szükséges lehet, megosztásra kerül minden olyan tagállammal, amelyre az újonnan kijelölendő ECI hatást fejthet ki.

A tagállam, amelynek a területén fekszik a potenciális ECI köteles tárgyalások útján minden információt megosztani az érintett egyéb államokkal. Ezek a tárgyalások egy központilag kijelölt bizottság közreműködésével zajlanak le, amelynek azonban nem áll rendelkezésre minden az ECI beazonosításhoz szükséges információ.

Az ECI potenciális státuszának megállapítása csak akkor véglegesíthető, ha az ECI-t birtokló állam és az egyéb érintett államok a tárgyalások során megállapodást kötnek.

Ezek után a birtokló államnak jelentési kötelezettsége van a kijelölt bizottság felé arról, hogy változott e az ECI-k száma illetve a környező államokra gyakorolt hatás mértéke. Az ECI azonosításhoz megfelelő információuk megosztása csak az ECI hatásai alá eső államok felé lehetséges.

Végül a birtokló tagállamnak az ECI minősítésről tájékoztatnia kell az adott infrastruktúra tulajdonosait és üzemeltetőit is. A tájékoztatás és az átadott információk megfelelő biztonsági védelme kritikus feltétel ebben az esetben.

3.2.4 Üzemeltetői biztonsági terv és Biztonsági összekötő tisztviselő

Az ECI meghatározás is kiválasztási folyamattal párhuzamos kell mind a biztonsági tervezeteket mind pedig a megfelelő tisztviselőket kiválasztani. Természetesen ezek esetében sem lehet figyelmen kívül hagyni az ágazati feltételeket, a meglévő szabályozásokat és pozíciókat, valamint az ECI folyamatban érintett tagállamok hasonló érdekeit.

A szabályozás utolsó pontjaiban az Amerikai Egyesült Államok előírásaihoz hasonlóan a korábbi pontokkal kapcsolatos információk kezelésével, a rendelkezések végrehajtásával és azok felülvizsgálatával kapcsolatos irányelvek részletezése található.

3.3 Összegzés

Az eddigiek alapján kijelenthető, hogy az Amerikai Egyesült Államok egy rendkívül részletes és szinte minden lényeges szempontot figyelembe vevő rendszert épített ki a villamos kritikus infrastruktúra kezelésére. Ennek megvalósításában jelentős előnyt jelentett az ország egyes tagállamainak rugalmas együttműködése és így a nemzeti szintű szabályozások gördülékenyebb megvalósíthatósága.

Az Európai Unió szabályozás jelentős hasonlóságokat mutat az Amerikai Egyesült Államok ide vonatkozó rendelkezéseivel. Sok szempontot figyelembe vesz az ECI-k kiválasztásánál és az azokkal kapcsolatos feltételek megválasztásánál. Természetesen itt is akadályt jelent a rendszer felépítésében és szabályozások meghatározásában az Amerikai Egyesült Államok tagállamaival szemben kevésbé rugalmas és egységes berendezkedés. Az egyes országokra jellemző folyamat béli sajátosságok nem mindig segítik elő a kiválasztási és rangsorolási folyamatokat.

Ugyancsak jogos kritika fogalmazható meg az Európai Unió irányában azért is, mivel hiányoznak a jól elkülöníthető ágazatokra vonatkozó eltérő szabályozások és azok részletesebb kidolgozása. Ellentétben az Amerikai Egyesült Államok szabályozásával, nincsenek kimondottan a villamos kritikus infrastruktúrákra alkalmazandó kitételek. Illetve annak a részletezése is hiányzik, hogy milyen események esetén kell az ECI-k sérülésével vagy az azok által megvalósított szolgáltatások kiesésével kiemelten foglalkozni. Ebből a szempontból még jelentős lemaradás tapasztalható az Európai Unió szabályozásokban.

4 MOBIL BÁZISÁLLOMÁS „BLACK OUT” ALATTI MEGTÁPLÁLÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

4.1 Bevezetés

A kritikus infrastruktúrákkal kapcsolatos elméleti alapok és a különböző országok valamint régiók eltérő gyakorlatainak áttekintése, illetve a villamos kritikus infrastruktúrák különösen fontos szerepének vizsgálata alapján a diplomamunkám második felében igyekszem egy olyan feladat megvalósítását bemutatni, amely kapcsolódik a villamos és a kommunikációs kritikus infrastruktúrákhoz valamint az azokat fenyegető veszélyek egyikéhez is. Ennek megfelelően egy olyan gyakorlatban is megvalósítható rendszer tervezését mutatom be, amelynek vannak a villamos és a kommunikációs kritikus infrastruktúrához is kapcsolható elemei. Illetve egy olyan nem normál üzemnek tekinthető állapot vészhelyzeti kezelésére keresek megoldást, amelynek gyors és hatékony kivédése minden kritikus infrastruktúra esetében rendkívül fontos lehet.

Ennek megfelelően egy akár a gyakorlatban is megvalósítható energia ellátó rendszer megtervezésén keresztül szeretném bemutatni, hogy egy esetleges hálózati üzemzavar vagyis black out esetében milyen módon és hatékonysággal lehet ellátni egy mobil bázisállomást energiával egy vészhelyzeti napelemeken alapuló energia ellátó rendszer segítségével.

A black out esemény lényegében a villamosenergia rendszer teljes vagy részleges összeomlását jelenti. Erre több súlyos példa is adódott az utóbbi évtizedekben. Gyakran kisebb gondként jelentkezik, amely végül akár a rendszer teljes leállítását is okozhatja. Jellemző tulajdonsága, hogy akár országhatárokon átívelő gondként is jelentkezhetsz. Másik fontos jellemzője, hogy az olyan egyéb rendszerek leállítását is okozhatja, mint a kommunikáció, amely magának a black out eseménynek az elhárítási idejét is jelentősen megnövelheti. Éppen ezért lehet hasznos a kritikusnak tekinthető kommunikációs tornyok vészhelyzeti energia ellátása ilyen esetekben.

Egy BTS³⁷ helyi hálózattól független energia ellátásának lehetősége nem első sorban az általam felvázolt vészhelyzeti eshetőségek miatt kezdett elterjedni már évekkel ezelőtt. Az ilyen

³⁷ BTS - mobil bázisállomás

táplálású BTS-ek telepítése elsősorban az elmaradottabb és/vagy ritkán lakott országok esetében merült fel, mint lehetséges megoldás.

Különbséget jelent ezekben az esetekben, hogy nagyon sok ilyen megoldás telepítési helyén nem is áll rendelkezésre semmilyen vezetékes hálózat, amely biztosíthatná a szükséges energia ellátást. Éppen ezért ilyenkor lényegében a hálózat teljes kiváltása a cél és az esetleges állandó ellátást biztosító rendszerek (esetünkben napelemek) meghibásodása esetén kiegészítő energiaforrást, jellemzően dízelmotoros generátorokat vagy ritkább esetben más megújuló energiaforrást alkalmaznak.

Viszont az általam választott BTS esetében egy egyébként hagyományos módon is ellátható rendszerből indultam ki, amelynél nem a folyamatos önfenntartó működés a cél, hanem csak olyan remélhetőleg rövid idejű időperiódusok áthidalása, amikor a közvetlen csatlakozású hálózat üzemzavara miatt a lehető legmagasabb szinten fent kell tartani a szolgáltatáshoz szükséges energia ellátást.

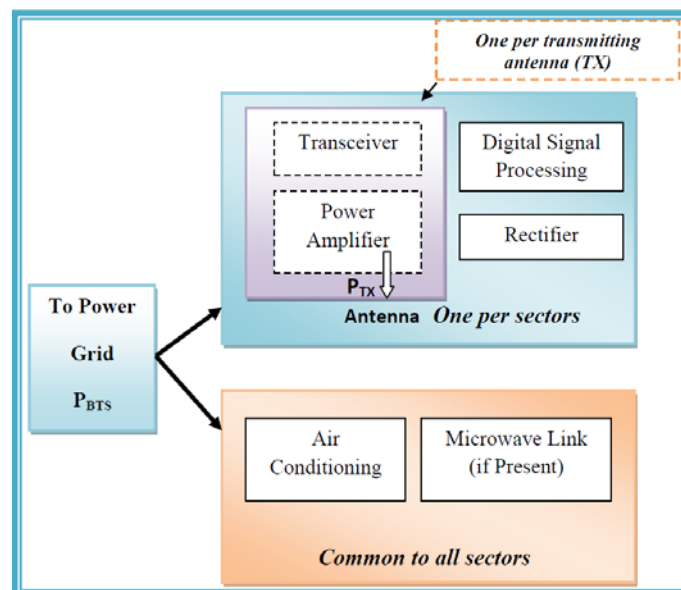
Elsőként egy valódi bázisállomáson mért adatok segítségével fogom meghatározni, hogy normál esetben illetve egy előre kalkulált üzemzavar esetében milyen mobil adatmennyiségekkel és szükséges energia igényekkel kell számolnom. Ezen belül az is meghatározásra kerül, hogy a mért fogyasztási adatok alapján milyen mobiltechnológiával érdemes számolnom az üzemzavar esetén szükséges betáplálási idő alatt.

Ezután a rendszer ellátásához tervezett napelemes megoldás alapvető összetevőit ismertetem, illetve a szükséges fogyasztási és egyéb tényezők számításával kapcsolatos összefüggésekkel is foglalkozom. A rendszerhez és a tervezett igénybevételhez legmegfelelőbb panelstruktúra kiválasztása illetve a legmegfelelőbb mobil technológia kiválasztása után elvégzem a napelemes rendszer méretezését.

Utolsó lépésként a kalkulált üzemzavar esetén a sziget üzem miatt elengedhetetlen ideiglenes energiátároló rendszer elemeinek ismertetésével majd méretezésével zárom le a munkát.

4.2 Mobil bázisállomás felépítése

A BTS³⁸ feladata hogy az adott hálózat és a hálózatot használni szándékozó felhasználók között kapcsolatot biztosítson. A BTS alapvető funkciói és felépítése az alkalmazott vezeték nélküli technológiáktól függetlenül egységes képet mutat. Egy BTS a műszaki felépítés szerint alapvetően az alábbi rendszer elemekből épülhet fel [19]:



4-1. ábra Egy tipikus BTS blokk vázlata [19]

(TRX)³⁹

Feladata a jelek fogadása és továbbítása, vagyis a kapcsolat biztosítása a magasabb és alacsonyabb hálózati entitások között.

(PA)⁴⁰

Feladata a TRX jelének erősítése az antennákon keresztül történő jeltovábbításhoz

Combiner⁴¹

³⁸ BTS - mobil bázisállomás

³⁹ TRX – adó-vevő

⁴⁰ PA - erősítő

⁴¹ Combiner – jelegyesítő

Feladata szerint lehetőséget biztosít több TRX jelének egyesítésére. Így ezek a kombinált jelek akár egyetlen közös antennán keresztül is továbbíthatók.

MUX⁴²

Feladata az antennákon keresztül érkező jelek fogadása és küldése valamint szétválasztása.

Antenna

A BTS gerincét jelentő szerkezet, amely hordozza a megfelelő számú TRX-et és a BTS többi elemét is magában foglalja.

Vezérlésért felelős modul

Az egyéb alapvető részegységek vezérléséhez és állapotfigyeléséhez szükséges modul.

Egyéb

Ide sorolható a légkondicionáló vagy a BTS megvilágításához szükséges eszközök.

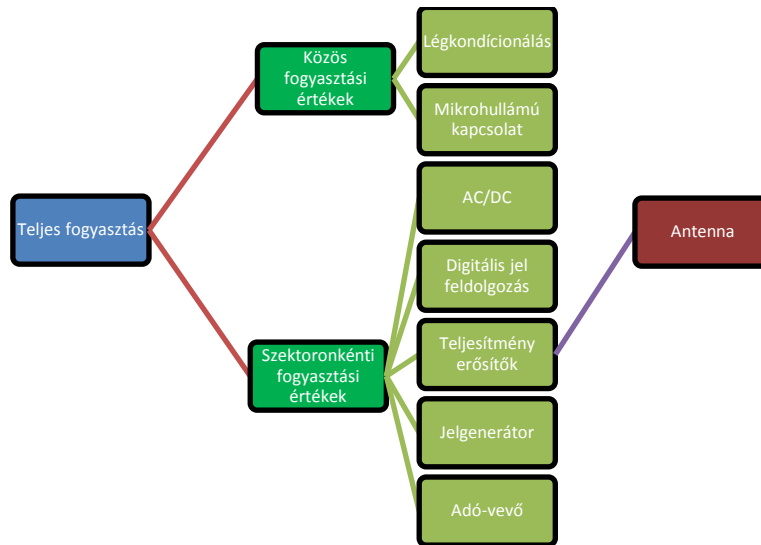
A fenti rendszer elemek nagy része esetében a fogyasztási adatok természetesen nem állandók.

4.3 A BTS fogyasztói és a befolyásoló tényezők

A BTS⁴³ korábban tárgyalt elemei fogyasztási szempontból vizsgálva két jól elkülöníthető csoportra bonthatók. Az egyik csoportba tartoznak a rádiófrekvenciás berendezések, mint például az erősítők és adó-vevő eszközök. A másik csoportot az úgynevezett támogató eszközök alkotják. Ilyenek például az AC-DC energia átalakítók, analóg és digitális jelfeldolgozók és légkondicionálók.

⁴² MUX - multiplexer

⁴³ BTS - mobil bázisállomás



4-2. ábra A BTS fogyasztási adatainak eloszlása

A legjelentősebb fogyasztónak minden esetben az erősítők számítanak, amelyek a teljes fogyasztásnak akár a 65%-át is igényelhetik. A teljesítmény kiszámításához tehát minden olyan részegység adatai is hozzáadódnak, melyek elengedhetetlenek az állomás üzemszerű működéséhez.

$$\sum P = \sum_a^b P_{ma} + \sum_c^d P_{kr} + \sum_e^f P_{vt} + \left(\sum_g^h f_{szsz} \times \sum_i^j P_{esz} \right)$$

ahol

$$\sum_a^b P_{ma} = \text{összesített teljesítmény a mikrohullámú adásra vonatkoztatva}$$

$$\sum_c^d P_{kr} = \text{összesített teljesítmény a klímarendszerre vonatkoztatva}$$

$$\sum_e^f P_{vt} = \text{a világítástechnikai rendszer összesített fogyasztása}$$

$$\sum_g^h f_{szsz} = \text{üzemeltetett szektorok száma}$$

illetve

$$\sum_i^j P_{esz} = P_{dj} + \sum_k^l g_{ant} \times (P_{erősítő} + P_{adó}) + P_{táp}$$

ahol

P_{dj} = a digitális jelfeldolgozó teljesítménye

$\sum_k^l g_{as}$ = a rendszer antennáinak és sugárzóinak összesített teljesítménye

P_{er} = a jelerősítő rendszerének teljes névleges teljesítménye

P_{at} = az állomásösszesített adásteljesítménye

P_{te} = a rendszer eszközöket ellátó tápegységek teljesítménye

A képletek alapján jól látható, hogy a BTS-en található antennák száma és azok mobil generációk szerinti eloszlása jelentősen befolyásolja az eszközök teljesítmény igényét. A korai mobil generációk fogyasztása jelentősen kevesebb, mint a 3G, 4G. Természetesen ennek az az ára, hogy adatátviteli sebességük csak töredéke a modernebb generációknál elérhetőnek.

A további eszközök számára a szektorok mennyisége nem befolyásoló tényező. Ennek alapján vannak olyan teljesítmény értékek a fenti képletekben, amelyek konstansként megállapíthatók.

Teljesítmény jelleg	Névleges teljesítmény
$\sum_a^b P_{ma}$	95W
$\sum_e^f P_{vt}$	75W
$\sum_c^d P_{kr}$	1100W

4-1. táblázat Jellemző teljesítmény konstansok

4.3.1 Fogyasztást befolyásoló tényezők

A BTS⁴⁴ fogyasztására több olyan tényező is kihatással van, amelyeket fontos figyelembe venni. Ilyen lehet a hőmérséklet a BTS környezetében vagy a forgalmi terhelés, amelyet adott esetben kezelnie kell. De az is kritikus lehet, hogy milyen fogyasztású mobil technológiákat találhatunk az adott BTS-en.

Dolgozatom esetében a környezeti hőmérséklettel, mint kritikus tényezővel nem kívánok részletekbe menően foglalkozni. Mivel a vizsgált BTS nem szélsőséges hőmérséklet eltéréseket mutató környezetben működik. Viszont az állomás berendezései által termelt hőmennyiség miatt szükséges hűtőrendszer figyelembevétele elkerülhetetlen.

Vizsgálatom kiterjed a BTS által kezelt adatforgalom terhelési értékeire és arra, hogy mely mobil szabványok azok, amelyek egy adott energia tárolási kapacitás segítségével a legtovább működtethetők egy vészhelyzet esetén a helyi vezetések hálózata elérése nélkül.

A mobil kommunikációs rendszer esetében több tényező is szerepet játszik abban, hogy a rendszert alkotó elemek mekkora áramfelvételt igényelnek, vagyis milyen teljesítmény igény léphet fel részükről. Ilyenek lehetnek többek között például a csatlakozott felhasználók száma, a kódolás típusa, az alkalmazott mobil generáció, vagy a hozzáférési technológia típusa is.

A különféle mobil generációk más és más kiépítés szerint alkalmazva jelentősen eltérő fogyasztási adatokat szolgáltatnak. A lenti táblázat egyátlagosnak mondható BTS konfiguráció jellemző tulajdonságait mutatja be.

⁴⁴ BTS - mobil bázisállomás

Rendszer jellemzők	GSM 900	GSM 1800	UMTS	HSPA	LTE
Gyártási év	2002	2009	2010	2010	2014
Szektorokra vonatkoztatott kimeneti teljesítmény	50W	25W	25W	20W	20W
Átlagos rendszer fogyasztás	7,5kW			3,72kW	3,77kW
Antenna szám szektoronként	2	1	1	2	2
Adóvevők	18	12	3	7	7
Frekvenciasáv	900MHz	1800MHz	2100MHz	2100MHz	2600MHz
Szektoron belüli antenna eloszlás	7/7/4	4/4/4	1/1/1	1/2/4	1/2/4

4-2. táblázat A BTS jellemző paraméterei [20]

A táblázat jól mutatja, hogy az idősebb technológiák, mint a 2G és a 3G együttes fogyasztási igényei feleltethetők meg az újabb technológiák különálló igényeivel. Ez a továbbiakban igen fontos lesz, mivel ezen megállapítás alapján a későbbiekben tervezett rendszer vészhelyzeti működése könnyebben lesz optimalizálható. Elsősorban úgy, hogy a fejlettebb generációs mobil részegységek lekapcsolásával a napelemek által termelt és akkumulátorokban tárolt energia hatékonyabban és hosszabb ideig lesz képes ellátni a BTS létfontosságú rendszereit energiával.

4.3.2 DC-AC⁴⁵ viszonyok és mérések

A vészhelyzeti sziget üzemű működés pontos méretezéséhez külön-külön meg kell vizsgálni a napi fogyasztási adatokat illetve a mobil bázisállomás DC és AC oldali fogyasztási értékeit. A két oldal egyidejű mérése közben az AC/DC konverterek hatásfoka és a légkondicionáló fogyasztása is meghatározható.

A szinuszos oldal teljesítmény tényezőit a következő képlet határozza meg:

$$\sum P_{AC} = P_{vt} + P_{kr} + (P_{UPS} \times \eta_{UPS}) + (P_{kv} \times \eta_{kv}) + \sum P_{DC}$$

⁴⁵ DC-AC – Egyen-Váltó

AP_{kv} az AC/DC konverteren megállapítható teljesítmény, illetve annak η_{kv} hatásfoka, a P_{UPS} a szünetmentes áramforrást szolgáltató eszközön eső teljesítmény különbség, és az egyenfeszültség átalakításához szükséges η_{UPS} hatásfok különbségek, illetve a $\sum P_{DC}$ az egyenfeszültséget használó eszközök együttes teljesítmény igényének, a P_{kr} klíma rendszernek valamint a P_{vt} világítási rendszernek az összege.

$$\sum P_{DC} = (P_{MIMO} \times \eta_{MIMO}) + (P_{SISO} \times \eta_{SISO}) + (P_{AV} \times \eta_{AV}) + (P_{dj} \times \eta_{dj}) + (P_{jg} \times \eta_{jg})$$

A P_{dj} digitális jelfeldolgozó, valamint az P_{SISO} egy és több P_{MIMO} antennás rendszerek, a P_{RAV} rádió adó-vevő és a P_{jg} jelgenerátor teljesítmény igényeinek összessége azok hatásfokának tényezője mellett.

A fenti információknak megfelelően a mobil generációkra vonatkozó mérések egy 5 napos időperiódust foglalnak magukba. A GSM 900 és 1800 rendszerek, illetve az UMTS⁴⁶ hálózat mérési eredményei tisztán KWh-ban megadott eredmények. A HSPA⁴⁷ és LTE⁴⁸ esetében a felhasználóra vonatkoztatva vannak megjelenítve a teljesítmény értékek. A korai generációk mérési adatai egy teljes nyári hétvégét is magában foglaló 5 napos periódusban kerültek rögzítésre.

⁴⁶ UMTS - Universal Mobile Telecommunications System

⁴⁷ HSPA - High Speed Packet Access

⁴⁸ LTE - Long Term Evolution

DC Fogyasztási viszonyok (KWh)	Mobil generáció						
	GSM 900 (I.)	GSM 900 (II.)	GSM 1800	UMTS	HSPA	LTE	SZUM
Péntek	9,48	9,24	18,92	7,98	19,41	21,06	86,09
Szombat	15,15	14,61	33,02	13,53	38,59	39,27	154,17
Vasárnap	14,79	14,32	35,59	13,46	38,1	38,51	154,77
Hétfő	16,56	15,69	38,08	13,59	41,03	41,58	166,53
Kedd	7,81	7,48	15,51	6,94	17,01	17,34	72,09

4-3. táblázat DC fogyasztási viszonyok összegzése [20]

A mérési eredmények jól mutatják, hogy a HSPA és az LTE alrendszerek fogyasztás szempontból mindig az első helyen szerepelnek a teljes 5 napos periódust figyelembe véve. A napi eredmények jól mutatják, hogy egy nagyjából 180-200 KWh teljesítményű napelemes rendszer elégséges lehet a teljes bázisállomást táplálni egy vészhelyzeti szigetüzem életbelépése esetében akár egy teljes napon keresztül is.

A még pontosabb fogyasztási bázis meghatározásához szükség van az AC oldali vizsgálatra is, amely a különféle létfontosságú eszközök üzemben tartásáért felelős. A hálózat ezen része háromfázisú, amelyben az eloszlások a következő táblázatban láthatóak szerint alakulnak

AC Napi Fogyasztási viszonyok (KW)	L1 fázis (átlagos)	L2 fázis (átlagos)	L3 fázis (átlagos)	Napi felhasználás (KWh)
Csütörtök	6,88	4,37	4,37	182,63
Péntek	7,2	4,83	4,78	349,24
Szombat	6,58	4,58	4,6	338,95
Vasárnap	7,06	4,76	4,79	361,91
Hétfő	5,36	3,78	3,76	131,97

4-4. táblázat AC fogyasztási viszonyok összegzése [20]

A fentiek alapján megállapítható, hogy a BTS szempontjából legforgalmasabb napon is elegendő egy olyan napelem rendszer illesztése amely (a legkisebb teljesítmény tartalékot is beleszámítva) képes 380kWh termelésére. Az első fázis viszonylag magasabb értékeiben szerepet játszanak légkondicionálás miatt fellépő teljesítmény igények. Mivel a mérések meleg nyári napokon történtek így a működésből és a külső hőmérsékletből adódóan jelentős mértékű plusz hő kompenzálása okozta ezt az igényt. A mérés során az alábbi hőmérséklet viszonyok voltak mérhetők:

Hőmérséklet	Csütörtök	Péntek	Szombat	Vasárnap	Hétfő
Minimum (°C)	27.7	25,5	24.7	24,5	26.7
Maximum (°C)	33,2	32,9	31,1	33.7	32,1
Átlag (°C)	30,45	29,2	27,9	29,1	29,4

4-5. táblázat A mérés közben jellemző hőmérséklet értékek[20]

4.4 A megfelelő félvezető technológia kiválasztása

A rendszer ellátásához két legjellemzőbb megújuló energiaforma közül a napenergiát, vagyis egyúttal a napelemes rendszer használatát választottam. Elsősorban azért mert véleményem szerint megvalósítása egyszerűbb (kevésbé bonyolult felépítése miatt) és a várható energia hozam meghatározása is pontosabb lehet, mint a szélenergia esetében, amelynél a szélirány és erősség sokkal bonyolultabb tényezőként jelentkezik, mint a napenergia esetében a napsugárzás.

Az előző fejezetben megállapított 380 KWh igényű BTS ellátásához a továbbiakban egy konkrét napelemeken alapuló rendszer megtervezését tűztem ki célul. A szükséges teljesítmény mellett két fontos szempont figyelembevételével számolok. Az egyik, hogy a rendszer nem közvetlenül és állandóan látja el energiával a BTS-t egy vészhelyzet esetében, hanem közvetve munka akkumulátorokon keresztül. A másik, hogy az energia fenntartásának idejét a teljes BTS esetében kizárólag 24h-ra méretezem. Ennek megnövelése opcionálisan lehetséges lesz egyes

nem létfontosságú alrendszerek és jobban fogyasztó mobil adók kikapcsolásával a vészhelyzet idejére.

A rendszert a következő konstansok megadásával jellemezhetem:

Konstans jellege	Konstans értéke
Légkör tisztasági tényezője	AM = 1,5
Maximális közvetlen sugárzás	Eds=1000W/m ²
1kW csúcsteljesítményre vonatkoztatott hazai éves várható hozam	Wec = 1000 - 1300kWh/(kWp×a)
Napelem modulok optimális hőmérséklete	25°C
Szilícium napelem hatásfoka	η _{szn} = 13% – 20%
Vékony film napelem hatásfoka	η _{vn} = 7% – 13%

4-6. táblázat Rendszer jellemző konstans értékek

A teljesítmény egyensúly figyelembevételével a következő hatásfok tényező írható fel:

$$\eta_{ht} = \frac{P_{max}}{P_{op}} = \frac{P_{max}}{E_{ds} \times A}$$

Ahol az η_{ht} a napelem modulok hatásfoka, a P_{max} a rendszerből kivehető maximális teljesítmény értéke, míg a P_{op} az optimálisan kivehető teljesítmény értéke. Ezek alapján felírható az egyenlet másik oldala, ami a $P_{op} = E_{ds} \times A$ -val teszi egyenlővé, ebben az esetben az E_{ds} a már korábban említett földfelszín ért közvetlen sugárzás adott felületre vetített mértéke, az A pedig azt a felület nagyság, amely az adott napelem típusból szükséges.

A két eltérő hatásfokkal rendelkező napelem modul közül először a szilícium félvezetőn alapulót vizsgálom. A korábbi egyenlet rendezése után meghatározható a napelemes rendszerhez szükséges felület nagysága:

$$A_{szn} = \frac{P_{max}}{\eta_{ht}} \times \frac{1}{E_{ds}} = \frac{\sim 16KW}{0,165} \times \frac{1}{1000 \frac{W}{m^2}} = 96,96m^2 \approx 100m^2$$

ahol

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

és

$$P_{max} = \frac{W_{max}}{t} = \frac{380KWh}{24h} = 15,83KW \approx 16KW$$

Vagyis a szilícium félvezetőn alapuló napelemes rendszerhez szükséges felület 100m². A számítás a modul hatásfok középértékének figyelembevételével történt, olyan módon, hogy a P_{max} maximális teljesítményt a rendszerhez egy napi működéséhez szükséges elektromos munkából számoltam, ami megközelítőleg 16KW teljesítmény.

A vékony film technológiával számolva a számítás a következő képpen változik:

$$A_{vn} = \frac{P_{max}}{\eta_{ht}} \times \frac{1}{E_{ds}} = \frac{\sim 16KW}{0,1} \times \frac{1}{1000 \frac{W}{m^2}} = 160m^2$$

ahol

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

A fentiekből látható, hogy a szilícium alapú napelemes rendszert használva jóval kisebb felület is elégséges lehet a feladat megoldásához. Ennek megfelelően a továbbiakban a vékony film technológiával nem számolok.

4.5 A napelemes rendszer méretezése és optimalizálása

Az eddigiek alapján meghatározott napelemes rendszer éves energia hozamnak kiszámítása a következő lépés. Ha ideális besugárzási értékkel számolunk, akkor az alábbi éves adat határozható meg:

$$W_{\acute{e}h} = P_{max} \times w_{\acute{e}h} = 16KW \times 1150 \frac{KWh}{KWp \times a} = 18400KWh/$$

ahol

$$w_{\acute{e}h} = A_{\acute{e}h}(a_1; \dots; a_n) = \frac{a_1 + \dots + a_n}{n} = 1150 \frac{KWh}{KWp \times a}$$

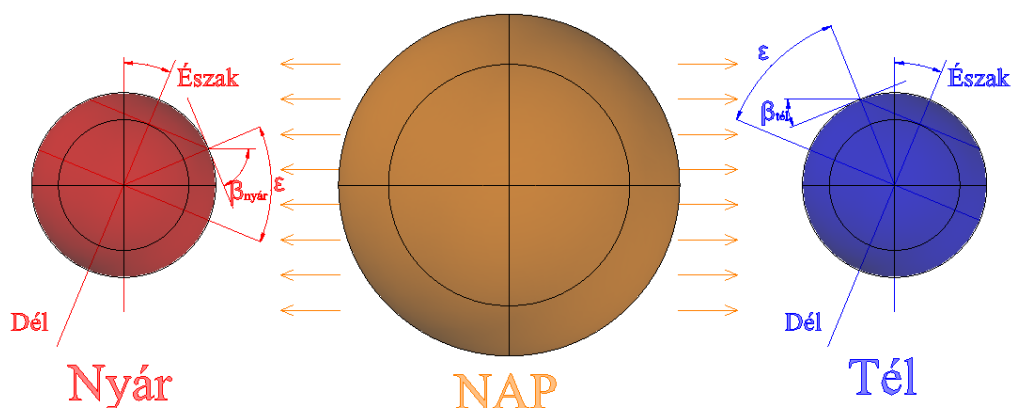
Azonban ennek az ideálisnak mondható értéknek az eléréséhez a napelemek olyan beállítása szükséges, amely gyakorlatilag minden pillanatban optimálisnak tekinthető. Vagyis a napelem cellák a lehető legtovább a legnagyobb besugárzási értéket tudják hasznosítani. Ennek eléréséhez két fontos dolog szükséges. Egyrészt a panelek optimális dőlésszögének meghatározása, illetve a nap haladásának figyelembe vétele. Ezek segítségével érhető el végül a rendszer hatásfokának maximalizálása.

A bolygónk tengelye döntött, illetve folyamatos forgással a Nap körül keringést végez, így a téli-nyári időszakra külön-külön szükséges meghatározni az adott dőlésszöget. A két évszakhoz mérten meghatározható egy minimális, valamint egy maximális dőlésszög érték, a következőkben megadott összefüggések segítségével:

$$\varepsilon_{tél} = (90^\circ - 23,44^\circ) - \beta = 66,56^\circ - \beta$$

$$\varepsilon_{nyár} = (90^\circ + 23,44^\circ) - \beta = 113,44^\circ - \beta$$

A ε értéke attól függ, hogy az ekvatoriális egyenes és a rá húzott merőleges érintő mekkora (β) szöget zár be. A Föld tengelyének ferdesége télen $-23,44^\circ$, illetve nyáron $23,44^\circ$, amely a két szög értéke között változhat a nyári és téli nap-éj egyenlőség esetén.



4-3. ábra A Föld tengelyének évszakos kitérése

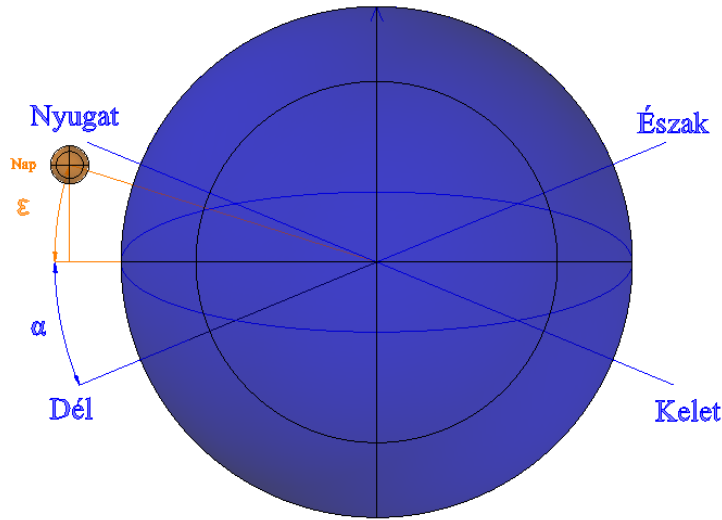
A további számításokhoz a lakhelyemhez legközelebb eső bázisállomás helyadataival számoltam, amely az északi szélesség $47^{\circ}37'54,7''$ és a keleti hosszúság $19^{\circ}34'29,3''$ -nél fekszik. Itt a Nap beesési szöge a következő értékek szerint alakul a nyári és a téli hónapokban:

$$\varepsilon_{tél} = (90^{\circ} - 23,44^{\circ}) - 47,67^{\circ} = 66,56^{\circ} - 47,37^{\circ} = 19,19^{\circ}$$

valamint

$$\varepsilon_{nyár} = (90^{\circ} + 23,44^{\circ}) - 47,67^{\circ} = 113,44^{\circ} - 47,37^{\circ} = 66,07^{\circ}$$

Az adott szélességi és hosszúsági fokokon a Nap beesési szöge a fent kiszámított maximális és minimális értékek között dinamikusan változik. A Nap haladása a bázisállomásról megfigyelhető horizonton ugyancsak fontos paraméter a tervezés során, amely számos tényező számításba vételével történik. Ennek pontosításához az idő függvényében megállapítható eleváció meghatározás szükséges.



4-4. ábra A Nap horizonton való mozgása égtájak szerint

Az idő kiszámításához a lenti összefüggést alkalmaztam:

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

Itt az UTC az egyezményes koordinált világidőt jelenti. A kiválasztott terület koordinátájából megállapítható t_{ie} időzóna eltérések szorzata adja meg az a hosszúsági fokot. Ezt az egy óra időintervallum fokba átszámított hányadosaként kell felhasználni. Az ábrának megfelelően megállapítható, hogy az óramutató járásával megegyező irány tekinthető a pozitív, vagyis a nyugati iránynak. Az ezzel ellentétes irány pedig ebből következően negatív, tehát a keleti irányítottságot adja meg. A Nap Föld körüli pályájának meghatározásához, feltétlenül szükséges megfeleltetnünk az idő értékét szögeltérésként:

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

Az égbolton a teljes haladási irány meghatározásához a fenti ábrának megfelelően a következőképpen kell a szögfüggvényeket megadni:

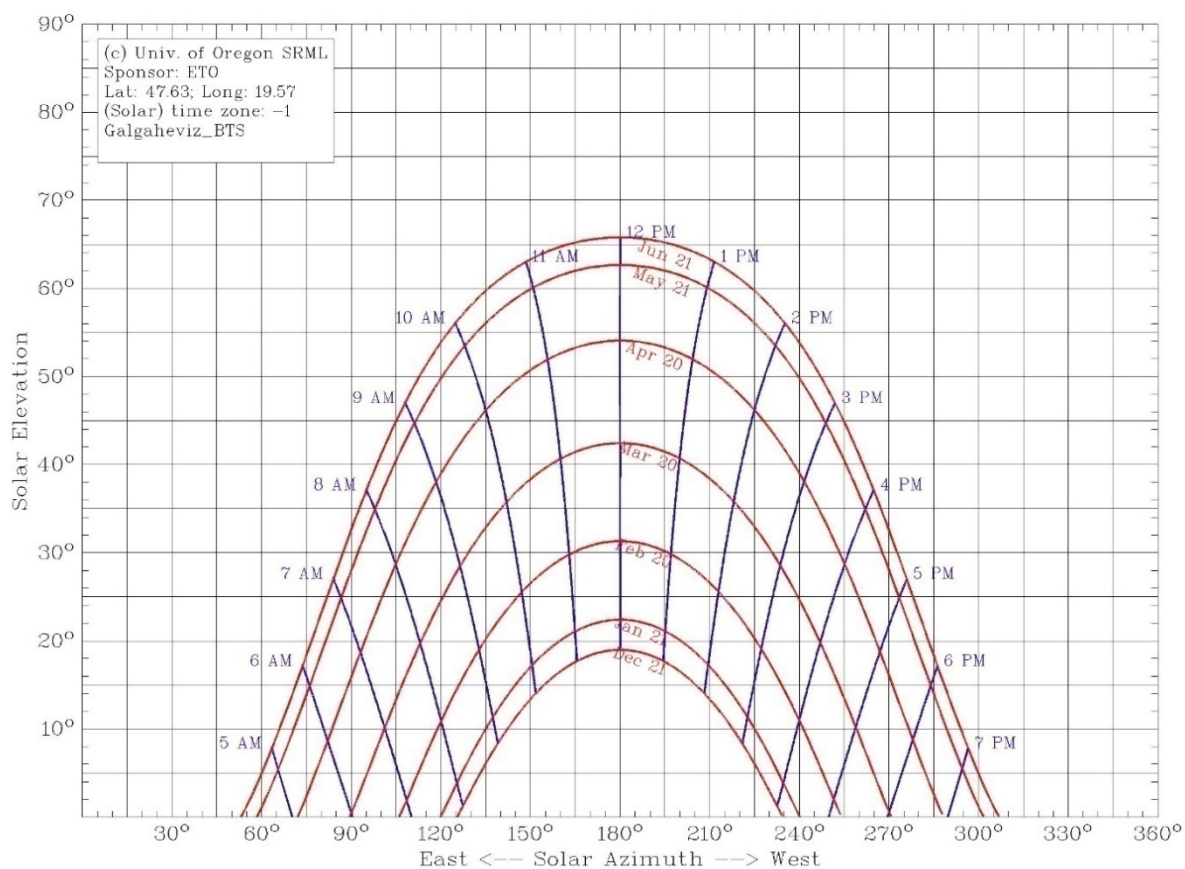
$$\sin \varepsilon = \sin \beta \times \sin \tau + \cos \beta \times \sin \tau \times \cos \Omega$$

rendezve

$$\sin \alpha = \frac{\cos \tau \times \sin \Omega}{\cos \varepsilon}$$

A $\cos \tau$ a Föld tengelyének ferdeségét jelenti. A $\sin \Omega$ a szögeltérés idő felosztás szerinti értékét definiálja. A $\cos \varepsilon$ a feladatban meghatározott hely koordinátájának szélességi fokokra vetített paraméterét írja le.

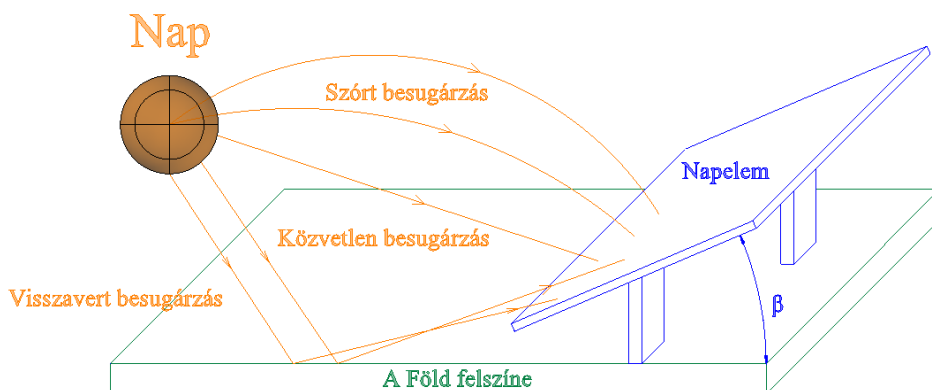
A számítást napkeltétől-napnyugtáig terjedő időintervallumban, illetve a maximális és a minimális beesési szögek figyelembevételével elvégezve a következő ábrának megfelelő a Nap haladási irányára vetíthető pályagörbék állapíthatók meg az adott koordinátára:



4-5. ábra A Nap haladási görbéje az adott koordináták felett [21]

Ugyan a fenti grafikon alapján már jelentős optimalizálás lehetséges a napelem táblák helyzetének beállításával, de a még ideálisabb pozicionálás eléréséhez lehetőség szerint azt is figyelembe kell venni, hogy a napelemeket nem csak közvetlen napsugárzás érheti. Ugyanis a

közvetlen besugárzáson felül a nap sugarainak visszaverődése a tereptárgyakról és a földfelszínről valamint a szórt fényű sugárzás is éri a napelemeket.



4-6. ábra A besugárzások felosztása

Ezek figyelembevételével az alábbi képlet állapítható meg:

$$\sum E = E_{ds} + E_{rs} + E_{szs}$$

Vagyis az eredetileg konstansként is meghatározott $E_{ds} = 1000 \text{ W/m}^2$ földfelületre érkező közvetlen sugárzás optimalizálható, mégpedig a korábban említett egyéb besugárzási források figyelembevételével. Ilyen egyéb besugárzás lehet az E_{rs} reflektív és az E_{szs} szórt sugárzás.

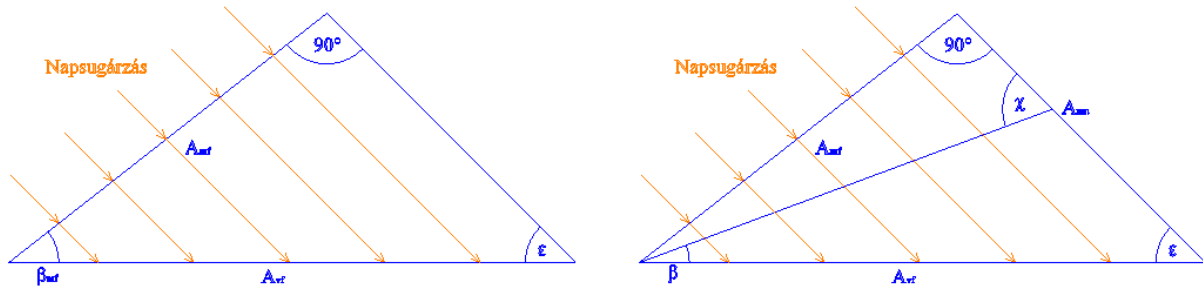
Az előző egyenlet felhasználásával és azt kiegészítve az adott felületre leadott közvetlen besugárzásból származó sugárzási teljesítményével a következő egyenlet adható meg:

$$E_{ds} = \frac{P_{opt}}{A_{vf}} = E_{ms} = \frac{P_{ost}}{A_{mf}}$$

behelyettesítve

$$\sum E = \frac{P_{ost}}{A_{vf}} + E_{rs} + E_{szs}$$

Itt a $\sum E$ a teljes napelem felületére eső sugárzás mennyisége, a P_{ost} a sugárzás teljesítménye, Az A_{vf} A_{mf} az adott felületek, ahol a napsugárzás hasznosulhat.



4-7. ábra A napsugárzásra jellemző beesési szögek

A fenti ábrán a felületre merőleges, és a közvetlen sugárzás is megfigyelhető. Az első eset tekinthető az ideálisnak mivel a nyilakkal szimbolizált napenergia koncentráltabban éri a felületet, mint a másik esetben. Ennek az oka, hogy a sugárnyalábok közelebb helyezkednek el az adott felületen egymáshoz, amit így az ábrán is jelölt β szög eltérését okozza.

Ezek alapján a következő trigonometrikus összefüggések adhatók meg:

$$A_{mf} = A_{vf} \times \sin \varepsilon; A_{mf} = \cos \beta \times A_{nm}$$

ahol

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

Átrendezve az Edir egyenletet a következő egyenlőséget kapjuk:

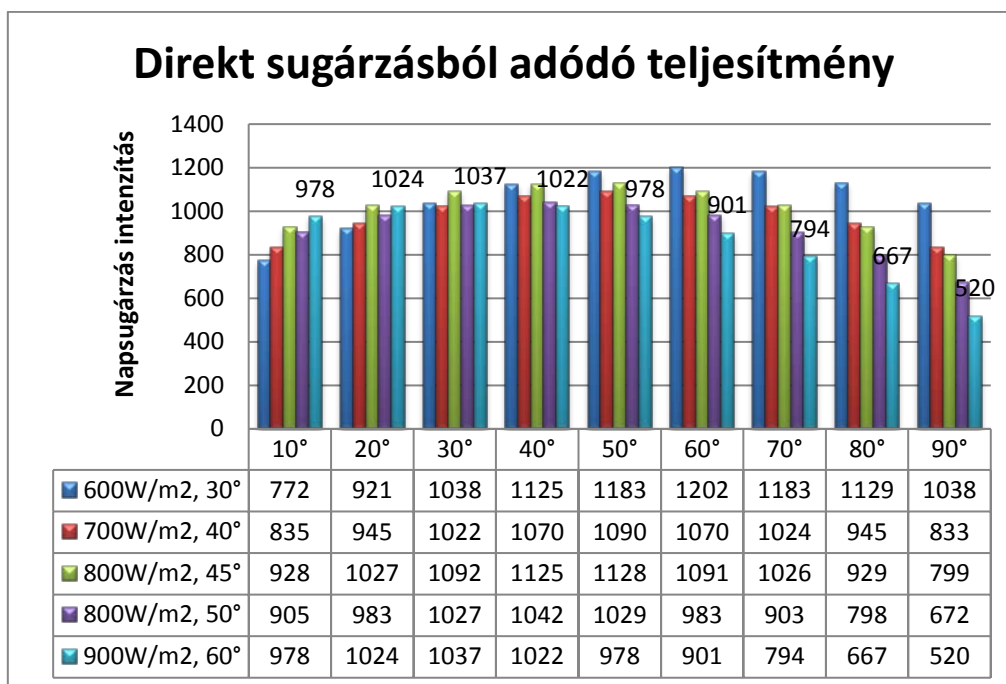
$$E_{ds} \times A_{vf} = E_{mf} \times A_{mf}$$

behelyettesítve

$$E_{dir} \times \frac{A_{mf}}{\sin \varepsilon} = E_{mf} \times \cos \beta \times A_{nm}$$

$$E_{dr} \times \frac{A_{mf}}{\sin \varepsilon} = E_{mf} \times \cos (\beta_{mf} - \beta') \times A_{nm}$$

A fenti képletekkel számolva, valamint ha a mintaként figyelembe vett napelem dőlésszögén 0° - 90° -ig 10° -os lépésenként változtatunk akkor az évszakok és a napsugárzás intenzitás változásának függvényében az alábbi ábrán összesített eredmények adódtak:



4-8. ábra Direkt napsugárzás intenzitása

Az optimálisnak mondható közvetlen sugárzási intenzitás a 800W/m^2 -es görbe 45° -os β szögeltérésénél érhető el. Ezt természetesen kiegészíti a korábban említett szórt és visszaverődő sugárzás értéke is, amelyek ugyan alacsonyabb intenzitásúak, de nem elhanyagolható a hatásuk. Viszont ezek esetében csak becsléses érték számításokra van lehetőség:

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

Ennek elsődleges oka, hogy a visszaverődés mértéke függ a felület több tulajdonságától is. Ilyen lehet az anyagminőség, szín vagy a felület szennyezettsége. Ezen tulajdonságok összevonva egy közelítéssel számolható reflektív együtthatót alkotnak.

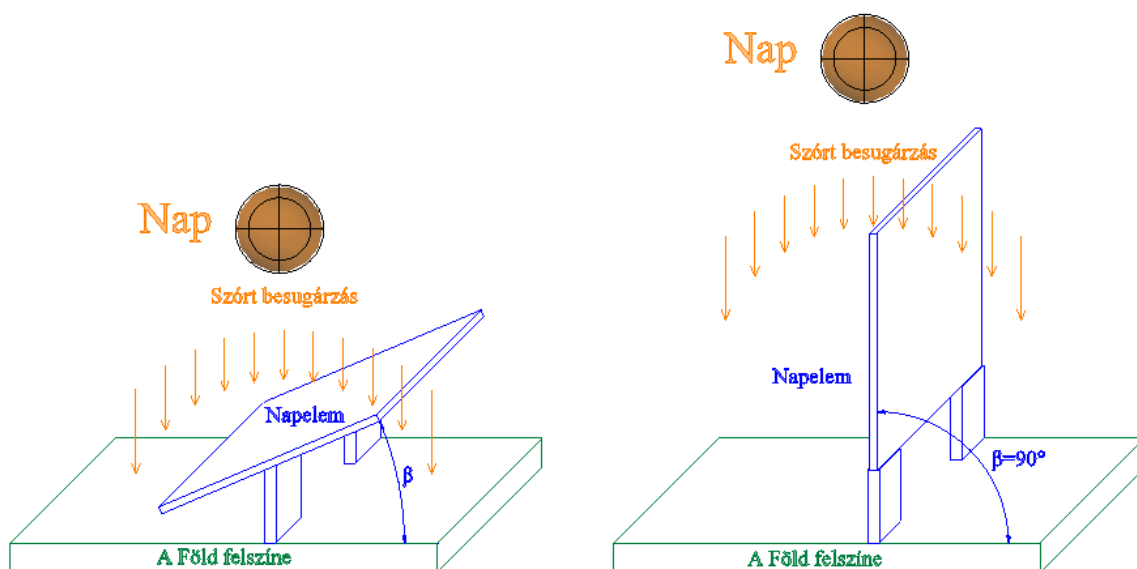
Néhány felületi minta és a róluk visszaverődő sugarak együtthatói láthatók a következő táblázatban:

Anyag	Reflektív együttható	Anyag	Reflektív együttható
Beton (szennyezett)	0,20%	Hó (friss)	0,8-0,9%
Beton (tiszt)	0,30%	Hó (régi)	0,5-0,7%
Aszfalt	0,15%	Fű	0,25%
Erdőség	0,05-0,18%	Gyep	0,2-0,23%

4-7. táblázat Jellemző anyagokra vonatkozó reflektív együtthatók [22]

Ezen számértékek esetében a közelítő számítás a következők szerint számolható:

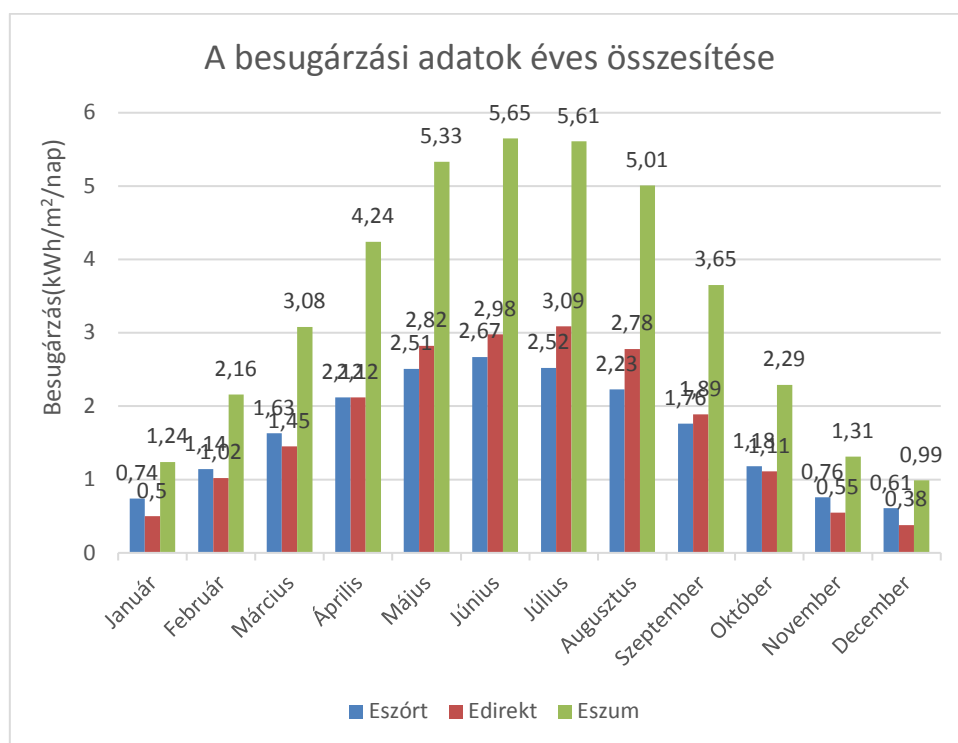
$$E_{rs} = E_{rs-vs} \times 0,5 \times (1 - \cos \beta) \times$$



4-9. ábra A szórt sugárzás és a napelem pozíció összefüggése

A besugárzási adatok ilyen módon történő becslése hosszadalmas folyamat, és az időjárás befolyásoló hatása miatt nem is feltétlenül tükrözi a valós adatokat.

Ezért olyan NASA⁴⁹ által végzett mérések eredményeit veszem alapul, amelyek több mint húsz éve tartó mérési folyamatokból tevődnek össze. A következő ábra ezen adatsorok alapján készült besugárzást mutatja egy teljes évre vonatkoztatva:

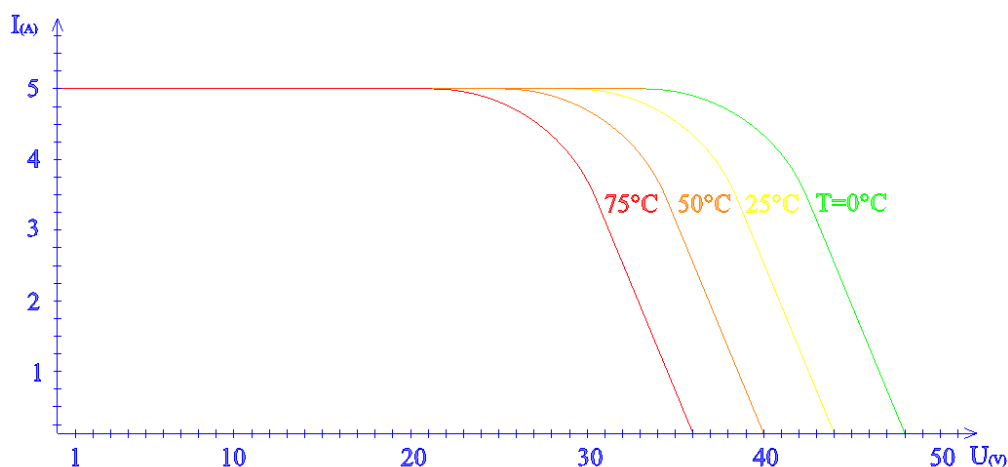


4-10. ábra: A besugárzási adatok éves összesítése

4.6 A napelemek hőmérséklet függése

Az előzőekben tett megállapítások és számítások az idealizált modellhez képest már egy valósabb rendszernek megfelelő alapot szolgáltatnak. Viszont vannak még olyan fontos változók, amelyeknek a rendszerre nem elhanyagolható hatásuk lehet. Ezért érdemes megvizsgálni a szilícium félvezető szerkezetek hőmérsékletre adott reakcióját is. Mivel a napelem a félvezető technológia előnyei mellett annak hátrányait is így a napelem szerkezetek hatásfoka is romlik a panelek felszínén fellépő hő és a környezeti hőmérséklet lehetséges növekedése miatt.

⁴⁹ NASA - National Aeronautics and Space Administration



4-11. ábra Feszültség/áram karakterisztikák [23]

Az ábrán jól kivehető a munkapont eltolódása a hőmérséklet növekedés hatására, Ez a változás akár 10V-os kimeneti feszültség különbséget is jelenthet adott esetben. A szükséges paraméterek megadásához az adott napelem gyártója által szolgáltatott alapadatok szükségesek.

$$T_{nm} = T_{kh} + (T_{oh} - 20^{\circ}\text{C}) \times \frac{E_{ds}}{E_{os}}$$

A T_{kh} a környezeti hőmérséklet, a T_{oh} a napelem saját ideális hőmérséklete. Az E_{ds} és a E_{os} a maximális direkt sugárzás és a napelemet ért optimális sugárzás tényleges mértéke. Ez a következő módon fejezhető ki a hatásfok függés és a hőmérsékletek szempontjából:

$$T_{nm} = 34^{\circ}\text{C} + (47^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) \times \frac{1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}{800 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} = 67,75^{\circ}\text{C}$$

Ebből következően a nyári melegben fellépő teljesítmény vesztes mértéke:

$$P_{nm} = P_{STC} \times (1 + T_c \times (T_{nm} - 25^{\circ}\text{C}))$$

behelyettesítve

$$P_{nm} = 240\text{W} \times \left(1 - 0,47 \frac{\%}{\text{K}} \times (67,75^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C})\right) = 197,28\text{W}$$

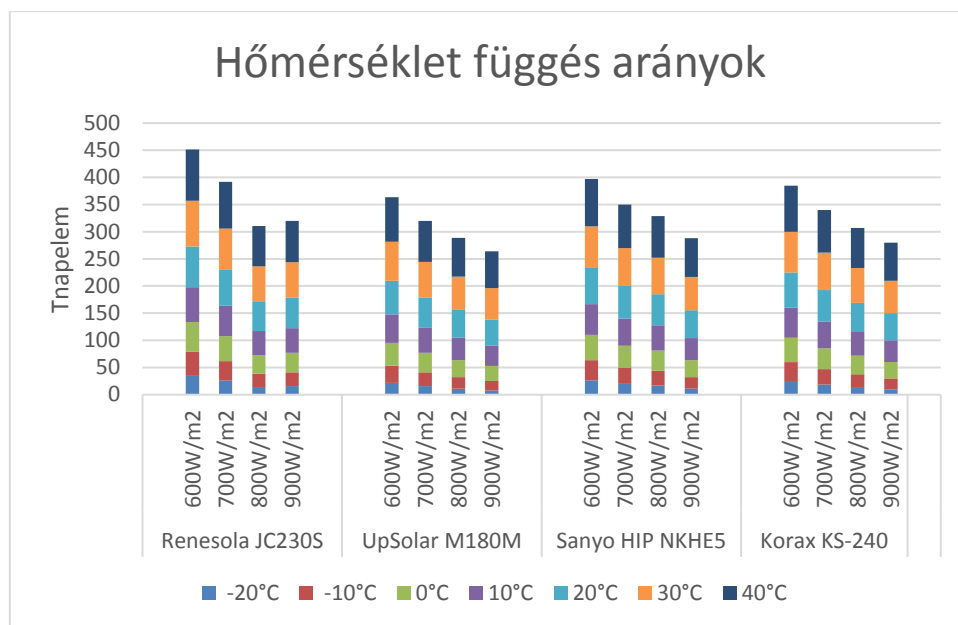
Az eredmények jól mutatják, hogy a mintának választott Korax KS-240 típusú 240W leadására képes napelem csak 17.8%-os teljesítmény csökkenéssel képes 34°C környezeti hőmérséklet mellett működni. Ennek a csökkenésnek a kompenzálása a napelemtáblák növelésével lehetséges a legegyszerűbben. A lenti táblázatban található egyéb napelem típusok az Óbudai Egyetem Megújuló energiaforrásokkal foglalkozó kutatóhelyén találhatóak.

Napelem \Jellemzők	Topt	TC	UMPP	IMPP	$\Delta P(34^{\circ}\text{C})$	PSTC
Renesola JC230S	52,1	- 0,51%/K	29,1V	7,9A	57,48W	230
UpSolar M180M	45°C	- 0,43%/K	35,8V	5,03A	46,43W	180W
Sanyo HIP NKHE5	48	-0,3%/K	42,0V	5,13A	28,38W	215
Sanyo HIP NKHE5	48	-0,3%/K	42,0V	5,13A	28,38W	215

4-8. táblázat: A vizsgált napelemek paraméterei

A továbbiakban, a táblázatban szereplő napelem típusokat igyekszem összehasonlítani és diagramok segítségével szemléletesen összehasonlítani.

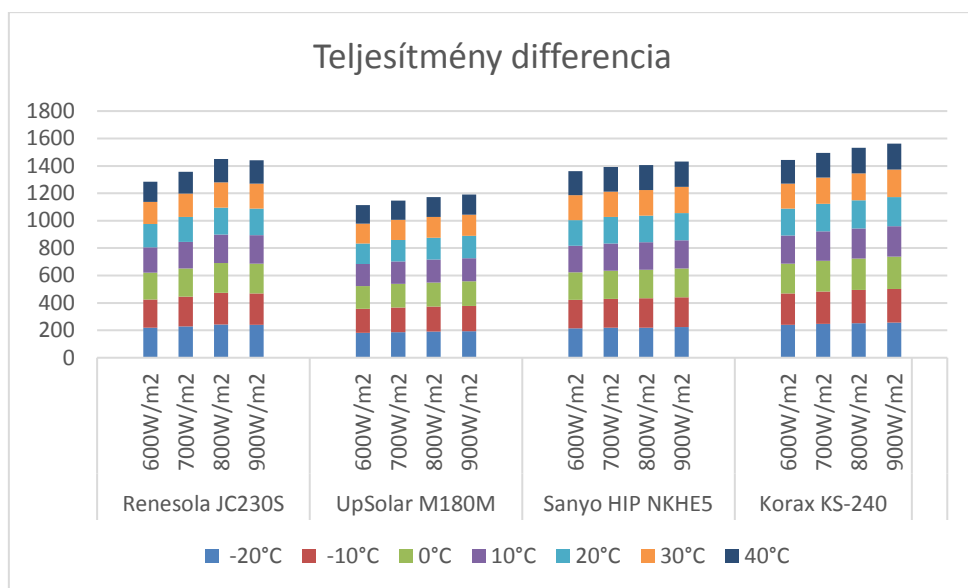
Elsőként a napelemek hőmérséklet függését vettem össze mégpedig -20°C , valamint 40°C közötti hőmérsékleteken. A sugárzási értékek vizsgálatát $600\text{W}/\text{m}^2$ és $900\text{W}/\text{m}^2$ között végeztem el. A számításoknál a legnagyobb különbségképző hatása a T_{oh} és a T_c hőmérsékleti együttthatóknak van.



4-12. ábra A sugárzás függvényében megállapított hőmérséklet arányok

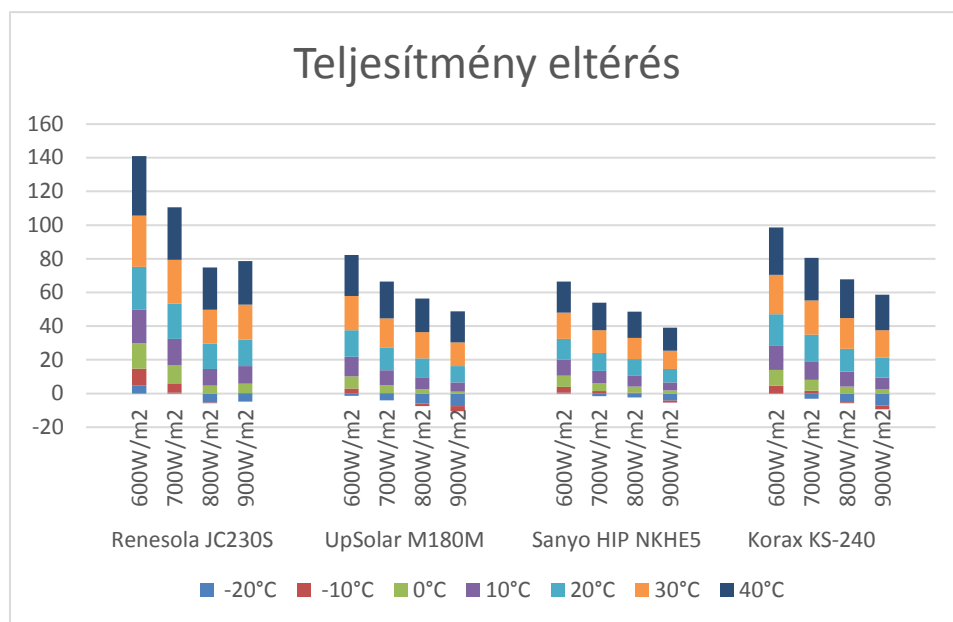
Az ábrán látható, hogy a napelem modulok felületén adott környezeti hőmérséklet és meghatározott besugárzás esetén milyen extra hőmérsékleti értékek keletkeznek. Ez a fajta plusz hőmérsékletből adódó terhelés természetesen negatívan befolyásolja a modulok hatásfokát.

A teljesítménycsúcs vizsgálatának eredménye a következő ábrán látható. Ez a Korax modul esetén a legkedvezőbb, amelyet a kedvező teljesítmény és hőmérséklet együtttható is elősegít. A Renesola igazolja, hogy ez rendelkezik a leggyengébb T_c együttthatóval az összes közül.



4-13. ábra Teljesítmény változás a hőmérséklet és a besugárzás függvényében

A teljesítmény viszonyok változását százalékos formában is megjeleníthetjük:

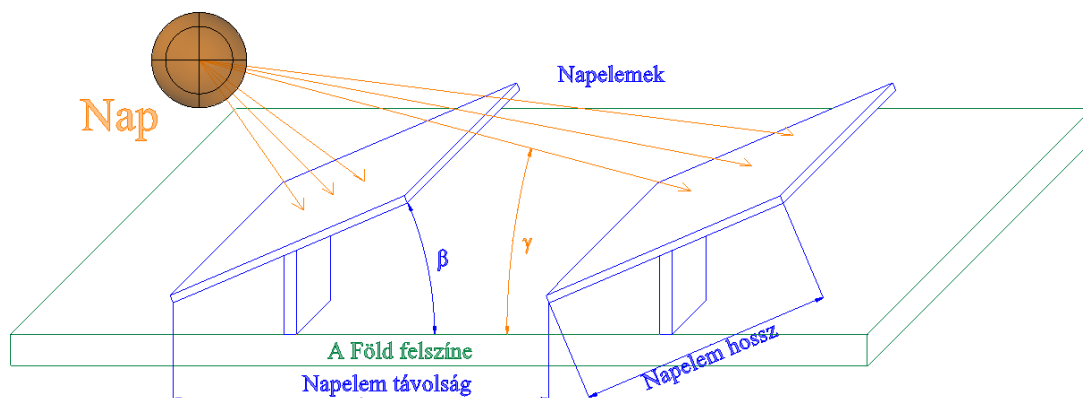


4-14. ábra Teljesítmény eltérés mértéke

4.7 Napelemes rendszer pozícionálása

A napelem modulok elhelyezését földön található állványokra terveztem. Ennek legfőbb oka, hogy a tervezésem alapját is adó magányos BTS közelében nincsenek olyan objektumok, amelyekre ezek telepíthetők lennének. Ebben az esetben figyelembe kell venni az árnyékolás, amelynek kiküszöbölésére meg kell határozni a modulok közötti telepítési távolságokat. Az egyes modulok dőlésszöge 45° , amely a számításnál fontos tényező.

Az alábbi ábrán látható módon elhelyezett moduloknál könnyen megadható az a minimális távolság, amely még nem okoz árnyékolási gondokat és így hatásfok csökkenést sem.



4-15. ábra Az árnyékolási tényező napelemekre gyakorolt hatása

$$d_{nm} = d_{nm \text{ hossz}} \times \frac{\sin(\gamma + \beta)}{\sin \gamma}$$

Ahol a d_{nm} hossz a fizikális modul hosszát a γ a már ismertetett nap beesési szögét, valamint a β a napelem dőlésszögét jelenti. Így azt behelyettesítve a Sanyo PV dimenziójával:

$$d_{nm \text{ nyár}} = 1600\text{mm} \times \frac{\sin(65,77^\circ + 45^\circ)}{\sin 65,77^\circ} = 1,64\text{m} \approx 1,7\text{m}$$

$$d_{nm \text{ tél}} = 1600\text{mm} \times \frac{\sin(18,89^\circ + 45^\circ)}{\sin 18,89^\circ} = 4,61\text{m} \approx 4,6\text{m}$$

A két távolság közül természetesen érdekesebb a nagyobb 4,6 m értéket választani, hogy a téli hónapokban se okozzon gondot az árnyékolás.

4.8 Az ideális napelem szám meghatározása

A rendszertervezéshez az előző fejezet kiértékelés során a legmagasabb elvárásoknak is megfelelő Sanyo termék felhasználása mellett döntöttem, mivel az kiváló hőmérsékleti koefficiens értékkel ebből következőleg remek hatásfokkal bír. Az optimális teljesítmény kiszámításához, vagyis a már korábban számolt 16KW-os rendszer eléréséhez a modulonként megadott termelőképesség arányában a következő összefüggés alapján előre jelzett tábla szám az előírányzott:

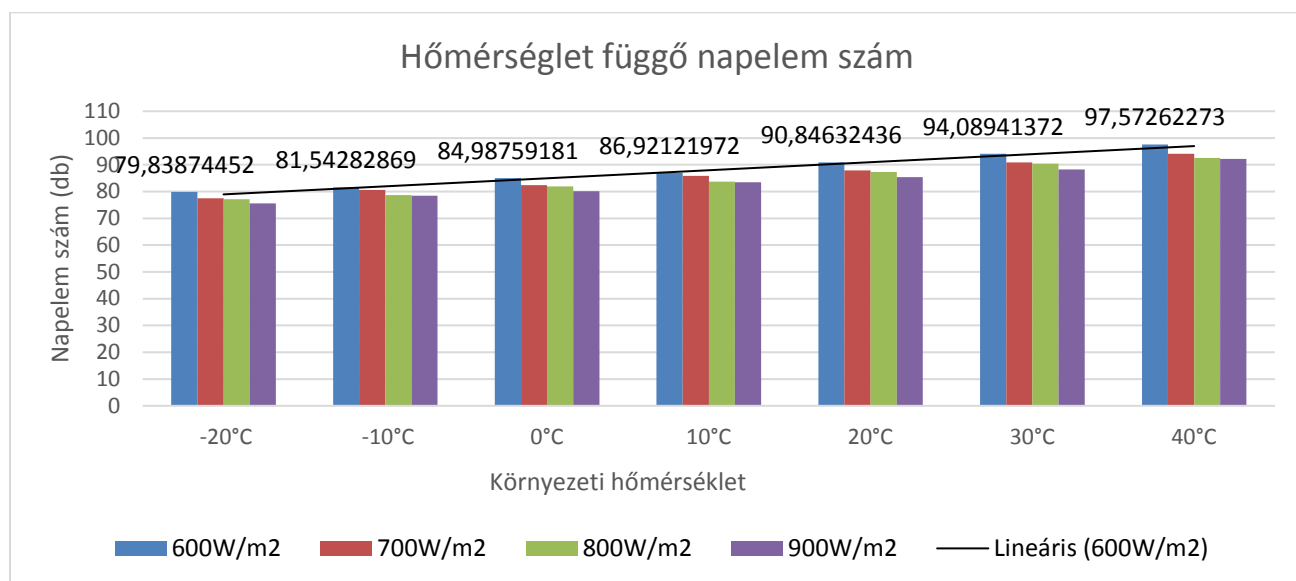
$$\text{Napelem szám} = \frac{P_{max}}{P_{nm}} = \frac{P_{max}}{P_{STC} \times (1 + T_c \times (T_{nh} - 25^\circ C))} = \frac{16KW}{189,2W}$$

$$= 84,56 \approx 85db$$

ahol

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

A fenti 85 darabos érték csak egy meleg nyári nap paramétereit figyelembe véve elegendő a BTS táplálására. Ha tovább szeretnénk optimalizálni a rendszert, akkor egy egész éves periódus váltakozó hőmérsékleti és besugárzási viszonyaival is számolni kell.



4-16. ábra: Napelem táblák hőmérséklet függő számának változása

Az előző ábrán a teljes évre vonatkoztatott besugárzással, valamint hőmérsékletingadozással számolt igény látható. Ahol a vizsgálati határértékek a következők szerint változnak:

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

$$600 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \leq E_{op} \leq 900 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}; \quad \beta = 45^{\circ}$$

Az ábra alapján megállapítható, hogy a legrosszabb esetben is mely $T_{kh} = 40^{\circ}\text{C}$, illetve $E_{op} = 600\text{W/m}^2$ besugárzás esetén adódik, 98db modul elegendő a fogyasztási igények kielégítéséhez. Viszont ez csak abban az esetben helyes, ha a napelemek hatásfoka ideális. De már a számítások is 11-13% veszteséget mutatnak verőfényes napsütésben, ideális szögekkel számolva. Ezen felül olyan tényezők is fontosak, mint például a nem egyenletes besugárzás, valamint a napelemek felületi szennyeződése illetve a tényleges napsütéses órák száma. Ezek mind-mind csökkentik a megtermelhető villamos energiát. További veszteség mutatkozik a kábel hálózaton magán is, melynek oka a vezetékek ellenállása, vagyis közvetett módon a rajtuk eső feszültség különbség. Ennek mértéke a következő képlet alapján adható meg:

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

behelyettesítve

$$R_{hr} = \frac{0,0175\text{m} \times 20\text{m}}{4\text{mm}^2} = 0,0875\Omega$$

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

A teljes teljesítmény veszteséget a rendszerben alkalmazott vezeték hosszon a két vezeték típus eredőjével adhatjuk meg:

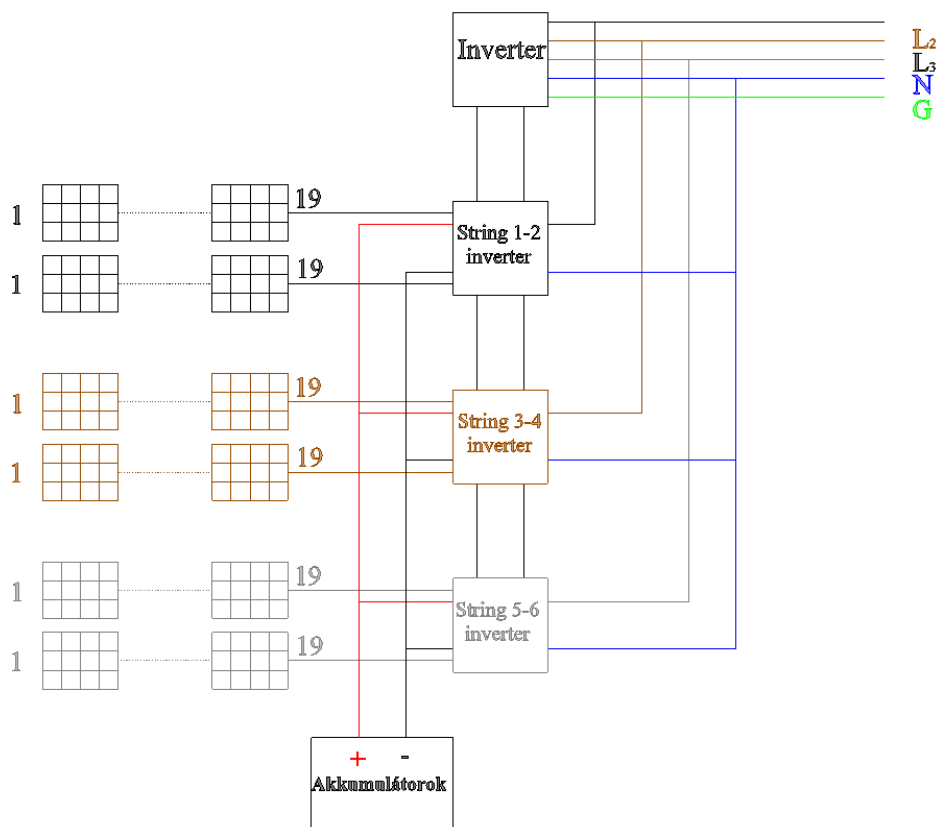
$$P_{vv} = I^2 \times R = \sum I^2 \times R_{hr} + \sum I^2 \times R_{gr}$$

helyettesítés után

$$P_{vv} = 3 \times 5,14A^2 \times 0,0875\Omega + 30,88A^2 \times 0,0729\Omega = 89,94W$$

Az elektromos hálózatok esetén a megengedett teljesítményesés 1%, amely jelen konfigurációban csak 0,23%-ra adódik, ami tökéletesen megfelelő.

A lehetséges veszteségek és egyéb tényezők figyelembe vételével végül egy 114 napelem modulos rendszert adtam, meg mint megfelelő vészhelyzeti ellátó rendszert.



4-17. ábra A napelemes ellátó rendszer sematikus ábrázolása

A rendszer szempontjából kiemelten fontos a megfelelő inverter kiválasztása. Mivel ennek költsége igen jelentős (akár a teljes költségek 15-20%-a) is lehet, ezért több fontos szempontot is figyelembe kell venni a kiválasztás során. Fontos az egyen-váltó átalakítás hatásfoka, a lehető legkisebb veszteségű működés, a megfelelő védelmi funkciók megléte és az is hogy milyen hálózathoz kell az inverternek illeszkednie. A vészhelyzeti napelem park egyetlen fő inverterre (Master) épül, amelyre 6 különálló hurok egyenként 19 napelem modulja csatlakozik. A kapcsolat nem közvetlen a fő inverter és a modulok között, hanem három szigetüzemű átalakító biztosítja a kapcsolatot. A három alrendszerre külön-külön energiatároló cellák csatlakoznak. Ahhoz hogy meghatározhassuk a letárolható energia mértékét meg kell határozni a teljes hasznosítható besugárzás értékét, illetve a rendszer segítségével kitermelhető maximális teljesítményt.

$$P_{cst} = \frac{W_{max}}{T_{Nap} \times k_{nh} \times k_{hő} \times \eta_{inv} \times MPPT}$$

behelyettesítve

$$P_{cst} = \frac{380KWh}{1,23h \times 1,88 \times 1,06 \times 0,988 \times 1} = 156,91KWp$$

A fenti számításból látszik, hogy a 380KWh igény kitermeléséhez olyan rendszerre lenne szükségünk, amely egyetlen napra vetítve majdnem 157KWp csúcs teljesítményű. Ez az eredetileg meghatározott modul mennyiség több mint 9 szerezését jelentené.

Ha a fenti képletet rendezzük a következő módon, akkor megadható a 16 KW-al elérhető villamos teljesítmény januári viszonyok között.

$$W_{ne} = P_{cst} \times (T_{Nap} \times k_{nh} \times k_{hő} \times \eta_{inv} \times MPPT)$$

behelyettesítve

$$W_{nap} = 16KW \times (1,23h \times 1,88 \times 1,06 \times 0,988 \times 1) = 38,74KWh$$

Ahol a P_{cst} a rendszer teljesítmény igénye, a T_{Nap} a Nap maximális besugárzásának mértéke a vizsgált hónapban, k_{nh} egy viszonyszám mely függ a β -szögeltéréstől, valamint a célterület helyétől. A $k_{hő}$ egy hőfokfüggési tényező, mely szintén a vizsgált hónapra vonatkoztatva

jelenik meg. Az η_{inv} az inverter hatásfoka, az MPPT pedig a maximális munkapont követés értéke.

Látható, hogy nem elég kiragadott időszakok alapján végezni a végső számításokat. A lenti táblázatban látható, hogy mekkora beépített csúcsteljesítményű rendszer kell a napi 380KWh villamos energia kitermeléséhez az év egyes szakaszaiban. A P_{max} a pillanatnyi megtermelt villamos teljesítmény az adott hónapra vonatkoztatva. A W_{nap} az egy nap alatt egy 16KW-os rendszerrel megtermelhető teljesítményt értékét mutatja kWh-ban. A napok száma azt a feltételt jelenti, hogy mekkora időintervallum kell a W_{nap} -nak, hogy kiegyenlítse a W_{max} igényt.

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

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

4-9. táblázat: A termelőképesség számolt és valós meghatározott értékei

4.9 Energiatároló akkumulátorok méretezése

Az előző fejezetekben meghatározott fogyasztási adatok alapján utolsó lépésként a rendszer időleges ellátásához szükséges energiatároló akkumulátor méretezése szükséges. Az alapvetően meghatározott feladatnak megfelelően olyan energiatárolóra van szükség, amely vészhelyzet esetében a teljes BTS⁵⁰-t legalább egy teljes napon keresztül képes ellátni energiával. A folyamatos rendelkezésre állásnak, vagyis a folyamatos töltött állapotnak ugyanúgy nem kell gondot okoznia, mint annak, hogy a tárolt energiát átlagban egyenletesen legyen képes leadni a BTS számára egy napon át. Természetesen ez a leadási idő jelentősen kitolódhat abban az esetben, ha a BTS vészhelyzetben csak az alacsony fogyasztású elemeket működteti. A fenti feltételeknek megfelelően az úgynevezett mélyciklusú energiatároló alkalmazása indokolt.

A feladatnak megfelelően olyan típusú akkumulátor használatával terveztem, amelynek karbantartási igénye alacsony. Ennek a legjobban a zselés cellákkal ellátott megoldás felel meg szükséges kapacitás számításához az alábbi képletet alkalmaztam:

$$C_{nc} = \frac{(T_{nap} \times W_{nap}) \times T_{tr}}{0,7 \times U_{rf} \times \eta_{inv}}$$

behelyettesítve

$$C_{nc} = \frac{380KWh \times 1nap}{0,7 \times 48V \times 0,988} = 11,44KAh$$

Itt a T_{tr} az a szükséges idő, amíg a terhelés kiegyenlítésére a rendszernek szüksége van. A 0,7 az akkumulátorra jellemző kisülési érték, amely jelen esetben nem lehet a teljes kapacitás értékénél 30%-nál kevesebb. Az U_{rf} a szigetüzemű inverterek bemeneti oldali DC feszültsége, η_{inv} pedig a legkisebb hatásfokú inverter jellemző értéke. A számításnak megfelelően a szükséges akkumulátor számot 11,44kAh-ra véve, illetve 300Ah-ás cellákkal számolva is 39db-ot jelent.

⁵⁰ BTS - mobil bázisállomás

Az energiatároló rendszer szimmetrikus 3f rendszerként 13-13-13 db modult jelentene, de az ágakon nincs teljes eloszlás mivel van olyan ág, amely a hűtési rendszertől extra terhelési igényt kaphat. Ezt természetesen figyelembe kell venni és amennyire lehet, ki kell egyenlíteni.

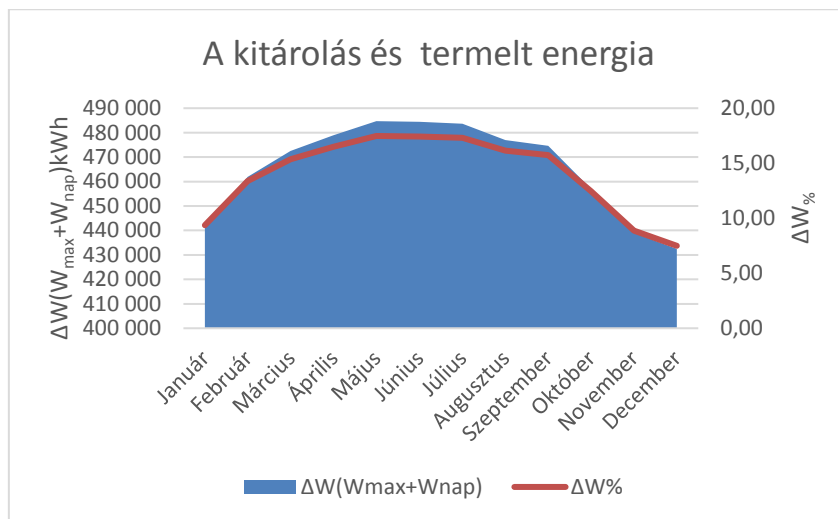
$$C_{nac} = \frac{(T_{kr} \times W_{nap}) \times T_{th}}{0,7 \times U_{rf} \times \eta_{inv}}$$

behelyettesítve

$$C_{nac} = \frac{24KWh \times 1nap}{0,7 \times 48V \times 0,988} = 715,9Ah$$

Ennek megfelelően további 3 modulra van szükség a hűtési rendszerhez csatlakozó fázison.

A töltés tároló rendszer a korábbiaknak megfelelően 24h-es kiszolgálásra méretezett. Viszont ez az idő jelentős mértékben növelhető abban az esetben, ha megfelelőek az időjárási viszonyok és a napszak. Mégpedig úgy hogy beszámítjuk az éppen a napelemekből származó villamos feszültséget is. A lenti ábrán látható az értékek módosulása ezek figyelembevételével.



4-18. ábra: Az akkumulátorok kitárolása és a termelt energia arányai

Az ábrából leolvasható azon villamos energia többlet. Ezen mérték havi szintű ábrázolás mellett is 8% és 17,5% közé tehető. Ez a legrosszabb esetet figyelembe véve is közel 1:30h-val, míg a legideálisabb esetben több mint 4:30h-val hosszabbítja meg a rendelkezésre állási idejét a rendszernek.

4.10 A működés optimalizálása

Az előző fejezetekben meghatározott vészhelyzeti ellátó rendszer méretezése közben igyekeztem figyelembe venni az adott BTS⁵¹-en található minden rendszer együttes hatását. Viszont a vészhelyzeti rendelkezésre állás idejének még jobb optimalizálása miatt arra is érdemes kitérni, hogy az egyes rendszerek (ebben az esetben elsősorban a kommunikációs rendszerek) külön-külön milyen mértékben befolyásolják a rendelkezésre állási időt. Egy Black Out esemény esetében nem feltétlenül szükséges az ugyan modern, de ezzel együtt energia igényes és nem létfontosságú szolgáltatások állandó készenlétben tartása. Bőven elegendő lehet az alacsony fogyasztású rendszerek ellátása, első sorban azért is, mert a legmodernebb mobil eszközök a régebbi és energetikai szempontból gazdaságosabb szabványokkal is hatékonyan tudnak együttműködni a visszafelé kompatibilitás miatt.

Ezért ebben a fejezetben azt vizsgálom, hogy a különféle mobil generációk hiánya vagy alkalmazása mennyiben befolyásolja a rendszer vészhelyzeti üzemelési idejét. Természetesen a hatékonyság növelését az egyes generációk paraméterei is befolyásolják, így ezek a meghatározó tényezők nagyban befolyásolni fogják a végeredményt.

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

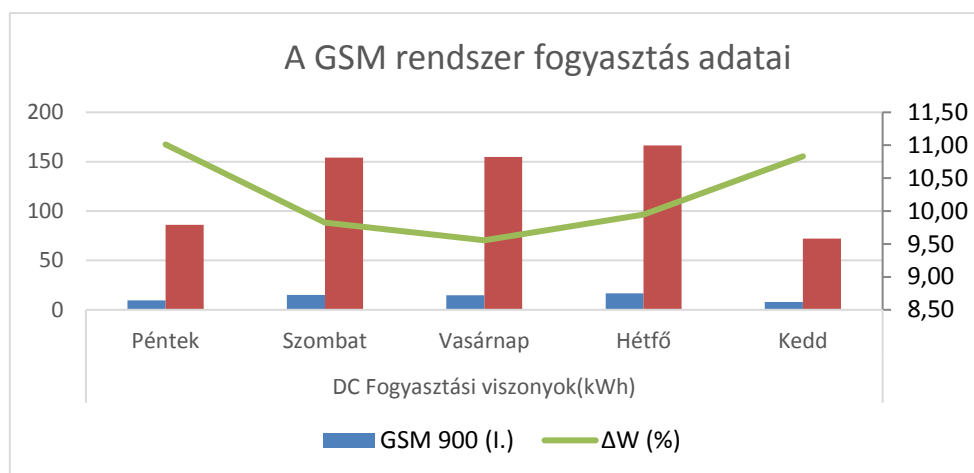
4-10. táblázat: A vizsgált kommunikációs szabványok jellemző paraméterei

Első lépésként a különböző generációs mobil technológiák villamos energia szükségletét kell megállapítani. Ezeknek az adatoknak a segítségével, illetve a már korábban megtervezett rendszer paramétereinek figyelembe vételével felvázolhatók az üzemidőre vonatkozó

⁵¹ BTS - mobil bázisállomás

változások. Így már meghatározható a legideálisabb és leghatékonyabban üzemeltethető kommunikációs technológia, természetesen és elsősorban a vészhelyzeti rendelkezésre állás szempontjából.

A vizsgálat és elemzés elsősorban az egyenfeszültségű oldal teljesítményére terjed ki, mivel ez meghatározó a rendszer rendelkezésre állásának szempontjából. Ennek megfelelően a többi rendszert nem vagy csak szimbolizált formában, vagyis azok teljes leállításával számolva veszem figyelembe. A 4.9-es táblázat adatait felhasználva a következő diagramok rajzolhatók meg.



4-19. ábra A GSM rendszer egyedi fogyasztási adatai

A napi adatok alapján megállapítható, hogy a GSM I. szektor a teljes nap fogyasztás 10%-ért felelős. Ehhez hozzáadódik a klímarendszer felvett teljesítménye az AC oldalon. De még így is látható, hogy a teljesítmény igény és ezzel párhuzamosan a napelemes rendszerre vonatkozó napelem felület igény itt tűnik a legalacsonyabbnak. Ezt számszerűem a következő táblázat foglalja össze.

DC Fogyasztási viszonyok (KWh)	GSM 900 (I.)	A _{GSM} (m ²)	A _Σ (m ²)	ΔA (%)	ΔW (%)	SZUM
Péntek	9,48	3,95	114	3,46	11,01	86,09
Szombat	15,15	6,31	114	5,54	9,83	154,17
Vasárnap	14,79	6,16	114	5,41	9,56	154,77
Hétfő	16,56	6,90	114	6,05	9,94	166,53
Kedd	7,81	3,25	114	2,85	10,83	72,09

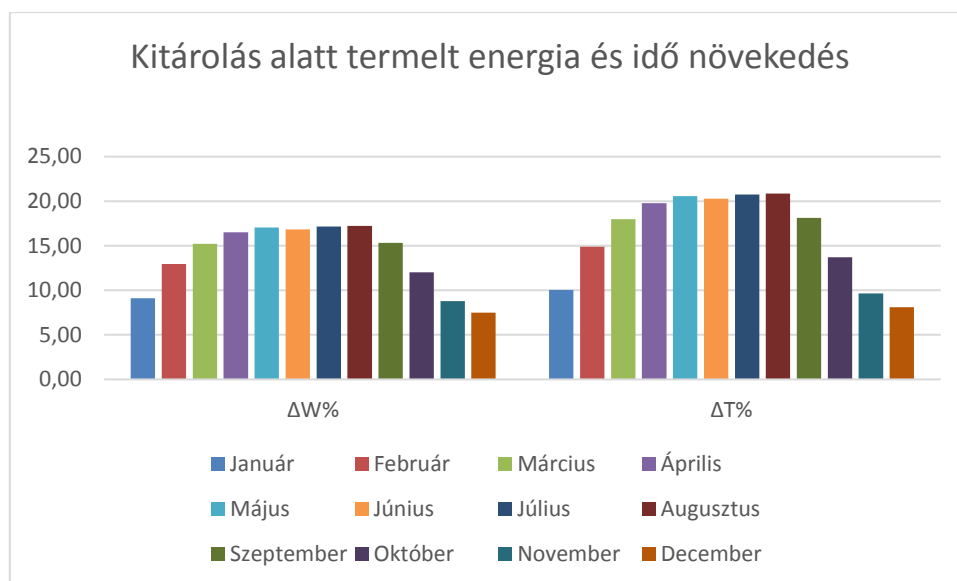
4-11. táblázat: A GSM fogyasztási és lefedettségi adatai

A táblázat alapján megállapítható, hogy az igényelt teljesítményből adódóan a rendszerhez szükséges felület is a teljes rendszer maximálisan vett 6,05%-a, amely 6,89 m² felületet jelent. A hűtési rendszerrel is számolni kell, amely 1KW-os fogyasztással bír megközelítőleg. Ennek megfelelően az AC oldalon az alábbi igényeket támasztja, ha a névleges teljesítményre méretezünk.

Mobil generáció	GSM 900 (I.)	Teljes rendszer
$W_{\min}(\text{kWh})$	31,81	131,97
$W_{\max}(\text{kWh})$	40,56	380
$P_{\min}(\text{W})$	1325,42	5498,75
$P_{\max}(\text{W})$	1690	16000
$A_{\min}(\text{m}^2)$	13,25	54,99
$A_{\max}(\text{m}^2)$	16,9	114
$W_{\text{évmin}}(\text{kWh/a})$	1524,23	6323,56
$W_{\text{évmax}}(\text{kWh/a})$	1943,5	18400
Min napelem szám (db)	7,01	29,06
Max napelem szám (db)	8,93	84,57

4-12. táblázat: AC jellemző igények és hozam értékek

A fogyasztási adatok alapján a továbbiakban az akkumulátor igény vizsgálatára is lehetőség van. A GSM I. technológiára optimalizált rendszer, havi szinten és kitárolás alatt tisztán akkumulátoros üzemben is képes az energiatermelésre. Ez a folyamat lassítja a teljes kisülés időtartamát. Havi bontásban ennek alakulása a lenti ábrán látható.



4-20. ábra: A kitárolás és a termelt energia GSM rendszer esetén

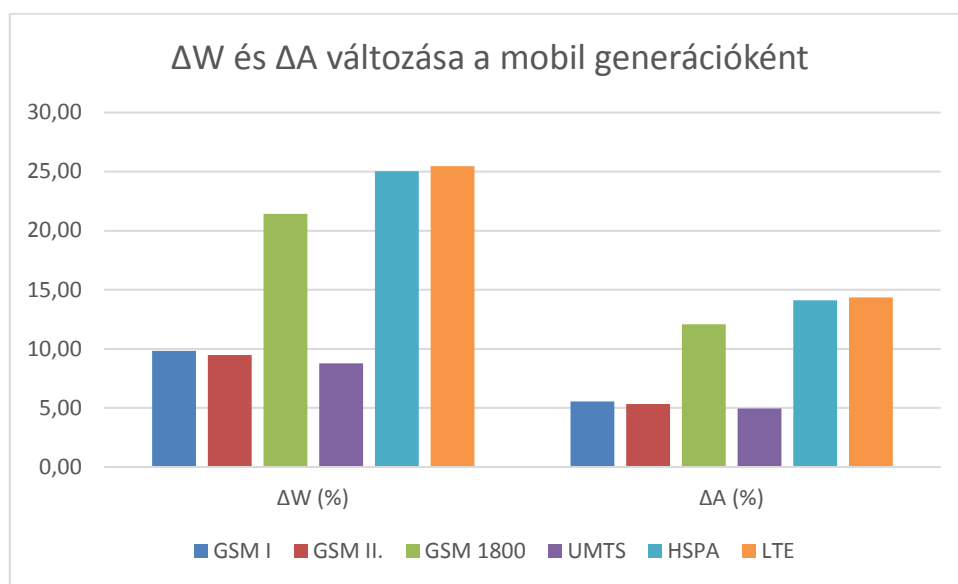
Az üzemidő növekedése **2 óra 31 perc**, valamint **5 óra 6 perc** közé tehető, ami százalékos formában kifejezve is **10% és 20%-os** idő többletet eredményez. A következő táblázatban látható hogy a korábban megadott akkumulátor mennyiségi többlet mekkora időintervallum növekedést jelent a csak csökkentett kommunikációt használó szigetüzemű BTS-en.

Mobil generáció	GSM 900 (L.)	Teljes rendszer
$W_{\max}$ (KWh)	16,56	380
$\Sigma W_{\max}$ (KWh)	40,56	380
C_{napelem} (KAh)	0,51	11,81
$\Sigma C_{\text{napelem}}$ (KAh)	1,26	12,55
Cella szám (db)	5	39
Cella szám%	12,82	100
ΔT teljes rendszer (nap)	9,86	1

4-13. táblázat: A teljes rendszer és az GSM-re optimalizált állapot jellemzői

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a mérsékelt érzékenységű mutatóval rendelkező technológia majdnem 10 napig képes működőképes állapotban maradni. De ez természetesen csak akkor teljesülhet, ha cserében valamennyi magas érzékenységet mutató rendszer elemet lekapcsolunk ezzel egy időben a bázisállomás rendszeréről. A további grafikonok szemléletes formában mutatják az egyes rendszer elemekre vonatkozó optimalizálás eredményeit.

Az első ábrán a különféle kommunikációs technológiák összevetése látható. A teljes rendszerre vonatkozó fogyasztás illetve a cellaméret aránya figyelhető meg.



4-21. ábra: ΔW és ΔA változása a mobil generációk függvényében

Megfigyelhető, hogy az UMTS⁵² ideális a fogyasztás szempontjából, viszont a cellaméretet figyelembe véve nem a legmegfelelőbb a lefedettség korlátozott mértéke miatt. A GSM 1800⁵³, valamint a fejlettebb HSPA⁵⁴ és LTE⁵⁵ technológiák kiválasztása pedig éppen a magas fogyasztási adatok miatt nem megfelelőek. Így megállapítható, hogy a GSM első generációja a legmegfelelőbb választás.

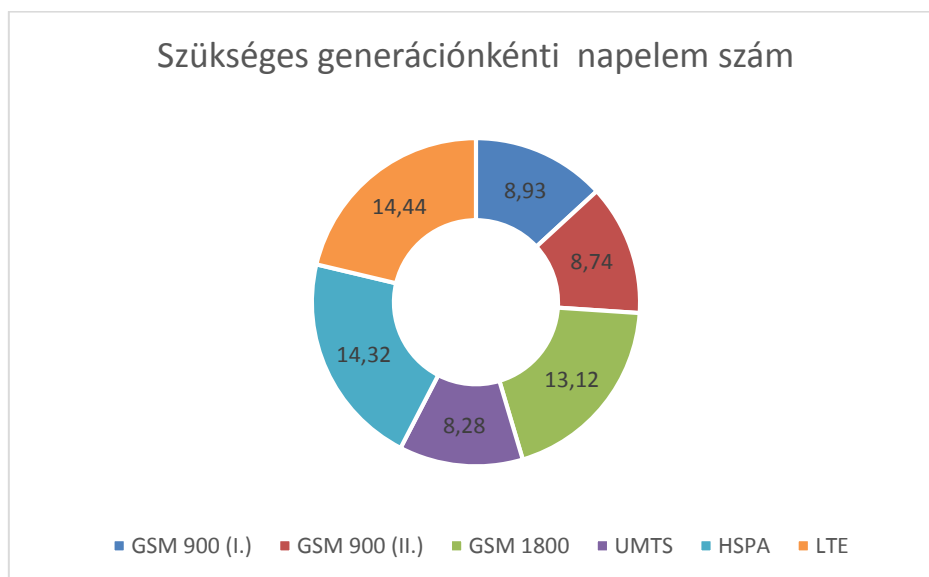
⁵² UMTS - Universal Mobile Telecommunications System

⁵³ GSM - Global System for Mobile Communications

⁵⁴ HSPA - High Speed Packet Access

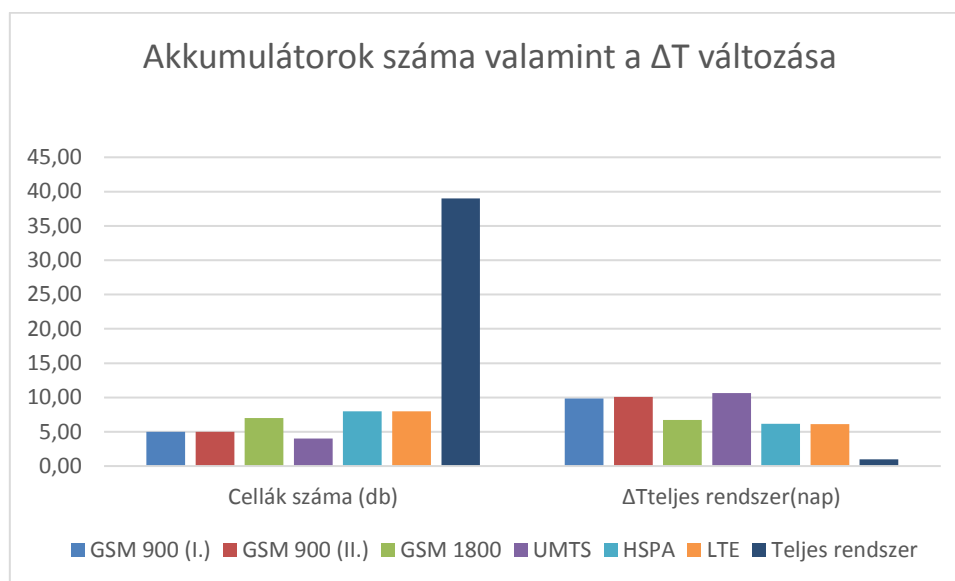
⁵⁵ LTE - Long Term Evolution

A következő ábra szemléletes formában mutatja, hogy az egyes generációk milyen napelem igényt támasztanak.



22. ábra: A szükséges napelem szám generációkra lebontva

A rendszer utolsó optimalizálási lépéseként meghatározom az akkumulátor cellák számát. Az utolsó ábrán mind a cellaszám, mind az üzem időtartam is látható, ha az alapként meghatározott 16KW rendszert vesszük figyelembe.



4-23. ábra Az akkumulátorok száma, valamint a ΔT változása a mobil generációk függvényében

A fenti cella arányok a korábban megállapított 300Ah-s kapacitások alapján alakultak ki. A ΔT érték pedig azt az arányt mutatja, hogy a különféle technológiák egymáshoz képest mennyi ideig képesek üzemképes állapotban maradni. A két arányt megvizsgálva továbbra is a GSM látszik a legmegfelelőbbnek egy vészhelyzeti alkalmazáshoz. Ahogyan a korábbi számítások és megállapítások is megerősítették, az alacsony fogyasztású, de megfelelő minőséget hosszú ideig biztosítani képes GSM kommunikáció használata a legkézenfekvőbb.

5 ÖSSZEGZÉS

A diplomamunkám első részében összefoglaltam és elemeztem azokat a fejlődési fázisokat, amelyek meghatározták a kritikus infrastruktúrák megállapításában és kezelésében végig követhető fejlődési folyamatokat. Igyekeztem arra összpontosítani, hogy az egyes meghatározó régiók és országok milyen alaphelyzetből és milyen fejlődési lépcsőkön keresztül jutottak a napjainkra érvényesnek tekinthető rendszereikhez. Egyúttal megkerestem azokat a jelentősnek tekinthető különbségeket és sajátosságokat, amelyek az adott régiókra és országokra jellemzőek. Ezzel kapcsolatosan másik fókuszpontom az energetikához köthető kritikus infrastruktúrák elemzése volt. Különös tekintettel vizsgáltam meg az alkalmazott veszélyhelyzeti protokollokat és irányelveket. Igyekeztem összehasonlítani az egyes régiókra és országokra jellemző kiválasztási, engedélyezési és rendszerezési módszereket, amelyek az ilyen jellegű kritikus infrastruktúrák esetében szerepet játszhatnak. A diplomamunkám első elemző részével összefüggésben egy olyan gyakorlati feladat bemutatását tűztem ki célul, amely egyrészt a villamos és a kommunikációs kritikus infrastruktúrákhoz köthető elemeket is tartalmaz, illetve megoldást kínál egy ezekre igen nagy veszélyt jelentő akadályra is. Ezeknek megfelelően egy kritikus infrastruktúrának tekinthető mobil bázis állomás vészhelyzeti energia ellátásának megtervezésével foglalkoztam. Igyekeztem a lehető legpontosabb fogyasztási és besugárzási adatok alapján egy olyan napelemes tápláló rendszert megtervezni, amely a helyzetnek és az adott körülményeknek a legmegfelelőbb. A tervezés során több olyan tényezőt is figyelembe vettem, amelyek az esetleges gyakorlati megvalósítást elősegíthetik. Megvizsgáltam a különféle mobil kommunikációs szabványok tulajdonságait és fogyasztási tényezőit. Ugyancsak figyelembe vettem a rendszerben megtalálható elemek fogyasztásra gyakorolt hatását. A rendszer vészhelyzeti megtáplálásához választott napelemes rendszer méretezése és megtervezése közben megvizsgáltam és kiválasztottam a megfelelő félvezető technológiával ellátott napelemeket és igyekeztem figyelembe venni a napelemek teljesítményét befolyásoló tényezőket is. Ennek megfelelően meghatároztam a napelemek elhelyezését és a hőmérsékletfüggést is számításba vettem a tervezés folyamán. A sziget üzem lehetőségével számolva egy akkumulátoros energiatároló méretezését is elvégeztem. Ennek során kiválasztottam a megfelelő akkumulátor típust és a modulszámot a hőmérsékletfüggés

figyelembe vételével együtt. Végül a különféle mobil kommunikációs szabványok fogyasztási jellemzői alapján tovább optimalizáltam a tervezett rendszert.

6 SUMMARY

In the first part of my dissertation, I summarized and analyzed the developmental phases that defined the developmental processes that can be followed throughout the identification and management of critical infrastructures. I have tried to focus on the basic situation and stages of development of each of the key regions and countries in terms of the systems that can be considered valid today. At the same time, I looked for the significant differences and peculiarities that are characteristic of the given regions and countries. In this context, my other focus was on the analysis of critical infrastructures related to energy. I examined the emergency protocols and guidelines in particular. I have tried to compare the selection, authorization, and systematization methods specific to each region and country that may play a role in this type of critical infrastructure. In the context of the first analytical part of my dissertation, I aimed to present a practical task that includes elements related to electrical and communication-critical infrastructures, as well as a solution to an obstacle that poses a great threat to them. Accordingly, I was involved in planning the emergency power supply of a mobile base station that could be considered a critical infrastructure. Based on the most accurate consumption and irradiation data possible, I have tried to design a solar power system that is best suited to the situation and the circumstances. During the design, I took into account several factors that may facilitate the possible practical implementation. I examined the properties and consumption factors of different mobile communication standards. I also considered the effect of the elements in the system on consumption. During the sizing and design of the solar system chosen for the emergency power supply of the system, I examined and selected the solar cells with the appropriate semiconductor technology and also tried to take into account the factors influencing the performance of the solar cells. Accordingly, I determined the placement of the solar panels and also took the temperature dependence into account during the design. Considering the possibility of island operation, I also performed the sizing of a battery-powered energy storage. In doing so, I selected the appropriate battery type and module number, taking into account the temperature dependence. Finally, I further optimized the designed system based on the consumption characteristics of different mobile communication standards.

7 IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Zöld Könyv a kritikus infrastruktúrák védelem európai programjáról. Európai Közösségek Bizottsága, Brüsszel, COM (2005)576
- [2] Muha Lajos – A kritikus információs infrastruktúrák védelme,(2007)
- [3] Az Európai Parlament és a Tanács 460/2004/EK rendelete az Európai Hálózat- és Információbiztonsági Ügynökség létrehozásáról
- [4] Közös közlemény az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának „Az Európai Unió kiberbiztonsági stratégiája: Nyílt, megbízható és biztonságos kibertér”, (2013)
- [5] Az Európai Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának: Az európai biztonsági stratégia, COM (2015)
- [6] US PatriotAct, 1016 (e) Public Law 107-56 (42 U.S. C. 5195c (e))
- [7] HomelandSecurityPresidentialDirective/ HSDP-7, (2003)
- [8] US HomelandSecurity: Computer Network Security&PrivacyProtection, (2008)
- [9] US PresidentExecutiveOrder – ImprovingCriticalInfrastructureCybersecurity, (2013)
- [10] USA NIST Cybersecurity Framework, (2014)
- [11] Euro-AtlanticPartnershipCouncilSenior Civil EmergencyPlanningCommittee: CriticalInfrastructureProtection – ConceptPaper, EAPC (SCEPC) D (2003)
- [12] 2046/2007 (III. 19.) Korm. határozat a terrorizmus elleni küzdelem aktuális feladatairól szóló 2112/2004. (V. 7.) Korm. határozat módosításáról
- [13] Kritikus Infrastruktúra Védelem Nemzeti Programjáról szóló 2080/2008. (VI. 30.) Korm. Határozatot
- [14] 2011. évi CXXVIII. törvény katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról
- [15] 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről
- [16] 65/2013. (III. 8.) Korm. rendelet a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról

[17] U.S. Code § 824o–1 - Criticalelectricinfrastructuresecurity
<https://www.law.cornell.edu/uscode/text/16/824o-1>

[18] EU 2008/114/EK
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0114&from=EN>

[19] PoweringCellSitesfor Mobile Cellular Systems usingSolarPower IJET 2049-3444 (2012)

[20] Josip Lorincz, TonkoGarma,GoranPetrovic - Measurements and Modelling of BaseStationPowerConsumptionunder Real TrafficLoads – Croatia - 2012 – ISSN: 14
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22666026> 24-8220

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

[22] Anyagok reflektív együtthatói
https://www.engineeringtoolbox.com/light-material-reflecting-factor-d_1842.html

[23] AnoopSingh, Deepak Pant, Stig Irving Olsen - Life CycleAssessment of RenewableEnergySources – Springer – 2013 - ISBN: 1447153634

8 ÁBRAJEGYZÉK

- 2-1. ábra: A kiber infrastruktúra[2]
- 4-1. ábra: Egy tipikus BTS blokk vázlata [19]
- 4-2. ábra: A BTS fogyasztási adatainak megoszlása
- 4-3. ábra: A Föld tengelyének évszakos kitérése
- 4-4. ábra: A Nap horizonton való mozgása égtájak szerint
- 4-5. ábra: A Nap haladási görbéje az adott koordináták felett [21]
- 4-6. ábra: A besugárzások felosztása
- 4-7. ábra: A napsugárzásra jellemző beesési szögek
- 4-8. ábra: Direkt napsugárzás intenzitása
- 4-9. ábra A szórt sugárzás és a napelem pozíció összefüggése
- 4-10. ábra: A besugárzási adatok éves összesítése
- 4-11. ábra: Feszültség/áram karakterisztikák [23]
- 4-12. ábra: A sugárzás függvényében megállapított hőmérséklet arányok
- 4-13. ábra: Teljesítmény változás a hőmérséklet és a besugárzás függvényében
- 4-14. ábra: Teljesítmény eltérés mértéke
- 4-15. ábra: Az árnyékolási tényező napelemekre gyakorolt hatása
- 4-16. ábra: Napelem táblák hőmérsékletfüggő számának változása
- 4-17. ábra: A napelemes ellátó rendszer sematikus ábrázolása
- 4-18. ábra: Az akkumulátorok kitárolása és a termelt energia arányai
- 4-19. ábra: A GSM rendszer egyedi fogyasztási adatai
- 4-20. ábra: A kitárolás és a termelt energia GSM rendszer esetén
- 4-21. ábra: ΔW és ΔA változása a mobil generációk függvényében

22. ábra: A szükséges napelem szám generációkra lebontva

4-23. ábra: Az akkumulátorok száma, valamint a ΔT változása a mobil generációk függvényében

9 TÁBLÁZAT JEGYZÉK

- 2-1. táblázat: A kritikus infrastruktúrák meghatározása
- 2-2. táblázat: A kritikus szektorok és felelősök meghatározása
- 2-3. táblázat: A kritikus infrastruktúrák felsorolása
- 2-4. táblázat: A kritikus szektorok magyarországi meghatározása
- 2-5. táblázat: A kritikus infrastruktúrák javasolt felsorolása
- 4-1. táblázat: Jellemző teljesítmény konstansok
- 4-2. táblázat: A BTS jellemző paraméterei [20]
- 4-3. táblázat: DC fogyasztási viszonyok összegzése [20]
- 4-4. táblázat: AC fogyasztási viszonyok összegzése [20]
- 4-5. táblázat: A mérés közben jellemző hőmérséklet értékek [20]
- 4-7. táblázat: Jellemző anyagokra vonatkozó reflektív együtthatók [22]
- 4-8. táblázat: A vizsgált napelemek paraméterei
- 4-9. táblázat: A termelőkéesség számolt és valós meghatározott értékei
- 4-10. táblázat: A vizsgált kommunikációs szabványok jellemző paraméterei
- 4-11. táblázat: A GSM fogyasztási és lefedettségi adatai
- 4-12. táblázat: AC jellemző igények és hozam értékek
- 4-13. táblázat: A teljes rendszer és az GSM-re optimalizált állapot jellemzői

10 RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK

Rövidítés	Angol megfelelő	Magyar megfelelő
HSDP	Homeland Security Presidential Directive	Belbiztonsági Elnöki Irányelv
NIST	National Institute of Standards and Technology	Országos Szabványügyi és Technológiai Intézet
NIPC	National Infrastructure Protection Center	Nemzeti Infrastruktúra Védelmi Központ
ENISA	European Network and Information Security Agency	Európai Hálózat- és Informatikai Biztonsági Ügynökség
EPCIP	European Program for Critical Infrastructure Protection	Európai Kritikus Infrastruktúra Védelmi Program
ECI	European critical infrastructures	Európai kritikus infrastruktúrák
CIWIN	Critical Infrastructure Warning Information Network	Kritikus Infrastruktúra Figyelmeztető Információs Hálózat
EC3	European Cybercrime Center	Európai Kiberbűnözés Elleni Központ
CERT	Computer Emergency Response Team	Informatikai katasztrófavédelmi csoport
NATO	North Atlantic Treaty Organisation	Észak-atlanti Szerződés Szervezete
CPC	Civil Protection Committee	Polgári Védelmi Bizottság
CEP	Ministerial Guidance for NATO Civil Emergency Planning	Miniszteri útmutató a NATO polgári vészhelyzeti tervezéséhez
CCPC	Civil Communication Planning Committee	Civil kommunikációs tervező bizottság
IPC	Industrial Planning Committee	Ipari Tervezési Bizottság
FAPC	Food and Agriculture Planning Committee	Élelmezési és Mezőgazdasági Tervezési Bizottság
CAPC	Civil Aviation Planning Committee	Polgári Repülés Tervezési Bizottsága
PBIST	Planning Board for Inland Surface Transportation	A szárazföldi belföldi közlekedés tervtanácsa
PBOS	Planning Board for Ocean Shipping	Tervezési tanács az óceáni hajózáshoz

Rövidítés	Angol megfelelő	Magyar megfelelő
ICS	Industrial Control Systems	Ipari vezérlő rendszerek
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition	Felügyeleti ellenőrzési és adatgyűjtési rendszer
BTS	Mobile Base Station	Mobil bázisállomás
GSM	Global System for Mobile Communications	Globális Mobil Kommunikációs Rendszer
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	Univerzális Mobil Távközlési Rendszer
HSPA	High Speed Packet Access	Nagy sebességű csomaghozzáférés
LTE	Long Term Evolution	Negyedik generációs mobil technológia
NASA	National Aeronautics and Space Administration	Nemzeti Repülési és Űrhajózási Hivatal