

**NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM  
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA**

**Bárkányi Pál mk. őrnagy**

**Katonai elektronikai felderítő rendszerek  
műszaki megbízhatósága**

Doktori (Phd) értekezés

Prof. Dr. Zsigmond Gyula  
egyetemi tanár  
Témavezető

**2012. BUDAPEST**

# TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS.....	4
A téma aktualitása.....	5
A tudományos probléma megfogalmazása.....	5
Kutatási célkitűzések.....	6
Kutatási axiómák és hipotézisek megfogalmazása.....	7
Kutatási módszerek.....	8
Várható eredmények, azok felhasználhatósága.....	9
A doktori értekezés felépítése.....	10
Alaki és formai megfontolások.....	11
I. FEJEZET. A MINŐSÉG ÉS MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS.....	12
I.1. A minőség és minőségbiztosítás polgári oldalról.....	12
I.2. A minőség és minőségbiztosítás katonai oldalról.....	15
I.3. Minőség és minőségbiztosítás katonai felderítő oldalról.....	19
I.4. KÖVETKEZTETÉSEK.....	21
II. FEJEZET. KATONAI RENDSZEREK MEGBÍZHATÓSÁGÁNAK ELMÉLETI KÉRDÉSEI.....	23
II.1 Katonai rendszerek megbízhatóság vizsgálatának matematikai modelljei.....	23
II.2. Megbízhatósági elemzés néhány módszere.....	32
II.2.1. A hibamód és hatáselemzés.....	32
II.2.2. HAZOP.....	33
II.2.3. Hibafa elemzés.....	36
II.2.4. Markov módszer.....	37
II.2.5. Megbízhatósági blokk diagram.....	44
II.2.6. Megbízhatóság előrejelzése.....	46
II.2.7. Fuzzy.....	47
II.3. Egy konkrét katonai elektronikai felderítő rendszer műszaki megbízhatóság vizsgálata jelfolyamgráf módszerrel.....	58
II.4. KÖVETKEZTETÉSEK.....	64
III. FEJEZET. ZAVARÁLLAPOTOK MEGHATÁROZÁSÁNAK ELVE.....	66
III.1. Zavarállapotok.....	66

III.2. Zavarforrások rendszerezése .....	68
III.3. Zavarási potenciál.....	70
III.4. Elektronikai rendszerek elektromágneses összeférhetőségi szintjei .....	71
III.5. KÖVETKEZTETÉSEK.....	75
IV. FEJEZET. ELEKTROMÁGNESES VILLÁMIMPULZUS .....	77
IV.1. Külső villámvédelem.....	77
IV.2. Belső villámvédelem .....	78
IV.2.1. Vezetési csatolás .....	78
IV.2.2. Induktív csatolás (Mágneses tér útján történő).....	79
IV.2.3. Kapacitív csatolás (Elektromos tér útján történő) .....	80
IV.3. Ármélykolások.....	81
IV.4. A zónás túlfeszültség-védelem.....	83
IV.5. Információs rendszerek összecsatolása .....	84
IV.6. Többlépcsős túlfeszültség védelem .....	88
IV.7. KÖVETKEZTETÉSEK.....	91
ÖSSZEFOGLALÁS.....	93
ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	95
AJÁNLÁSOK .....	96
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	97
TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM.....	98
FELHASZNÁLT IRODALOM .....	100
RÖVIDÍTÉSEK MAGYARÁZATA .....	107
ÁBRAJEGYZÉK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE .....	109
ALAPFOGALMAK.....	110

## BEVEZETÉS

A Magyar Honvédség (MH) jelenleg a világ több országában vesz részt béketámogató műveletekben, amelyeket a NATO<sup>1</sup> és EU<sup>2</sup> követelmények szerint kell kötelezően végrehajtani. A Katonai Nemzetbiztonsági Szolgálat (KNBSZ) és jogelőde a Katonai Felderítő Hivatal (KFH) e műveletekben a felderítő biztosítást, mint egyik feladatát, immáron több évtizede kimagasló és elismert szinten hajtja végre.

Ma már több országban felállításra kerültek a nemzeti hírszerző csoportok (HUNNIC<sup>3</sup>), amelyek biztosítása a KNBSZ állományából történik. Feladatukat úgy határozták meg, hogy az adott országban megjelenő többi hírszerző szervezetekkel - hírszerző közösség tagjaként - együttműködve, olyan információkat gyűjtsenek és terjesszenek fel a Magyar Honvédség vezetésének, amelyek elengedhetetlenül szükségesek a meghatározott feladatok ellátásához és a béketámogató műveletekben részt vevő személyi állomány biztonságához, valamint a maximális teljesítménynyújtásához.

A HUNNIC csoportok feladatából adódóan, létrehozásuk és működtetésük biztosítása érdekében több olyan technikai rendszert kell alkalmazni, elsősorban komplex villamos rendszereket, amelyek a feladatuk jellegéből fakadóan sajátos műszaki megbízhatósági követelményekkel kell, hogy rendelkezzenek. Ezek erősáramú, gyengeáramú és irányítástechnikai alrendszerekből épülnek fel.

Jelen dolgozat a katonai elektronikai rendszerek műszaki megbízhatóságával foglalkozik. Azokból a már megfogalmazott sajátos követelményekből kiindulva, mi szerint e rendszerek, alrendszerek az információszerző - humán erőforrással - és továbbító tevékenységre szolgálnak. Ezért nevezem én több helyen, tudatosan a „speciális elektronikus rendszerek”gyűjtőfogalmát.

---

<sup>1</sup> NATO - North Atlantic Treaty Organization

<sup>2</sup> EU - European Union

<sup>3</sup> HUNNIC - Hungarian National Intelligent Cell



## A TÉMA AKTUALITÁSA

A Magyar Honvédség nemzetközi szerepvállalása a NATO és EU keretein belül 1999-től kezdődően egyre fokozódik és olyan válságkezelő feladatokat lát el, amelyek térben és időben is elkülönülnek egymástól.

A katonai feladatok végrehajtása (konfliktus megoldás és kezelés) bonyolultságánál fogva, kellően felkészült személyi állományt igényel. Az állomány felkészítése tudatosan felépített programok alapján történik, amelyek problémája, hogy itthoni körülmények között kell az adott országban várható szituációkat modellezni, megteremteni megoldásukat, amely nagyon nehéz. A megjelenő váratlan események pedig a kiképzett személyi állomány életét is veszélyeztethetik. Emiatt mindent el kell követni ezen események időben történő előrejelzésére esetenként megakadályozására. Ennek egyik feltétele a kellő információknak időben és helyben történő átadása. Emiatt tulajdonít a hadsereg vezetése nagy jelentőséget - a kiemelt feladatok sikeres végrehajtásához elengedhetetlen - a megfelelő, gyors, pontos és több helyről származó és bizonyított hitelességű elsősorban harcászati, de ezen túl a hadászati hírszerzési információknak. Ezeket a MH a többi koalíciós nemzettől és a saját hírszerző szervétől a Katonai Nemzetbiztonsági Szolgálatától kapja meg. A KNBSZ komoly erővel van jelen ezen országokban, melynek személyi, anyagi és technikai vonatkozásai is jelentősek. A KNBSZ feladata ellátásának elősegítése érdekében HUNNIC-eket állít fel - nemzeti alapon -, minden olyan országban, válságkörzetben, ahol jelenleg béketámogató műveletekben vesz részt a MH és jelentős létszámú magyar katona hajt végre feladatot.

A több évtizedes tapasztalatokra építve a kialakításra került HUNNIC-ek, amelyek eleinte nehézkesen tudták feladataikat végrehajtani, mára technikai és személyi felkészültsége elérte a NATO elvárásainak szintjét és kiemelkedően tevékenykedik a nemzetközi hírszerző közösségben. Az összetett feladatok végrehajtásához elengedhetetlen a technikai kiszolgálás magas színvonalon történő tervezése és kivitelezése, amelyhez nagyban hozzájárul a kiépítésre kerülő elektronikai rendszerek műszaki megbízhatóságának vizsgálata.

## A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

A nemzeti hírszerző csoportok felállítására alapvetően jellemző, hogy minden szolgálati tevékenység és a végrehajtásához szükséges technikai eszköz nemzeti sajátosságú

és alapú. Ez a tény azonban nem zárja ki, sőt kötelezővé teszi, hogy rendszerbe állításuk során az adott, helyi, országoként eltérő körülményeket, paramétereket is figyelembe vegyék. Az sem mellékes, hogy a több ország részvételével végrehajtott béketámogató műveletekben mely ország, milyen technikával vesz részt? Kell-e a hírszerző csoportok információszerző és továbbító tevékenységében valamilyen technikai szinkronizációt figyelembe venni, az eszköz alkalmas-e rá?

Kutatni szükséges és fel kell tárni azokat a tudományos összefüggéseket, amelyek a már meglévő, működő elektronikai rendszereknél, azok működését befolyásoló, a fejlesztés alatt állóknak már a tervezésénél figyelembe veendő azon tényezőket, amelyek elősegítik a magyar nemzeti hírszerző csoportok gyors, hatékony és a követelményeknek minél jobban történő megfelelését.

Fontos és tudományos problémának kívánom megfogalmazni, hogy a MH hadászati és harcászati felderítésénél alkalmazott elektronikai eszközök tervezésénél, üzemeltetésénél és rendszerbe állításánál figyelembe veendő katonai (alkalmazói üzemeltetői) és polgári (gyártói) sajátosságokat, elsősorban az alkalmazó oldalról a gyártó felé pontosan, a körülmények minden elemének figyelembe vételével (külföldi alkalmazás is) egzakt módon fogalmazódjon meg. Ebbe beleértendők a törvényi korlátok és megkötések miatti alkalmazási és tervezési megkötések is.

#### KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

1. Kutatni a béketámogató műveletekben működő elektronikai felderítő rendszerek műszaki megbízhatóságának törvényszerűségeit, annak felhasználási lehetőségeit a tervezés, fejlesztés és kivitelezés folyamataiban.
2. Kutatni és kidolgozni egy olyan matematikai modellt, amely alkalmas egy felderítő komplex rendszer és annak (al)rendszerei megbízhatósági mutatóinak számítására. A matematikai módszert a kutatás során alkalmassá tenni egyszerűbb és bonyolultabb rendszerek vizsgálatára.
3. Elektronikai felderítő rendszerek szélsőséges külföldi környezetben történő alkalmazása során fellépő negatív hatások vizsgálata elemzése. Kutatni a zavarállapotok befolyásoló tényezőit, elhárításuk, megelőzésük lehetőségét.

4. Bemutatni a kutatás eredményeinek hasznosíthatóságát a Katonai Nemzetbiztonsági Szolgálat és a Magyar Honvédség azon szervezetei számára, amelyek a katonai felderítő rendszereinek tervezésében, kivitelezésében és üzemeltetésében meghatározó szerepet töltenek be. Megalapozott és bizonyított információkat szolgáltatok a döntések meghozatalához.

#### KUTATÁSI AXIÓMÁK ÉS HIPOTÉZISEK MEGFOGALMAZÁSA

##### *Axiómák*

1. A karbantartás hiánya és az emberi tényezők nagyban befolyásolhatják a kialakításra került vagy kerülő komplex katonai felderítő elektronikai rendszerek hatékony működését, amely az információszerző tevékenységet befolyásolhatja és csökkentheti annak eredményességét.
2. A béketámogató műveletek végrehajtása során megjelenő „speciális” katonai rendszerek megnövelhetik a zavarállapotok számát, amely az elektronikai rendszerek működését nagyban befolyásolják, károsítják.
3. Az alapos helyi, külföldi körülmények ismerete nagyban növeli az elektronikai rendszerek hatékony és költségkímélő üzemeltetését.

##### *Hipotézisek*

1. Feltételezem, hogy a költséghatékonyság növelése érdekében a feladatok követelmények szerinti ellátásánál a polgári életben alkalmazott eszközök is beintegrálhatók, tételesen a magasabb követelményű információszerző tevékenységbe. Ennek feltétele a műszaki megbízhatóság törvényszerűségeinek szakszerű és sajátos ismerete és alkalmazása, a katonai elektronikai felderítő rendszerek tervezése, fejlesztése és kivitelezése folyamatában.
2. Feltételezem, hogy létezik olyan matematikai eljárás, modell, amely segítségével elemezni lehet a működés megbízhatóságának összességét és elemeit és meg lehet határozni annak egzakt mutatóit. Feltárom és rugalmasan változó követelmények kielégítésére alkalmassá teszem a matematikai modellt, amely az elemek, alrendszerek és nagy rendszerek vizsgálatára alkalmas lesz.

3. Bizonyítani kívánom, hogy egy idegen területen a zavarforrások pontos feltérképezése és egy elektronikai felderítő rendszerrel a működési megbízhatóság függősége zavarforrás jellege miatt nagymértékben ronthatja a működés feltételeit. Feltételezem, hogy ezen zavarforrások ismerete, földrajzi elhelyezkedéstől függően, már a kivitelezésnél, tervezésnél, esetleg üzemeltetésnél, hatékonyság növelő tényező lehet.
4. Feltételezem, hogy a külföldi szolgálat során alkalmazott technikai berendezéseknél, a földrajzi környezet, a váratlanság, a karbantartás korlátozott volta miatt nagyobb megbízhatósági tényezővel kell számolni. Ezért fontosnak tartom és igazolom, a körülmények pontos feltérképezésével a hibalehetőségek feltárásával a gyártóval szembeni megfogalmazásának szükségességét.

#### KUTATÁSI MÓDSZEREK

A téma összetettsége és a megfogalmazott hipotézisek széles területe a kutatási módszerek sokféleségét igényelte. Azok megválasztása a klasszikus értelemben vett módszerekre és az azokból eltérő új eljárásokra is kiterjedtek.

Elsődleges célom és feladatomban volt a vonatkozó nemzetközi és hazai szakirodalmak feldolgozása, felkutatása, az abban foglaltak kellő mélységű analizálása, egyes változatok elemzése, annak eredményeinek összevetése a kitűzött célokkal, a felhasználhatóságuk kellő alátámasztás.

Jellegzetesen alkalmazandó és felhasználható módszerek a kutató munkám során:

- A minőség és megbízhatóság elméleti és gyakorlati alapjai polgári és katonai irodalmának, szabványainak feldolgozása és értelmezése. Az általános elvekből a konkrét feladatra való adaptációja. Az elmélet és gyakorlat szintetizálása a katonai felderítő tevékenységben alkalmazott elektronikai eszközöknél.
- Korszerű matematikai apparátusok bemutatásával elemezni kívánom azokat az eljárásokat, amelyek a hipotéziseim 2. pontjában megfogalmazott állításomat igazolják és az alternatívák elemzésével kívánok eljutni a legjobb megoldás kiválasztásához.
- Tudatos elméleti felkészülésemet kiegészítette az a lehetőség, hogy módomban volt megismerni a béketámogató műveletek külföldi helyszíneit, az egyes helyszínek sajátosságaiból fakadó eltéréseket. Ezek tudatos összegyűjtésével, rendszerezésével

értékelni tudtam a zavarállapotokat, amelyeknek következménye lett, hogy kellő információ álljon rendelkezésemre ahhoz, hogy megalapozott következtetéseket vonhassak le saját rendszereink működtetéséhez.

- A kutatómunka módszereinek megtervezéséhez felhasználok a külföldi és hazai konferenciákon szakkiallításokon történt részvételem során szerzett tapasztalataimat. Naprakész ismereteket sikerült szerezni, a jelenleg alkalmazott és bevezetésre kerülő katonai elektronikai felderítő rendszerekről, ezeket a tanulmányomban közreadom.

A dolgozatom elkészítése során, a katonai és polgári elektronikai rendszerek feldolgozása közben gyakran találkoztam, olyan fogalmakkal, amelyek szenzitív információkat tartalmaztak. Ezért törekedtem a dolgozatomban ezek feloldására, így abban minősített információ nincsen.

#### VÁRHATÓ EREDMÉNYEK, AZOK FELHASZNÁLHATÓSÁGA

A dolgozatomban megfogalmazott célkitűzések megvalósulása esetén a dolgozat *eredményeit* az alábbiak szerint foglalom össze:

1. A katonai és polgári elektronikai rendszerek együttes, hatékony alkalmazása, feltételeinek megteremtése. Ennek érdekében, matematikai modell megalkotása és alkalmazási lehetőségeinek kialakítása, a katonai elektronikai felderítő rendszerek műszaki megbízhatóságának – költséghatékony növelése – érdekében.
2. A béketámogató műveletekben alkalmazott katonai felderítő elektronikai rendszerek zavarállapotainak felmérésével, azok eredményeinek felhasználásával, ezen eszközök, komplexumok működésének optimalizálása, a zavarállapotot befolyásoló tényezők csökkentése által.
3. Összességében a dolgozat konklúziói elősegítik a KNBSZ hírszerző tevékenységének támogatása céljából kialakításra kerülő katonai elektronikai felderítő rendszerek megbízhatóságának növelését.

#### *Felhasználhatóság:*

1. A dolgozatban szereplő általános törvényszerűségek és vizsgálati módszerek más körülményekre való adaptálásával, lehetőség nyílik, a KNBSZ szakirányú fejlesztéseinek költséghatékonyasága, illetve az emberi erőforrás-gazdálkodása javítására, fejlesztési koncepciók kialakítására.

2. A MH hazai és nemzetközi kötelezettségeiből fakadó feladatok végrehajtásához szükséges rendszerek (elektronikai) kiváltása polgári rendszerekkel, úgy hogy azok működése biztonságos legyen a hazai viszonyoktól eltérően műveleti környezetben is.
3. Az eredmények nagy része perspektivikusan alkalmassá tehető a Nemzeti Közszolgálati Egyetem szakmaspecifikus BsC és MsC képzésében az oktatási rendszerbe állítására, továbbá a külföldi feladatok végrehajtására kimenő személyi állomány felkészítésére.

#### A DOKTORI ÉRTEKEZÉS FELÉPÍTÉSE

A bevezetésben a témaválasztás aktualitásáról írtok, valamint itt fogalmazom meg a kutatási céljaimat és kutatási módszereimet.

AZ ELSŐ FEJEZETBEN ismertetem a minőség és minőségbiztosítás fogalmát, majd azt elemzem a meglévő hazai és külföldi szabványok alapján. A polgári minőségbiztosítási szabványok bemutatása után a katonai - elsősorban a NATO által lefektetett - minőségbiztosítás sajátosságait fejtem ki. Kiemelem a különbséget a polgári és katonai szabványok között és bevezetem a katonai felderítésnél alkalmazott egyedi elvárásoknak megfelelő - vegyes - minőségbiztosítási elveket.

A MÁSODIK FEJEZETBEN a katonai rendszerek megbízhatóságának matematikai vizsgálati módszereit gyűjtöm össze és példákon keresztül mutatom be az alkalmazásukat. A matematikai vizsgálati módszerek közül két eljárást emelnék ki, az egyik a Markov elemzés gráfelméleti módszerrel - amelyet algoritmizálok, így bármely programozási nyelven lefordítható és automatizálhatja, meggyorsíthatja a számítást – a másik a fuzzy eljárás, amely mára már az egyik legmodernebb eljárási mód.

A HARMADIK FEJEZETBEN a hibamentesség vizsgálatának egyik módszerével, a zavarállapotok meghatározásának elvével foglalkozom. A zavarforrások meghatározása egy rendszer tervezésének egyik fontos momentuma, amely a katonai elektronikai felderítő rendszereknél – a sajátos bevetési körülmények miatt - nagyban eltérhet a civil paraméterektől. Bevezetem a zavarpotenciál fogalmát és számítási módszerét, amely jelentősen befolyásolhatja a rendszerünk működését, valamint megvizsgálom az elektromágneses összeférhetőségi szint hatását a katonai felderítő rendszereknél.

A NEGYEDIK FEJEZETBEN az elektromágneses villámimpulzus hatásait és azok elleni védekezés módszereit gyűjtöm össze és specifikálom konkrétan a katonai elektronikai felderítő rendszerek vonatkozásában. Kitérek az információs (informatikai, kommunikációs) rendszerek védelmére, valamint a műveleti területen kiépítésre került objektumok többlépcsős védelmére.

AZ ÖSSZEFOGLALÁS tartalmazza az előző fejezetekben megállapított részkövetkeztetések főbb gondolatait, s azok szintézisaként a kutatási eredményeket.

#### ALAKI ÉS FORMAI MEGFONTOLÁSOK

A szakirodalomból felhasznált részeket az értekezés törzsrészában előfordulásuk sorrendjében [szögletes] zárójelben lévő számmal jelölöm és az értekezés végén „Felhasznált irodalom” cím alatt sorolom fel. A kiegészítő és az értekezésben szereplő kifejezéseket magyarázó ismeretanyagot „Lábjegyzet” formájában tüntetem fel. Az értekezés témájához sok esetben idegen nyelvű kifejezés, szóösszetétel, betűszó vagy rövidítés kapcsolódik, ezért azokat előfordulásuk alkalmával kifejtem és az értekezés végén táblázatban foglalom össze. Azokat az ábrákat, amelyeknél a forrás nincs feltüntetve, a szerző készítette.

## **I. FEJEZET. A MINŐSÉG ÉS MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS**

A fejezet a minőségről, a minőségbiztosításról és a minőségirányítási rendszerek nemzetközi, civil és NATO szabványsorozatának jellemzőiről, mutatóiról szól, kiemelve a katonai felderítésnél fellépő olyan sajátosságokat, melyek befolyásolhatják az elektronikai rendszerek élelciklusát.

### **I.1. A minőség és minőségbiztosítás polgári oldalról**

Mindenekelőtt meg kell határoznunk azokat a fogalmakat, melyeket a civil, nemzetközi, illetve a NATO által meghatározott szabványok alkalmaznak.

A minőség fogalmát a fejlett országok gazdasági rendszerei vezették be elsősorban a piaci viszonyok hatására, de nem adekvátan mivel többrétű kialakulására nagy hatást gyakorolt a katonai potenciálok versengése is. A minőség fogalma [1]: Az egység (termék, szolgáltatás) olyan jellemzőinek összessége, melyek befolyásolják azon képességét, hogy meghatározott és elvárt igényeket kielégít-e. A fogalom használatakor azonban az igényeket meg kell határoznunk, fel kell mérnünk. Az előírásainknak való megfelelést a minőség-ellenőrzés biztosítja. Ez az a tevékenység, mellyel meghatározzák, hogy a termék vagy szolgáltatás jellemzői megfelelnek-e az előírt követelményeknek [2]. A minőség-ellenőrzés két alapvető módja: a matematikai statisztikai alapokra épülő méréses és minősítéses mintavételei tervek, valamint a mérés technikai eszközökkel történő végrehajtás [3]. A minőség-ellenőrzés során felmerülő - gyártási - hibák ill. ezek okainak kiküszöbölése érdekében visszacsatolásokat végzünk (minőség szabályozás), amellyel a termék termelésének folyamatát, szervezését optimalizáljuk (gazdaságossá tesszük). A felhasználó (vevő) igényeinek kielégítése érdekében a minőségbiztosítás fogalmának bevezetése szükséges, melynek a minőség szabályozás mellett a hibák kiküszöbölése a feladata. A minőségbiztosítás garantálja, hogy az egység teljesíti a minőségi követelményeket. A látens (rejtett) felhasználói igények kielégítésére érdekében be kell vezetnünk a minőségirányítás definícióját, amely a „vállalat” minőségügyi célkitűzéseit és minőségpolitikáját határozza meg a minőségtervezés, minőségbiztosítás és minőségfejlesztés eszközrendszerén keresztül [4]. A szervezet egészére kiterjedő komplex vezetési, irányítási filozófia a teljes körű minőségirányítás (TQM<sup>4</sup>), amely

---

<sup>4</sup> TQM - Total Quality Management



a szervezetben vertikálisan és horizontálisan is hat a minőségre és a minőség javításra. A szervezetnél a végrehajtás úgy történik, hogy a szervezet az összes tagját bevonja a minőségközpontú cselekvési programjába és folyamatirányítást (folyamatszervezés, folyamatelemzés, folyamatjavítás) végez a fejlesztés hatékonyságának növelése érdekében.

A minőségügy, minőségirányítási rendszerek alapvetően a hadiipar, hadi kultúra megjelenésével egyidősek, mivel már a hadak felszerelésénél vagy élelmezésénél is már vizsgálatokat és ellenőrzéseket végeztek. A szabványosítás már a 19. század végén Angliában elkezdtek, de az Egyesült Államokban 1941-ben kiadásra került MIL STD 105<sup>5</sup> mintavételi szabvány tekinthető a mai szabványok alapjának.

A civil területen a katonai szabványok kölcsönös megfeleltetésével - minőségirányítási rendszerek kifejlesztésével és a gyártás során történő ellenőrzések, hibák észrevételével - az 1987-ben megjelent ISO<sup>6</sup> 9000-es nemzetközi szabványsorozat és az 1994-ben kiadott módosítás foglalkozik, amelyet átfogóan 2008-ban dolgoztak át [5] [6] [7].

Az ISO 9000 család elemei:

ISO 9000:2005 – Magyarázó szabvány: tájékoztató jellegű, követelményeket nem tartalmaz, a jobb megértést és tájékozódást segíti elő;

ISO 9001:2009 – Követelmény szabvány: azokat a követelményeket tartalmazza, amelyeket a minőségirányítási rendszer alkalmazójának teljesítenie kell ahhoz, hogy az arra feljogosított (tanúsító) szerv a szabvány szerinti működését tanúsítsa;

ISO 9004:2000 – Fejlesztő szabvány: olyan ajánlásokat, útmutatásokat tartalmaz, melyek a minőségirányítási rendszer továbbfejlesztését, tökéletesítését célozzák.

Az ISO 9001:2009 szabvány mára a legszélesebb körben elterjedt, amely mind a vállalkozói, mind a közigazgatásban, a kormányzati szervek, non-profit szervezetek működésében egyaránt alkalmazható. A minőségirányítási rendszerekkel kapcsolatos követelményeket fogalmazza meg, amely a felhasználó (vevő) igényeinek mindenkor teljesítését hangsúlyozza függetlenül a gyártó cég paramétereitől [8], valamint biztosítja a

---

<sup>5</sup> MIL STD – Military Standard

<sup>6</sup> ISO - International Organization for Standardization

cégen belüli folyamatok áttekinthetőségét és a tevékenységek ésszerű dokumentálhatóságát, lehetővé téve a folyamatok irányíthatóságát.

Az ISO 9001:2009 irányelvei kiterjednek az egész tevékenységre, tehát a szervezetre, a munkatársakra és a folyamatokra is.

A minőségirányítási rendszereket nyolc alapelv jellemzi:

1. Vevőközpontú szervezet;
2. Vezetési kultúra;
3. A munkatársak bevonása;
4. Folyamatszempléletű megközelítés;
5. Rendszerszemlélet az irányításban;
6. Folyamatos fejlesztés;
7. Tényeken alapuló döntés-hozatal;
8. Kölcsönösen előnyös kapcsolatok a beszállítókkal.

A 8 alapelv lényegében a teljes körű minőségirányítás (TQM) filozófiáját is magába integrálta, így szó szerint átvette a „vevőközpontúság” és a „folyamatos fejlesztés” elveket, a „teljes elkötelezettség” pedig a „vezetés” és a „munkatársak bevonása” irányelvekben tükröződik, azonban kihagyja a gazdálkodási folyamatokat.

A megfogalmazott minőségirányítási alapelvek végső célja - a szervezet vezetésében és működtetésében - a teljesítmény hosszú távú növelése, de nem csak a vevő, hanem az összes érdekelt fél igényeinek figyelembevételével. Az alapelvek alkalmazásának felelősségét pedig a felső vezetőre helyezi.

Az ISO 9004 a már működő, meglévő rendszerünk továbbfejlesztésére ad tanácsot, levezetve az összes érdekelt félre az eredményesség és hatékonyság növelésének kérdését, nagy hangsúlyt fektetve a rendszer minden elemére.

A szervezet teljes körű eredményességének és hatékonyságának folyamat alapú fejlesztéshez ad útmutatót. A vevők és más fontos felek elvárásainak hosszú távú és kiegyensúlyozott módon történő kielégítésére összpontosít, úgy hogy a vevőknek nyújtott termékek és szolgáltatások minőségének javítását az önértékelés használatával segíti.

Az önértékelésnek magába kell foglalnia a következőket:

- a szervezet fejlettségi fokának meghatározását beleértve a vezetést, stratégiát, menedzsment rendszert, erőforrásokat és folyamatokat;
- meghatározni a erősségeket és gyengeségeket;
- megtalálni a lehetőségeket a fejlesztésre, vagy újításra.

## **I.2. A minőség és minőségbiztosítás katonai oldalról**

Magyarország NATO csatlakozását követően a Magyar Honvédség feladatai közé bekerült a NATO által alkalmazott doktrínák, szabványok feldolgozása és alkalmazása. Ez azt jelentette, hogy a védelmi képességek kialakítása és az ezek ellátására hivatott/alkalmazott rendszereknek illetve alrendszereknek szabványosnak kell lenniük, hiszen a NATO ezt már 1967-ben meghatározta tagállamai számára. Megalkotta „Az Állami Minőségbiztosítás kölcsönös elfogadására és az AQAP<sup>7</sup>-k (Szövetségi Minőségbiztosítási Kiadványok) alkalmazására” a STANAG<sup>8</sup> 4107 szabványt, amelyben rögzítette a szövetség minőségbiztosítási modelljét és meghatározta a NATO-ban rendszeresített eszköz minőségének és megbízhatóságának követelményét. Lefektetésre került, hogy már a tervezés és a fejlesztés időszakában, valamint a gyártás során is biztosított legyen a minőség és megbízhatóság<sup>9</sup> ellenőrzése, és ne csak a kész rendszer, eszköz ellenőrzésére kerüljön sor. A NATO három pillérre építette a katonai és polgári együttműködést, amelyet a STANAG (a NATO tagállamok által ratifikált Szabványosítási Egyezmény), a AQAP és az ARMP<sup>10</sup> (Szövetségi Megbízhatósági és Karbantartási Dokumentum) útján fogalmaz meg.

Az AQAP alkalmazási módja szerint megkülönböztetett kétféle csoport a szerződéses illetve az útmutató típusút. A NATO AQAP 100-as család dokumentumai az ISO 9000-es szabványsorozatban lefektetett alapokra épülve a magasabb katonai követelményeket tartalmazzák. A kiegészítések elsősorban a katonai speciális eszközök beszerzésénél felmerülő minőségbiztosítási hatásköröket taglalják, valamint a felügyeleti, vizsgálati és ellenőrzési eljárásokat. Az ISO 9000: 2000 nemzetközi szabványsorozat deklarálásával az AQAP is új kidolgozást jelentetett meg, melyet az AQAP 2000 család tartalmaz. A kivonásra

---

<sup>7</sup> AQAP - Allied Quality Assurance Publications

<sup>8</sup> STANAG - Standardisation Agreement

<sup>9</sup> Megbízhatóság - gyűjtőfogalom, amelyet a használhatóság és az azt befolyásoló tényezők, azaz a hibamentesség, a karbantarthatóság és a karbantartás-ellátás leírására használnak.

<sup>10</sup> ARMP - Allied Reliability and Maintainability Publication

került AQAP 100-as családból az AQAP-160,169 (A szoftverekkel kapcsolatos követelmények) maradtak meg. Az AQAP 2000 dokumentum meghatároz egy új szemléletet, mely egy integrált rendszerszemléletű minőségelv a hadifelszerelések élettartamára vonatkozóan [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17].

A dokumentum fogalmai a következő négy területet fedik le:

- az „idő”, amely az életciklusokkal foglalkozik;
- a „funkció”, amely az életciklus folyamataival foglalkozik;
- az „erőforrás”, amely az életciklusokban résztvevőkkel foglalkozik;
- a „szervezet”, amely az irányítási (vezetési) rendszerrel foglalkozik.

A NATO az általa meghatározott szabványokat a résztvevő tagállamok szervezeti és rendszerei hatékonyságának növelése érdekében alkotta meg, mely egy hatékony és gazdaságos minőségirányítási rendszeren keresztül valósulhat meg. A Szövetség szabvány rendszere és dokumentumai egységes képet alkotnak a nemzetközi szabványokkal és dokumentumokkal, azzal a különbséggel, hogy nagyobb követelményt támasztanak a vele együttműködő szervezetek felé.

A megbízhatóságról és karbantarthatóságról<sup>11</sup> szóló NATO alapelveket a STANAG 4174 tartalmazza, míg a követelmények megfogalmazását a Szövetségi Megbízhatósági és Karbantarthatósági Dokumentum (ARMP) rögzíti [18] [19] [20] [21] [22] [23].

Az ARMP a következőkből áll:

1. ARMP-1 a megbízhatóság és karbantarthatóság követelményeit tartalmazza;
2. ARMP-7 a megbízhatóság és karbantarthatóság terminológiáját tartalmazza;
3. ARMP-4 információt és útmutatást ad a követelmények teljesítéséhez;
4. ARMP-6 definiálja azokat a módokat, amelyek az alkalmazásra került eszközök, berendezések megbízhatósági követelményeinek minősítésére alkalmasak;
5. ARMP-9 útmutatást ad a szoftverek megbízhatósági és karbantartási managementjéhez.

---

<sup>11</sup> Karbantarthatóság - a terméknek az a képessége, hogy meghatározott használati feltételek között olyan állapotban tartható, illetve olyan állapotba állítható vissza, amelyben előírt funkcióját teljesíteni tudja, ha karbantartását adott feltételek között és az előírt eljárások, valamint erőforrások felhasználásával végzik el.

Az ARMP-1 szabvány a végtermékek megfelelőségének feltételét, valamint a megbízhatóság és karbantartás fontosságát hangsúlyozza, melyet a tervezés korai fázisában már alkalmazni kell. Kiemeli a szállító és a vevő közötti kontaktusok előnyét és fontosságát. A megbízhatósági és karbantartási követelményeknek mindig a vevő felé kell a legjobban megfelelniük, hiszen a szabvány vevőközpontú [18].

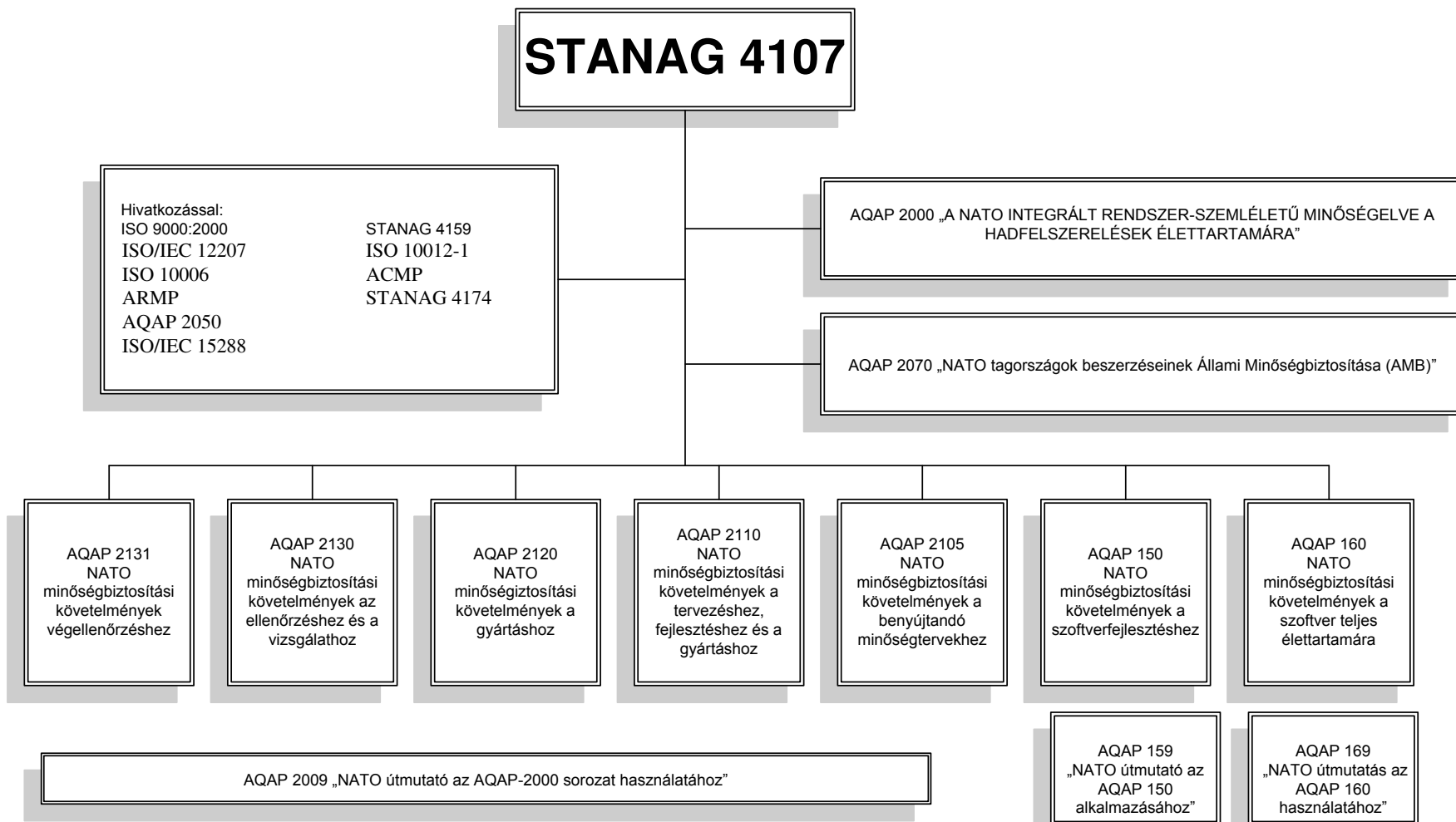
Az ARMP-4 a tervezés és kivitelezés tekintetében jelentős, mivel útmutatót ad arra vonatkozóan, hogy a felállítandó követelménycsoportokhoz milyen működési és üzemeltetési fogalmak tartoznak illetve, hogy milyen a kívánt tulajdonságú termék. A dokumentum tartalmaz még ezen felül olyan adatokat is, melyek a megbízhatóság eléréshez nélkülözhetetlenek [19].

Az ARMP-6 a bevezetésre kerülő berendezések, rendszerek megbízhatósági követelményeinek minősítésére ad útmutatót és különböző módszereket. Definiálja azokat az adatokat, eszközöket és módszereket, melyek a megbízhatóság minősítéséhez kellenek [20].

Az ARMP-7 a NATO által a megbízhatóság és karbantartás témakörében bevezetésre került fogalmakat tartalmazza. Az általa meghatározott vagy leírt szakkifejezéseket részletesen leírja, abból a célból, hogy a tagállamok szakemberei ne értsék félre egymást és mindenki ugyan azt a fogalomkészletet használja [21].

Az ARMP-9 meghatározza a szoftverek megbízhatóságát és karbantartásának fogalmi körét és eszközrendszerét [22].

A szabványok bevezetésével mindazon szervezeteknek és vállalatoknak, amelyek haditechnikai eszközök vagy hadianyagok tervezésével, gyártásával, kivitelezésével foglalkoznak, alkalmazniuk kell a minőségbiztosítási, megbízhatósági és karbantartási normatívákat.



### I.3. Minőség és minőségbiztosítás katonai felderítő oldalról

A katonai felderítésnél alkalmazott rendszereknél eltérő lehet a követelmény a katonai és polgári szabványok által meghatározott minőség és minőségbiztosítási alapelvektől. A berendezésekkel, rendszerekkel szemben támasztott követelményeket az határozza meg, hogy a béketámogató műveletek felderítő biztosításánál milyen feladatra kívánják használni. A követelményeket befolyásoló tényezők az alábbiak:

- az alkalmazás helye;
- az alkalmazás ideje;
- az alkalmazó személy.

A katonai felderítésben használt rendszereknek, eszközöknek, berendezéseknek közvetlen katonai és harctéri feladatok ellátásában is tevékenyen részt kell tudniuk venni rendeltetésükből adódóan. A harctéri extrém körülmények, a szélsőséges klíma, a terepviszonyok, valamint a személyi állomány képzettségét tekintve, ugyanazokat a szabványokat kell követni, mint a Magyar Honvédségben. A harctéri rendszerekhez való integrálódás, kapcsolódás lehetőségét biztosítani kell, mert a rendszerek átjárhatóságával érhető el a legnagyobb hatékonyság. A harcvezető rendszerek és felderítő rendszerek együttes alkalmazása mára elengedhetetlen a műveleti illetve harcászati feladatok végrehajtásánál. A katonai felderítésnél alkalmazott eszközöknek nem csak a Magyar Honvédségnél rendszeresített eszközrendszerhez kell alkalmazkodnia, együttműködnie, hanem a NATO tagállamoknál alkalmazott technikai eszközökhöz is.

*„A haditechnikai eszközök minőségét szűkebb értelemben, de a gyakorlati értékelés szempontjából már direkt módon is felhasználhatóan úgy lehet meghatározni, mint a harcászati- műszaki követelményekben előírtak megvalósulásának mértékét. Ezt rendszerbe foglalóan a haditechnikai eszközök legfontosabb tulajdonságainak olyan együttese írja le, amelyet az eszközök harci lehetőségének nevezhetünk.”<sup>12</sup>*

A felderítésnél alkalmazott rendszerek bevetési és alkalmazási területe azonban jóval eltérőbb is lehet a hagyományos katonai műveletek (béketámogató feladatok) során

---

<sup>12</sup> Dr. Turcsányi Károly: A haditechnikai eszközök megbízhatóságának elméleti alapkérdései egyetemi jegyzet, ZMNE, 1999., pp. 9.

megszokottaktól. A hely, idő és alkalmazó (feladat-végrehajtó) személy vonatkozásában sokrétű, szerteágazó esetenként merőben más – nem katonai körülmények között – feladat végrehajtása történhet. Ebben az esetben meg kell vizsgálni, hogy a katonai műveletek során alkalmazott szabványok betartása mennyire hátráltathatja a feladat sikeres teljesítését. Nem minden esetben előnyös, olyan katonai minőségbiztosítási szabvány szerint létrehozott rendszerek, eszközök alkalmazása, amelyek szükségességét a megjelenő külső körülmények (nem csak a dolgozatomban kiemelt, megemlítet hatásaira gondolva) nem indokolják és csak „túlbiztosítás” lenne. Az eltérés abból a szempontból is jelentkezhet, hogy a különböző HUMINT<sup>13</sup> feladatok végrehajtását leíró szabályzók, szabályzatok mennyire engedik meg a katonai paraméterekkel rendelkező eszközök alkalmazását.

A másik csoport a nem harctéri alkalmazásra kerülő rendszerek, melyek akár hazai vagy külföldi körülmények között civil normák alapján kerülnek kialakításra. Az így kialakított rendszereknél viszont nem léphetnek fel extrém körülmények vagy bármiféle nem várt esemény.

A legtöbb esetben irodai felhasználás történik, ami azt jelenti, hogy a berendezések klimatizált épületekben vagy konténer helyiségekben kerülnek elhelyezésre. A rendszerekkel szemben nem támasztunk nagyobb követelményeket, mint egy polgári irodai környezetben, ezért alkalmazhatóak azok az előírások, melyeket a civil megbízhatósági szabványok írnak elő.

A minőségbiztosítási tevékenységgel jelentős költségek takaríthatók meg az utóbbi két esetben. A hibamentesség növelhető a megfelelő tervezéssel és a termék egész életciklusán átívelő rendszeres karbantartással. A megfelelő szabványok - polgári, NATO - alkalmazása a feladat függvényében nagyban befolyásolhatják a költségeket, és kihatással lehetnek a feladat végrehajtásának eredményességére. A tervezés, fejlesztés és kivitelezés hatékonysága és költség vonzatait nagyban befolyásolja a három alapvető tényező a hely, idő, személy pontos ismerete. Ezért a kialakított rendszerek nagyban különbözhetnek is egymástól, ezzel elveszítve az egységes, egyforma, rendszeresített normatívák által megszokott katonai jelleget. Már az első fázisban a tervezés során meg kell állapítani, hogy a katonai szabványok által lefektetett előírások kellenek-e vagy elég a polgári életben alkalmazott elektronikai rendszerekkel szembeni elvárások. A béketámogató műveletek felderítő biztosításánál alapvetően a végrehajtandó feladat szablya meg a katonai felderítő rendszer kiépítettségének sajátosságait.

---

<sup>13</sup> HUMINT - Human Intelligence



## I.4. KÖVETKEZTETÉSEK

A fejezetben bemutatott és a témával összekapcsolható irodalom és egyéb szabályozók áttanulmányozása és feldolgozása alapján megállapítottam, hogy a Magyar Honvédségben alkalmazásra kerülő és a felderítésnél alkalmazott elektronikai rendszerek minőségbiztosítási elveknek való megfeleltetése széleskörű elemző munkát igényel.

A bemutatott szakirodalom feldolgozása azt bizonyítja, hogy a katonai és polgári életben már régóta alkalmazott minőségbiztosítási szabványok tartalmazták a tervezés a gyártás és az üzemeltetés során betartandó szabványokat, és a működést zavaró tényezők elhárítására vonatkozó utasításokat. Mindezt tették az eszközök állagmegóvása, élettartamuk növelése érdekében.

A katonai berendezések tervezése, gyártása és üzemeltetése során e szabványok mások voltak, mint a civil életben, alapvetően szigorúbbak az eszközök rendeltetéséből fakadóan. Mindez addig tartott, míg a hadiipar teljes mértékben elszeparálódott a polgári élet iparától.

Az elmúlt néhány évtizedben a katonai szövetségek átalakuló doktrinális filozófiája miatt ez a szelekció megváltozott és a katonai, polgári célokra készített eszközrendszerek konvertálhatóvá váltak. Így a minőségbiztosítással kapcsolatos szabványok bizonyos területeken közeledtek egymáshoz.

A jelenleg bemutatott minőségbiztosítási szabványok, amelyek a NATO-n belül és a polgári területen még ma is markánsan elkülönülnek egymástól, a technológiák fejlődése következtében azonban néhány sajátos területen megfigyelhető a közeledés. Ide tartoznak a katonai felderítésnél alkalmazott elektronikai rendszerek, eszközök, amelyek a humán erőforrással történő információszerző tevékenység támogatására szolgálnak. Ha ezen eszközök alkalmazásánál (polgári), a bevetési körülmények kellően vesszük figyelembe, a költséghatékonyság is növelhető.

Mindezeket figyelembe kellett venni a fejezetekben kifejtett elméleti elemzések tárgyalásánál. Ezzel teljesítettem a kutatási célkitűzésem 1. pontjában megfogalmazottak vizsgálatát tételiesen „...a béketámogató műveletekben működő elektronikai felderítő rendszerek műszaki megbízhatóságának törvényszerűségeit, annak felhasználási lehetőségeit a tervezés, fejlesztés és kivitelezés folyamataiban”.

Igazolódott az a feltételezésem (hipotézisek 1. pont) mely szerint:

„Feltételezem, hogy a költséghatékonyság növelése érdekében a feladatok követelmények szerinti ellátásánál a polgári életben alkalmazott eszközök is beintegrálhatók tételen a magasabb követelményű információszerző tevékenységbe. Ennek feltétele a műszaki megbízhatóság törvényszerűségeinek szakszerű és sajátos alkalmazása, a katonai elektronikai felderítő rendszerek tervezése, fejlesztése és kivitelezése folyamatában.”

A cél és hipotézis elem realizálása biztosítja az eredmények és felhasználhatóság általam leírt folyamatában az 1. pont alattiakat.

## **II. FEJEZET. KATONAI RENDSZEREK MEGBÍZHATÓSÁGÁNAK ELMÉLETI KÉRDÉSEI**

Ebben a fejezetben ismertetem a megbízhatóság-elemzés általános lépéseit, valamint néhány olyan elterjedt elemzési eljárást, melyek felhasználhatóak a katonai felderítésnél alkalmazott elektronikai rendszerek vizsgálatánál. Kiemelten foglalkozom a jelfolyamgráf elemzési módszerrel, amely egyszerű alkalmazására kialakítottam egy eljárás sort. A definiált lépéssorozat egyszerűsége miatt bármilyen programozási nyelven alkalmazható.

### **II.1 Katonai rendszerek megbízhatóság vizsgálatának matematikai modelljei**

A katonai felderítésnél alkalmazott elektronikai struktúrák - feladatukból adódóan - komplex, több rétegű alrendszerek kapcsolatából épülnek fel. Az alkalmazott architektúrákkal szemben támasztott követelmények eltérnek a Magyar Honvédség által rendszeresített eszközrendszerektől. A komplex villamos rendszerek megbízható működése függ az alkalmazott elektronikai, illetve energiaellátó alrendszerek műszaki megbízhatóságától. A telepítésre került rendszerek egymástól nagy távolságra helyezkedhetnek el - műveleti terület és a Központ vonatkozásában - és a közvetlen kapcsolat egymás között nem mindig építhető ki, csak egy független harmadik fél közbeiktatásával.

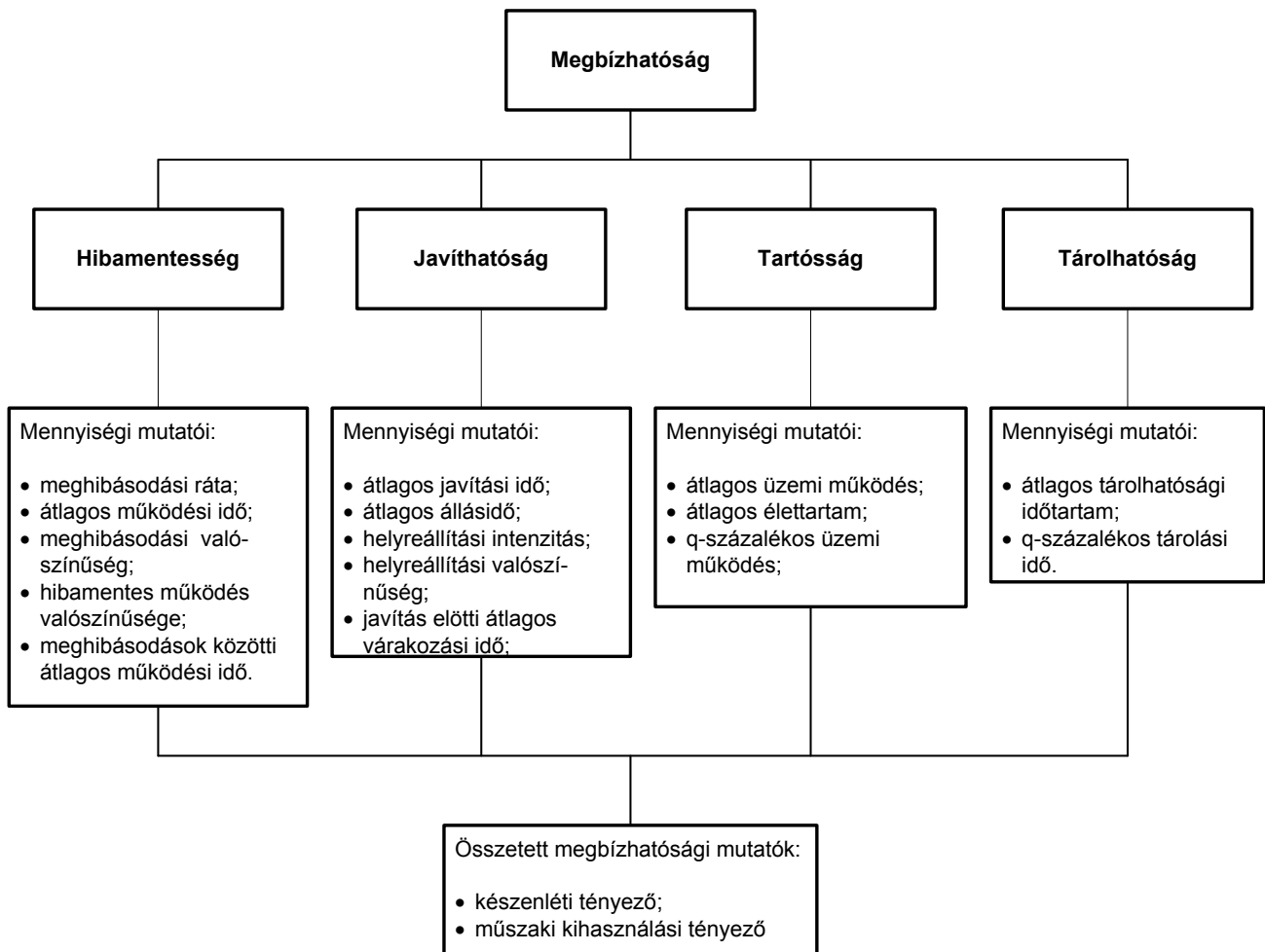
A katonai felderítés által támasztott igények a rendszerekkel szemben igen magasak, mivel sokrétű, szerteágazó, több kontinensen átívelő összetett, fejlett hálózatokról és struktúráról beszélhetünk. Alapvetően a Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság (IEC<sup>14</sup>) által készített nemzetközi szabvány, valamint az MSZ<sup>15</sup> IEC 50(191) által lefektetett „megbízhatóság” fogalma és meghatározásai az irányadók az alkalmazott elektronikai rendszerek vizsgálatánál [25].

A komplex elektronikai rendszerek esetében az üzemzavarmentes működés vizsgálatánál legfőképpen a zavarállapotok azon eseteit kell figyelembe venni, amelyeket az elektronikai rendszerek működtetésénél jelentkező technikai és egyéb zavarforrások idéznek elő illetve, hogy a vizsgálatot - kiegészítő tényezőként - a rendszer gazdaságossági mutatója is befolyásolhatja.

---

<sup>14</sup> IEC - International Electrotechnical Commission

<sup>15</sup> MSZ - Magyar Szabvány



2. ábra. A megbízhatóság területei [25]

A megbízhatóság magába foglalja a hibamentesség, a javíthatóság, a tartósság, és a tárolhatóság fogalmát is. A rendszerektől elvárt, hogy nem csak a hibamentes működés (egy adott idő intervallumon belül) a kritérium, hanem a rendszer előírás szerű üzemeltetése, karbantartása, javítása és ezek mellett tartóssága is.

Az MSZ IEC 50 (191): 1992 és az és MSZ EN ISO 9000 szabvány [4] a megbízhatóságot, olyan gyűjtőfogalomként határozza meg , „amelyet a használhatóság és az azt befolyásoló

tényezők, azaz a hibamentesség, a karbantarthatóság és a karbantartás ellátás leírására használják”<sup>16</sup>

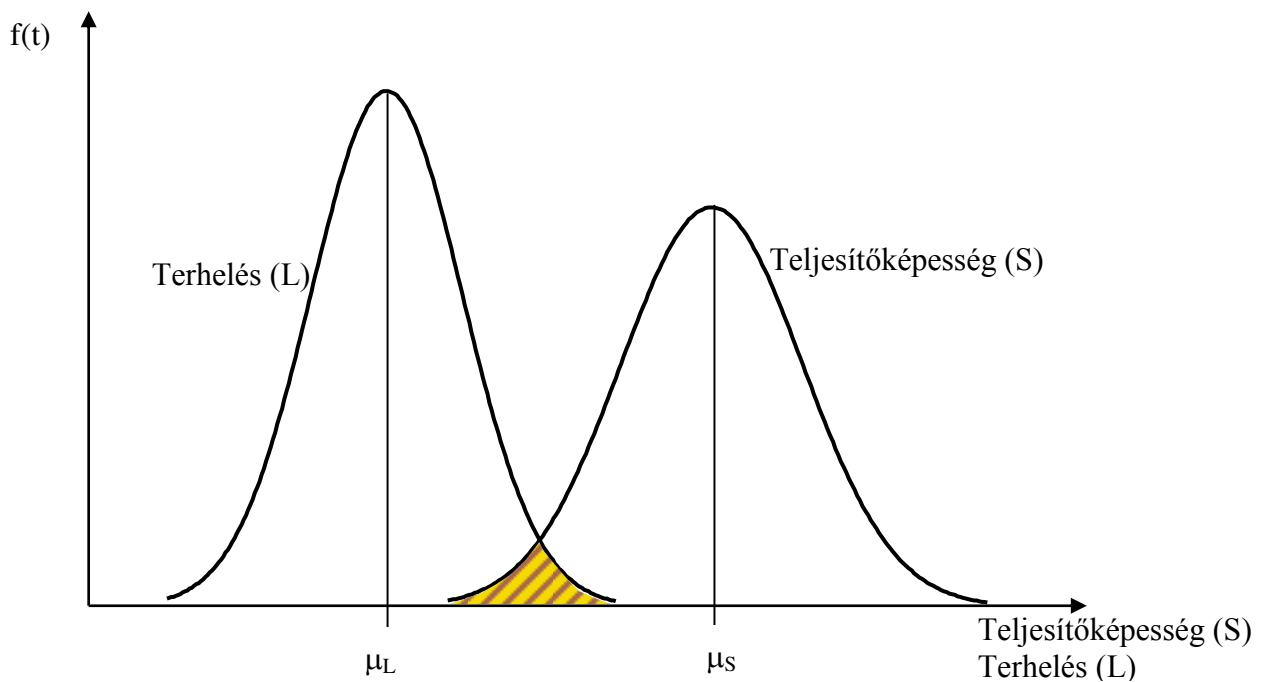
A következő táblázatban a meghibásodások lehetséges osztályozási szempontjai és fajtái szerepelnek.

Az osztályozás szempontja	A meghibásodás fajtája
A meghibásodás bekövetkezésének oka	Túlterhelés következtében Elem független meghibásodása Elemfüggő meghibásodás Konstruktív meghibásodás Gyártási eredetű meghibásodás Üzemeltetési meghibásodás
A meghibásodás bekövetkezésének időtartama	Váratlan meghibásodás Fokozatos meghibásodás
A működőképesség elvesztésének mértéke	Teljes meghibásodás Részleges meghibásodás Katasztrofális meghibásodás Degradációs meghibásodás
A meghibásodás bekövetkezésének szakasza	Korai meghibásodások Véletlenszerű meghibásodások Elhasználódási meghibásodások

1. táblázat. A meghibásodások lehetséges osztályozási szempontjai és fajtái [25]

<sup>16</sup> MSZ IEC 50 (191): 1992, pp. 24.

A meghibásodások bekövetkezésének okait a terhelés-teljesítőképesség diagramon illusztrálhatjuk, amelynél az X tengely a rendszer teljesítőképességét és a terhelést, az Y tengelyen a meghibásodási sűrűségfüggvényt ábrázoljuk. (A terhelés és a teljesítőképesség valószínűségi változó, amelyet most normális eloszlásúnak feltételezünk.) A két görbe átfedő részénél következik be a meghibásodás, mivel a terhelésnek nagyobbak kell lennie a teljesítőképességnél.



3. ábra. A terhelés-teljesítőképesség diagram [25]

Így a két görbe egymástól való távolságára bevezethető az  $SM^{17}$  (biztonsági határ) és az  $LR^{18}$  (terhelés egyenetlensége) mutatószám, amely a következők [25]:

$$SM = \frac{\mu_S - \mu_L}{\sqrt{(\sigma_S^2 + \sigma_L^2)}} \quad (2.1)$$

$$LR = \frac{\sigma_L}{\sqrt{(\sigma_S^2 + \sigma_L^2)}} \quad (2.2)$$

<sup>17</sup> SM - Safety Margin

<sup>18</sup> LR - Loading Roughness

ahol:

$\mu_S$  - a rendszer terhelésének várható értéke;

$\mu_L$  - a rendszer teljesítőképességének várható értéke;

$\sigma_S$  - a rendszer terhelésének szórása

$\sigma_L$  - a rendszer teljesítőképességének szórása

A matematikai képletből jól levezethető a rendszer megbízhatósága, a hibák bekövetkezésének elvi okai, valamint a valószínűség. A biztonsági tényező (SM) növelésével elkerülhető a meghibásodás, amelyre hatással van az eloszlások távolsága egymástól (távolságot növelni kell), a szórások értékét a 0-hoz kell közelíteni és a paraméterek mozgását meg kell szüntetni.

Jól látható, hogy az eloszlások vándorlását és változását nem lehetséges megakadályozni, ezért a meghibásodás bekövetkezését nem lehet elkerülni.

A katonai felderítés által támasztott igények az elektronikai architektúrákkal szemben attól függően változnak, hogy hol, mikor, és hogyan akarják alkalmazni az adott rendszert. Az alkalmazás a körülmények függvényében egyedi sajátosságokkal rendelkező összetevőket követel meg, amelyek a zavarforrások számára és minőségére nagymértékben hatással vannak, ez pedig közvetlenül a hibamentes működést befolyásolja. Az üzemzavarmentes rendszerek tervezéséhez megfelelő megbízhatóság elemzési módszert vagy módszereket kell választani, melyeket a tervezett struktúra sajátosságai nagyban befolyásolhatnak.

Az előrejelzés megbízhatóságának értelmezésében a hangsúlyt a kvantitatív és a kvalitatív elemzésre, a feltételek és a következtetések kapcsolatára, valamint az objektív tendenciákra és a szubjektív értékelésre helyezhetjük.

A megbízhatóság egy rendszer vagy elem képessége arra, hogy meghatározott körülmények között definiált időtartamig vagy ciklusszámban működjön. A megbízhatóság annak a valószínűsége, hogy egy rendszer vagy elem meghatározott időpontban vagy időtartamban az előre meghatározott környezetben, körülmények között meghibásodás nélkül és teljesítményhatárok között az eredeti rendeltetését látja el.

A meghibásodás jelen esetben azt jelenti, hogy a rendszer vagy elem a továbbiakban nem képes ellátni a rendeltetése szerinti működést. A meghibásodásig tartó  $T$  működési idő valószínűségfüggvénye  $f(t)$ . A meghibásodás eloszlás függvénye annak a valószínűsége, hogy egy elem a  $[0,t]$  időintervallumban meghibásodik [26].

$$F(t) = P(T \leq t) = \int_0^t f(\tau) d\tau \quad (2.3)$$

$$t \geq 0$$

A megbízhatósági függvény  $R(t)$  a  $[0,t]$  időintervallum alatt meg nem hibásodó egység működésének valószínűsége [26]

$$R(t) = 1 - F(t) = P(T > t) \quad (2.4)$$

Annak valószínűsége, hogy ugyanaz az egység meghatározott időintervallumban meghibásodik, azonos azzal a feltételes valószínűséggel, hogy  $t$  idő előtt nem következik be meghibásodás, de a meghatározott intervallumban igen. [26]

$$P(t < T \leq t + \Delta t | T > t) = \frac{P(t < T \leq t + \Delta t)}{P(T > t)} = \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{R(t)} \quad (2.5)$$

A rendszer meghibásodási rátája ( $\lambda$ ) [26]:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} P(t < T \leq t + \Delta t | T > t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{R'(t)}{R(t)} \quad (2.6)$$

ahol: az  $f(t)$  az  $F(t)$  sűrűségfüggvénye  $f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dR(t)}{dt}$

Ha a  $t$  időpontig jól működött az elem, akkor a hiba bekövetkezésének valószínűsége a  $(t, t + \Delta t)$  intervallumban jó közelítéssel [26]:

$$P\{\bar{A}\}(t, t + \Delta t) \approx \lambda(t) \cdot \Delta t \quad (2.7)$$



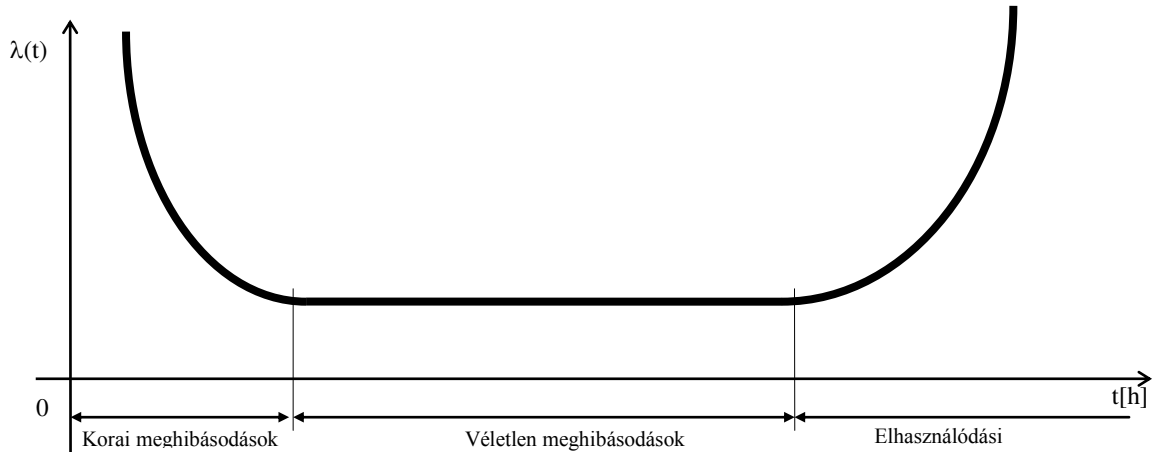
A  $\lambda(t)$  függvény minden  $t$  időpontban lényegében annak a valószínűségét adja meg, hogy a  $t$  időpontig hibamentesen működő elem a következő időegység alatt meghibásodik. A meghibásodási ráta,  $\lambda(t)$  feltételes sűrűségfüggvény: kiszámításakor nem a kezdeti, hanem az aktuális elemhez viszonyítjuk a  $(t, t+\Delta t)$  időintervallumban meghibásodott rendszer számát [26]:

$$\hat{\lambda}(t) = \frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{N(t)\Delta t} \quad (2.8)$$

ahol:  $N(t)$  a  $t$  időpontban működőképes elemek száma

A (2.6) egyenlet megoldása:

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (2.9)$$



4. ábra. A meghibásodási ráta kádgörbéje [26]

A tapasztalatok azt mutatják, hogy sok esetben a meghibásodási ráta az 5. ábra. szerint alakul, ahol a középső szakaszt a (2.9) egyenlet szerint exponenciális eloszlás jellemzi.

### **I.: Korai meghibásodások**

- nem megfelelő minőségszabályozás;
- nem megfelelő gyártási eljárás;
- gyenge minőségű anyagok, kivitel;
- rossz felszerelés;
- összeszerelési nehézségek;
- nem megfelelő hibakeresés;
- emberi hibák;
- nem megfelelő kezelési módszerek és rossz csomagolás.

### **II.: Véletlen meghibásodások**

- megmagyarázhatatlan hiba okok;
- emberi hibák;
- elkerülhetetlen hibák;
- felismerhetetlen hiba;
- magas terhelés, igénybevétel.

### **III.: Elhasználódás**

- nem megfelelő karbantartás;
- súrlódás miatti kopás;
- öregedés miatti fáradás, kopás;
- rossz felülvizsgálati, nagyjavítási gyakorlat;
- korrózió.

A  $\lambda(t)$  függvény lehet monoton csökkenő, állandó, vagy monoton növekvő, a változás jellege is függhet az időtől. Nem javítható elemek esetében előfordul, hogy mindhárom jellegzetes szakasz felismerhető a meghibásodási ráta un. „kádgörbéje” által ábrázolva.

„A  $\lambda(t)$  függvény jellegének pontos ismerete a megbízhatóság alapú karbantartás szervezésben alapvető jelentőségű, így többek között meghatározza az alkalmazható karbantartási stratégia típusát is.”<sup>19</sup>

A rendszer átlagos működési idejének várható értéke az első meghibásodásig az MTTF<sup>20</sup>. Más megfogalmazásban egy rendszer üzembe helyezését követő első meghibásodás várható ideje (a kezdettől az első hibáig tartó hibátlan működés várható hossza). Az első hibáig várható idő különbözik a későbbi javításokat követő hibamentes működési időtől, ezért az MTTF különbözik az MTTF<sup>21</sup> jellemzőtől [26].

$$MTTF = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} R(t) dt = \frac{1}{\lambda} \quad (2.10)$$

A két meghibásodás között várható idő az MTBF<sup>22</sup> = MTTF + MTTR<sup>23</sup>, azaz egy működési és állási fázis várható ideje. Gyakorlatilag a rendszer ciklusideje a meghibásodások szempontjából [26].

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (2.11)$$

$$R(t) = e^{-\lambda \cdot t} = e^{\frac{-t}{MTBF}} \quad (2.12)$$

A hiba észlelésének, kivizsgálásának és javításának az összesített várható ideje a MTTR az átlagos helyreállítási idő.

---

<sup>19</sup> Dr. Kövesi János, Erdei János: Minőség és megbízhatóság alapjai, oktatási segédanyag, Budapest, 2004. pp.179.

<sup>20</sup> MTTF - Mean Time To First Failure

<sup>21</sup> MTTF - Mean Time To Failure

<sup>22</sup> MTBF - Mean Operating Time Between Failures

<sup>23</sup> MTTR - Mean Time to Repair

## II.2. Megbízhatósági elemzés néhány módszere

Az elektronikai rendszerek megbízhatóság elemzésére több módszer alkalmazható [27]:

- a hibamód és hatáselemzés;
- HAZOP<sup>24</sup>;
- a hibafa elemzés;
- a Markov elemzés;
- a megbízhatósági blokkdiagram elemzés;
- a megbízhatóság előrejelzése;
- fuzzy.

### II.2.1. A HIBAMÓD ÉS HATÁSELEMZÉS

A *hibamód- és hatáselemzés* (FMEA<sup>25</sup>) [28] induktív („Mi van ha ...?”) és kvalitatív megbízhatóság elemzési módszer. A módszer „lentől - felfelé” halad és egyesével lépked a rendszerelemek között, valamint vizsgálja azok hibamódjainak következményeit. Az FMEA alapvetően az elemek hibás állapotba jutásának módját (hibamód) és annak a rendszerre gyakorolt hatását (hibamód-hatást) vizsgálja. Általa - egyszerű funkcionális rendszereknél - lehetséges a különféle technológiával előállított, felépített struktúrák együttes elemzése. Hátránya az eljárásnak, hogy a tartalékolási funkciók kezelése, a javítás/karbantartás hatásainak figyelembe vétele, és az egyedi rendszerelem meghibásodásának részletes vizsgálata nagyon nehézkes.

Az FMEA kiterjesztett megfelelője az *FMECA*<sup>26</sup> (hibamód-hatás és kritikusság elemzése), [28] amely az előző elemzéshez képest a kockázat vizsgálatával bővül. Az FMECA eljárásban minden egyes hibamódot számszerűsítenek, és az előfordulásuk valószínűségével, valamint a következmények súlyosságának együttes hatásával rangsorolnak. A megbízhatóság-előrejelzésből lehet kiszámítani a meghibásodás

---

<sup>24</sup> HAZOP - Hazard and Operability studies

<sup>25</sup> FMEA - Fault Mode and Effect Analysis

<sup>26</sup> FMECA - Fault Mode, Effect and Criticality Analysis

valószínűségét, felhasználva az FMEA értékeivel becsült adatokat is (meghibásodási ráták, hibamód előfordulásának valószínűsége stb.). A hatások szigorúsági fokozatát egy meghatározott skála alapján kell értékelni. Az FMEA és az FMECA alapul szolgál a hibafa elemzési módszer követésének, de alkalmazható az emberi hiba elemzéséhez, illetve ún. kis tartalékolású rendszereknél veszélyazonosításhoz és valószínűségbecsléshez [28] .

## II.2.2. HAZOP

A *HAZOP (Működőképesség és veszélyelemzés)* [29] [30] veszélyazonosítási technika a hibamód és hatás elemzésének (FMEA) egyik formája. A rendszer minden egyes részét megvizsgálja, feltárja a veszélyeket és üzemeltetési problémákat, meghatározza a változások okait és következményeit. A HAZOP olyan esetekben a leghatásosabb, ha olyan nem látható események azonosítását akarjuk elvégezni, amelyeket a rendszerünk tervezésekor nem vettünk figyelembe. A HAZOP alkalmazható technológiai fejlődések következtében történő változások és annak hatásainak elemzésére, a már meglévő és üzemelő alrendszerek függvényében. Az eljárás fő célkitűzései [29]:

- a rendszer teljes részletességű bemutatása (a tervezés fázisában figyelembevett körülményekkel együtt);
- a rendszer lehetséges állapotainak teljes feltérképezése annak vizsgálatával, hogy a tervezéshez képest esetleges eltéréseket meghatározza;
- végkövetkeztetések, hogy az eltérések elvezethetnek-e veszélyek megjelenéséhez vagy működési anomáliák kialakulásához.

A HAZOP-ot bonyolultsága miatt gyakran csoportmunkában végzik és már a tervezés fázisánál elkezdik, hogy biztonságosabb, megbízhatóbb rendszert hozzanak létre.

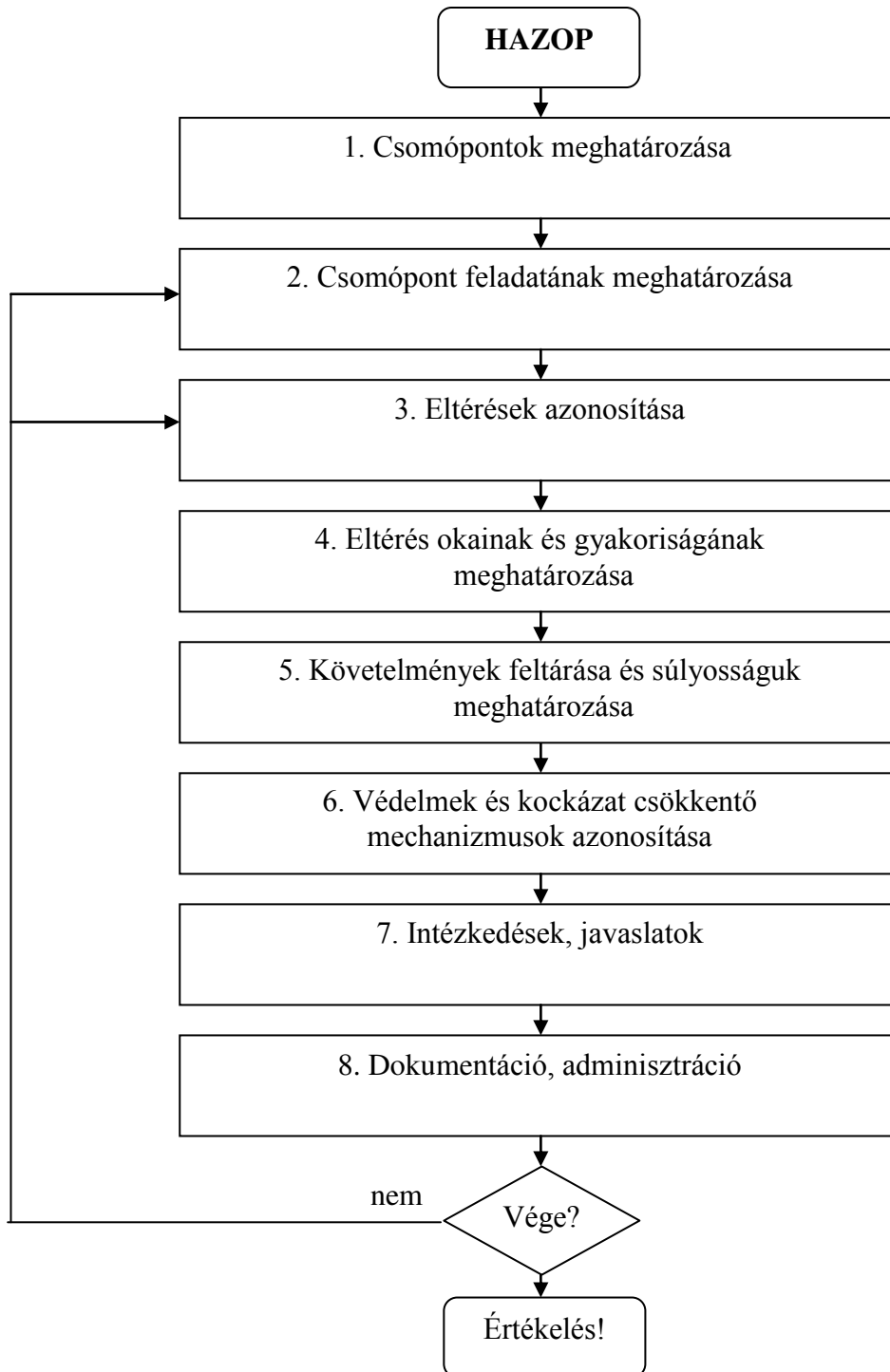
Az elemzés folyamatát több részre is bonthatjuk, minél alaposabban végezzük az elemzést, annál hatékonyabb lesz. A felosztás több lépcsőben lehetséges a nagyobb egységek a következők [31]:

- vizsgálati területet, célkitűzést, felelősségi köröket kell lefektetni;
- a következő a vizsgálat megtervezése, adatok gyűjtése, menetrend, útmutató szavak és eltérések meghatározása;
- rendszer felosztása különböző részekre, eltérések azonosítása útmutató szavakkal, okok és következmények meghatározása, veszélyhelyzet jelző

mechanizmusok kialakítása, javító intézkedések kidolgozása (ezeket a rendszer minden elemére)

- dokumentáció készítése, vizsgálati eredmény publikálása, ellenőrzés, esetleg ismételt vizsgálata a rendszer egyes elemének.

A következő ábrán egy vizsgálati eljárás mechanizmusa részletesebben végigkövethető [32].



5. ábra. Vizsgálati eljárás mechanizmusa

A rendszer vizsgálata úgynevezett útmutatószó-vizsgálattal történik, amely a tervezési szándéktól való eltérést vizsgálja. A rendszer departícionálásának mértéke függ a veszélyhelyzet szigorúsági fokától és a bonyolultságától. A rendszer elemeire bontásakor érdemes figyelembe venni a következőket: alapanyagok, tevékenységek, erőforrások, rendeltetési célok. A tervezési szándéktól való eltérést kérdezési folyamattal határozhatjuk meg, amely előre megadott vezérszavakat használ az eltérésekre, időre, sorrendre [29].

<b>VEZÉRSZÓ/ÚTMUTATÓ (Guideword)</b>		<b>JELENTÉS</b>
<b>ANGOL</b>	<b>MAGYAR</b>	
MORE	Több, nagyobb	Mennyiségi növekedés
NO	Nincs	Tervezési célok teljes elmaradása
LESS	Kevesebb, kisebb	Mennyiségi csökkenés
REVERSE	Fordított	Tervezési célok fordítottja
PART OF	Részben	Minőségi csökkenés
OTHER THAN	Más mint	Teljes helyettesítés
AS WELL AS	Még	Minőségi növekedés
SOONER THAN	Előbb	...előbb
LATER THAN	Később	Szakaszos folyamatban később
TOO SLOWLY	Lassan	...előírtnál lassabban
TOO QUICKLY	Túl gyorsan	...előírtnál gyorsabban

2. táblázat. Vezérszó útmutató

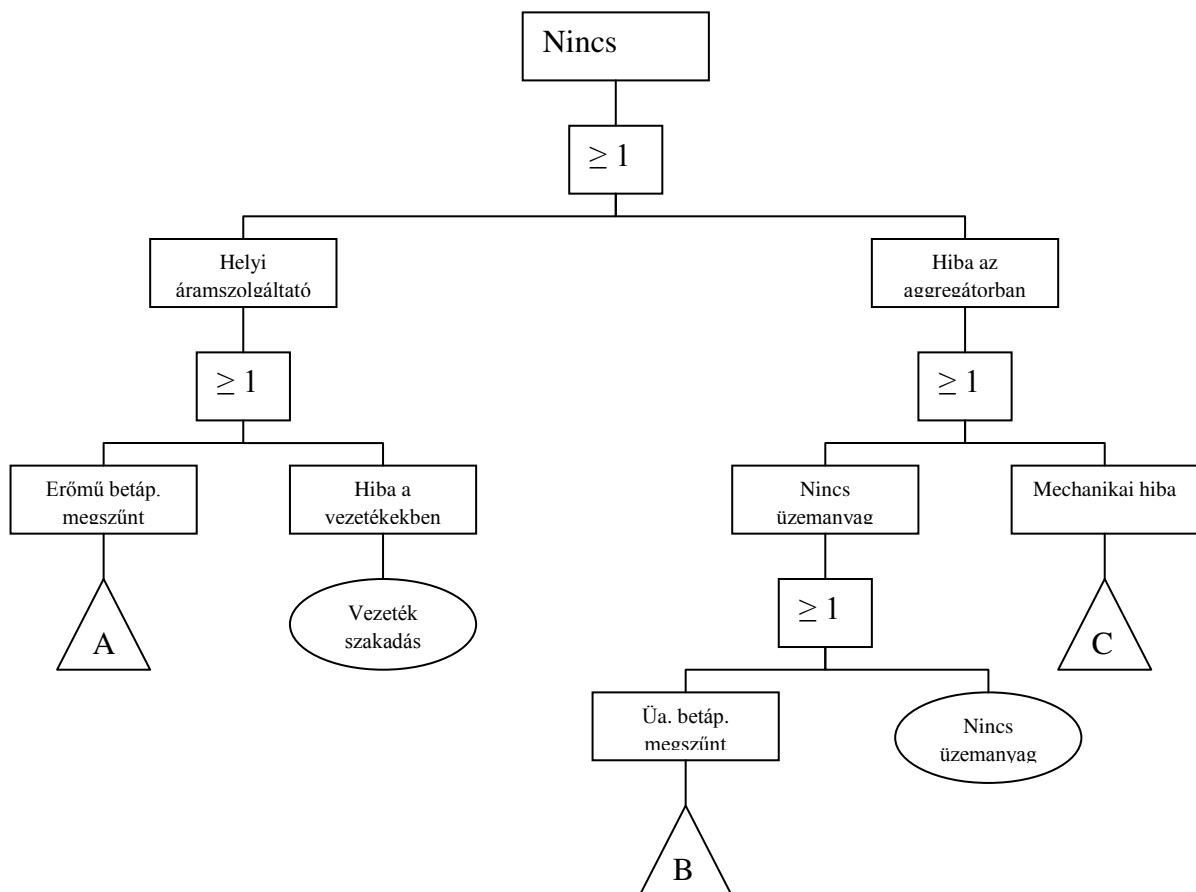
A vezérszavakat egyenként minden egyes elemre alkalmazzuk és szisztematikusan megkeressük az eltéréseket, azok okait és kiváltott következményeit. Abban az esetben, ha ezek az állapotok meghibásodást, veszélyhelyzetet okoznak, feljegyezzük. Olyan mátrixot kell létrehozni, amelynek a celláiba a vezérszavak és az elemek összefüggéseinek kombinációja szerepel. A vizsgálatot, amelyet végezhetünk soronként (vezérszavak) vagy oszloponként (elem) - a mátrix celláin -, egyesével elvégezzük és megvizsgáljuk, hogy a tervezési szemponthoz képest milyen eltérések vannak [29].

A működési zavarok besorolásánál figyelembe kell venni, hogy annál kisebb egy eltérés valószínűsége, minél több tényezőt veszünk figyelembe, illetve az okok bekövetkezési valószínűsége csökken, ha az emberi tényezőt kiküszöböljük és minél több passzív eszközt alkalmazunk.

### II.2.3. HIBAFÁ ELEMZÉS

A hibafa elemzés (FTA<sup>27</sup>) [33] fentről–lefelé haladó deduktív módszer, amely a nem kívánatos eseményeket – például a csúcseseményekhez hozzájáruló körülményeket és tényezőket, amelyek lehetnek a rendszer működését, biztonságát, gazdaságosságát befolyásoló tényezők is – azonosítja, továbbá logikai összefüggések szerint rendezi, és ábrázolja. Az elemzést a csúcseseménnyel kezdik, majd az alacsonyabb funkcionális szinteken azonosítják a nemkívánatos rendszerműködés okait, és ezt iterálva folytatják addig, míg tovább már nem bontható alacsonyabb szintre. Az elemzés eredményét egy hibafán ábrázolják.

A hibafa elemzés alkalmazható például egy hadműveleti területen települt HUNNIC [34] komplex villamos rendszerének tápellátása vizsgálatához:



6. ábra. Hibafa<sup>28</sup>

<sup>27</sup> FTA - Fault Tree Analysis

<sup>28</sup> Az A,B,C, elemek további kapcsolódó alhibafa struktúrák, amelyek az ábrán nem lettek kifejtve.



#### II.2.4. MARKOV MÓDSZER

A *Markov módszer* [35] a rendszereket alapvetően két állapotra bontja: meghibásodott állapot és működő állapot. A két állapotból meghatározható a valószínűsége a működőképes, vagy a meghibásodási állapotnak. A rendszer vizsgálatakor az összes állapotot meg kell határozni, illetve leírni az átmeneti függvényeket a valószínűségi mutatókkal együtt. A meghibásodás valószínűsége, illetve a rendszer működőképessége a meghibásodási ráta és a helyreállítási intenzitási változókból határozható meg. A Markov modell felhasználásának két alapvető feltétele van, hogy a folyamat ergódikus legyen, illetve exponenciális eloszlású. A modell jellemzője, hogy a meghibásodási ráta konstans, és függetlennek kell lennie a jövőbeni állapotnak a rendszer múltbeli állapotától úgy, hogy a közvetlen megelőző állapottól nem független (ez annak felel meg, hogy a működési idő és a javítási idő valószínűségi eloszlása exponenciális).

A Markov elemzés elsősorban induktív, amely a Markov-folyamatok matematikai elméletét alkalmazza. A módszer révén a vizsgált állapottér modell összes állapotát és az azokat megváltoztató állapotváltozók összességével jellemezhetjük. A modell felépítésének első lépése az összes állapot meghatározása és a hozzá tartozó átmeneti valószínűségek megállapítása. Az egyik állapotból a másik állapotba történő átmenetet meghibásodási vagy/és javítási rátákkal súlyozzuk, amelyek [35] rendszerint az időtől függetlenek és állandóak.

A rendszer állapotai:  $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_N$

Az állapotindexek  $x=1, 2, 3, \dots, i, j, \dots, n$

Ahogy az előzőekben szerepelt, kétféle esemény történhet: meghibásodás és javítás. Az átmenet valószínűségét meghatározza az esemény gyakorisága és az a feltétel, hogy a rendszer az eseményt megelőző állapotban van-e. [26] Amennyiben a változást nem befolyásolják a korábbi állapotok, csak a közvetlenül megelőző, akkor a folyamatot emlékezetmentes, egylépéses Markov-folyamatoknak nevezik.

A  $Z_i \rightarrow Z_j$  átmenet [26]:

$$P\{x(t+dt)=j \mid x(t)=i\} = a_{ij}(t) dt \quad (2.13)$$

A  $Z_i$  állapotban lévő tartózkodás valószínűséggel meg kell szorozni a feltételes valószínűséget [26].

$$P\{x(t)=i \cap x(t+dt)=j\} = P_i(t)a_{ij}(t)dt \quad (2.14)$$

Ha az átmenet intenzitása az időben állandó  $a_{ij}(t)=a_{ij}$ , akkor a folyamatot időben homogénnek nevezzük. A megbízhatóság elméletben ez a nem öregedő tulajdonság. Az átmenetekhez exponenciális eloszlás tartozik [26].

$$P\{x(t)=i \cap x(t+dt)=j\} = P_i(t)a_{ij}dt \quad (2.15)$$

Az állapotok száma gyakorlatilag véges, az egyenleteket valamennyi állapotváltásra felírva egy differenciálegyenlet rendszer jön létre, amelyet megoldva, a kezdeti állapoteloszlást is számításba véve, meghatározható az összes állapot  $P_x(t)$  valószínűsége  $Z_j$ -re [26]:

$$P_j(t + dt) = \sum_{\forall x \neq j} P_x(t)a_{xj}dt + P_j(t)[1 - \sum_{\forall x \neq j} a_{jx}] \quad (2.16)$$

Az egyenlet első tagja annak valószínűsége, hogy a  $t$  időpontban valamelyik  $Z_x \neq Z_j$  állapotban van a rendszer és  $dt$  idő alatt  $Z_j$ -be megy. A második tag pedig, hogy  $t$  időpontban  $Z_j$ -ben van, és  $dt$  idő alatt nem megy semelyik  $Z_x \neq Z_j$  állapotba.

Az elektronikai rendszerek vizsgálatánál,- a modell megalkotásánál - nagy segítséget nyújt a véges állapotú, folytonos idejű Markov-folyamatok elméletére épülő módszer. A modell lehetőséget ad a nem javítható és a javítható rendszerek vizsgálatára, azzal a megkötéssel, hogy csak az exponenciális eloszlás feltételét teljesítő elektronikai rendszereknél alkalmazható. Szerencsére az elektronikai rendszerek többségénél ez teljesül.

A felépítendő modellenél figyelembe kell venni, hogy a rendszer valamilyen sztochasztikus folyamat során különböző állapotokba lép, és a folyamatok között átmenetek

vannak. A rendszer vizsgálatánál még fontos, hogy a rendszer állapotait  $t=0$  időponttól vizsgáljuk.

A vizsgálati modell felépítésénél alkalmazható a jelfolyamgráf rajzolás [36] [37], amely a sztochasztikus folyamatot leíró differenciálegyenletnek felel meg. A jelfolyamgráf felrajzolásához az alábbi eljárás sort kell követni [38]:

1. A meghibásodás és javítások hatására a rendszer jól elkülöníthető  $N$  állapotba kerül. Az  $N$  állapotra  $N$  csúcs képezhető le.
2. A csúcsokból kiinduló éleket – az átlépéseknek megfelelően – az intenzitások Laplace transzformáltjával kell súlyozni. A pozitív (előremutató) éleket meghibásodási rátának, a negatív (hátramutató) éleket javítási rátának nevezzük.
3. A csúcspontoknál, magába mutató éleket veszünk fel, tehát hurkokat, melynek súlyozása a kimenő élek Laplace transzformáltjának összegének  $(-1)$  szerese.
4. A kiindulási állapotból kilépő él súlyozása minden esetben  $\frac{1}{s}$ .

A kialakításra került jelfolyamgráfot a számításaink elvégzéséhez egyszerűsíteni kezdjük úgy, hogy a hurkokat és a csúcsokat eltüntetjük, kivéve a hibás állapotokhoz tartozó  $m$  csúcsokat, az így létrejött  $Z_m(s)$  függvény a hibás állapotban való tartózkodás valószínűségének Laplace-transzformáltja. A  $Z_m(s)$  segítségével, így már kiszámítható a megbízhatósági függvény  $R(s)$  Laplace-transzformáltja [39].

$$R_s = \frac{1}{s} - Z_m(s) \quad (2.17)$$

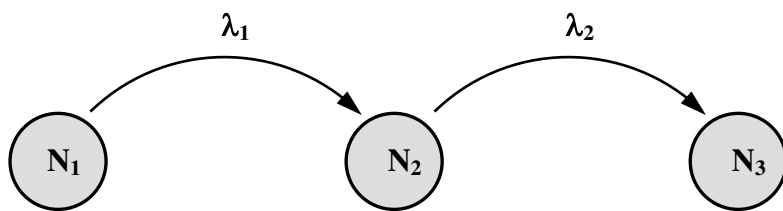
majd ebből (az aszimptotikus tulajdonságok miatt) [39]

$$\text{MTTF} = \lim_{s \rightarrow 0} R_s \quad (2.18)$$

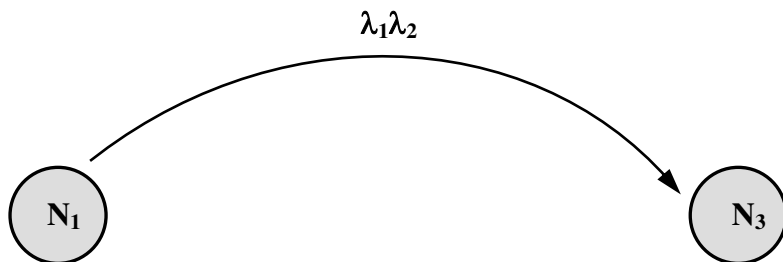
A jelfolyamgráf egyszerűsítésénél abban az esetben, ha nagyon összetett a gráf, érdemes a hurkokat és csúcsokat összevonni, eltüntetni. Az egyszerűsítésnek az alábbi szabályai vannak:

1. Közbenső csúcs kiküszöbölése [39]:

*Eredeti alakzat:*

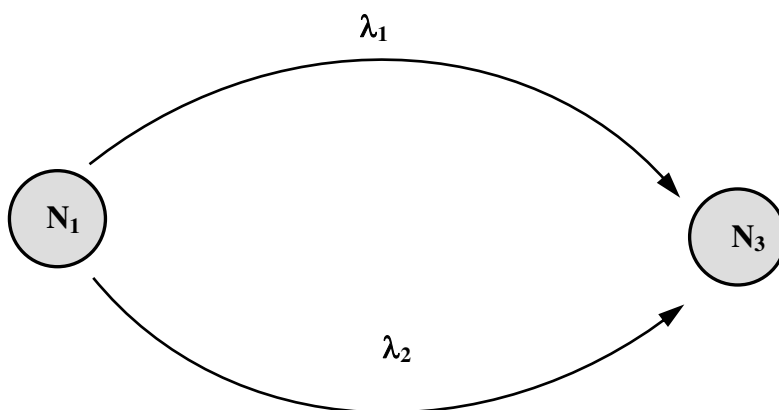


*Átalakított alakzat:*

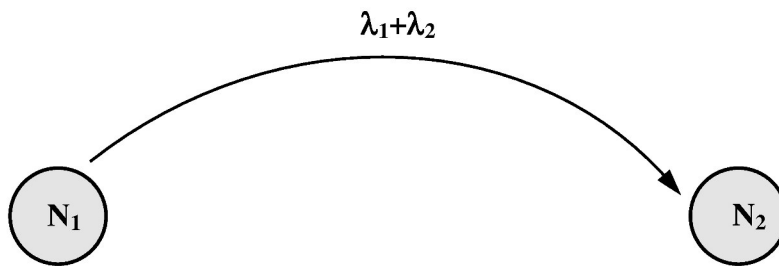


2. Párhuzamos élek összevonása [39]:

*Eredeti alakzat:*

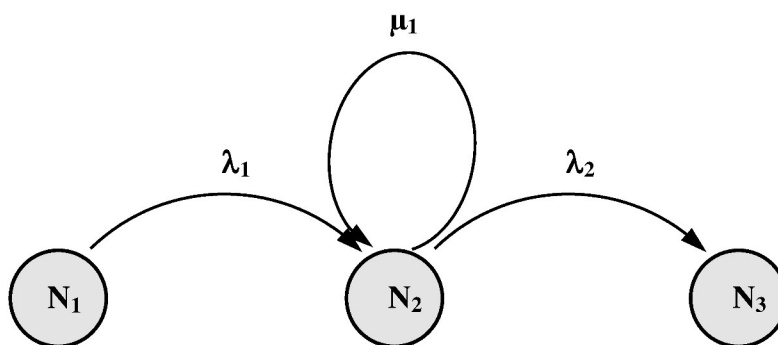


Átalakított alakzat:

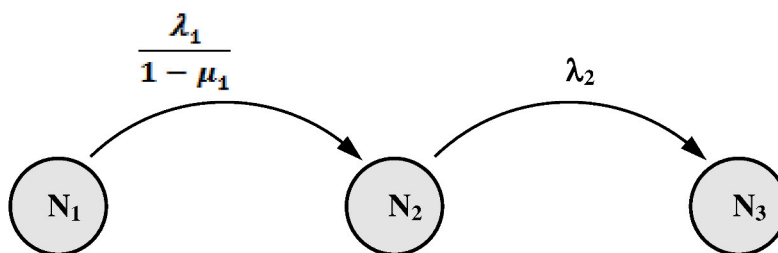


3. Saját hurok kiküszöbölése [39]:

Eredeti alakzat:

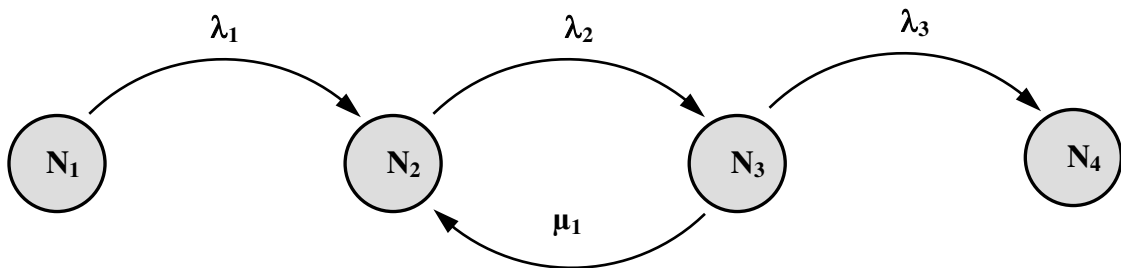


Átalakított alakzat:

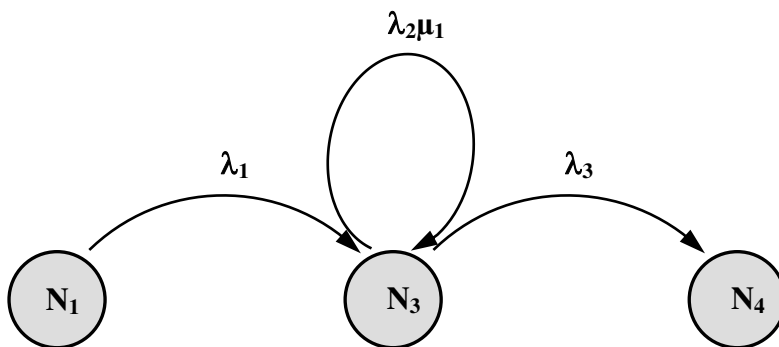


#### 4. Csúcs kiküszöbölése [39]:

*Eredeti alakzat:*

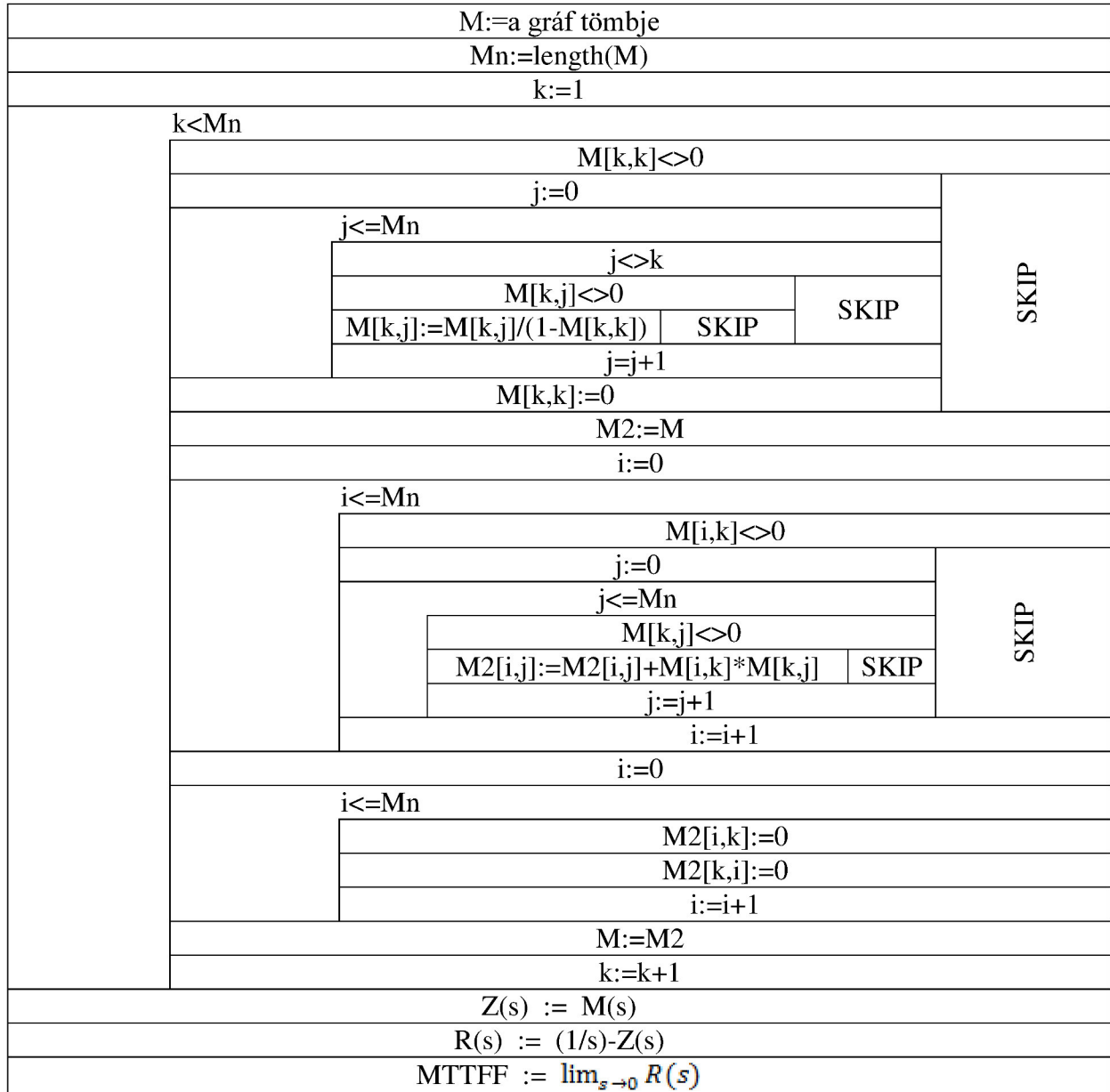


*Átalakított alakzat:*



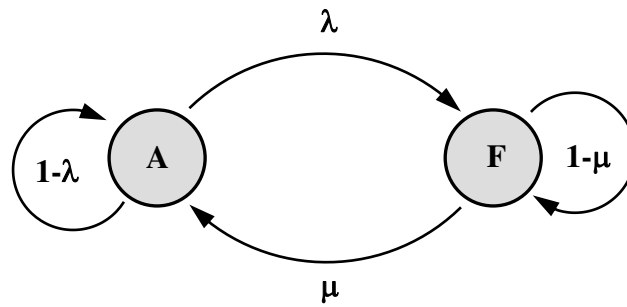
7. ábra. Jelfolyamgráf egyszerűsítésének lépései [39]

A kisebb jelfolyamgráfok egyszerűsítése matematikai módszerrel igen egyszerű, ha azonban egy nagy komplex rendszert kell megvizsgálni, akkor már a hagyományos „papírceruza” módszer nem alkalmazható. Az algoritmust, amellyel az egyszerűsítéseket végezhetjük könnyen átültethetjük számítógépes alkalmazásra. Annak érdekében, hogy az eljárás bármely operációs rendszeren, bármely programozási nyelven alkalmazható legyen az általam létrehozott algoritmust egy struktogramon ábrázoltam. A jelfolyamgráf ábrázolását egy tömbbel helyettesítem, ahol hasonlóan a matematikai mátrixos ábrázoláshoz az állapotok és az állapotok közti súlyfüggvények szerepelnek. A tömb létrehozásával az egyszerűsítés kézenfekvővé válik az alábbi algoritmussal. A kódsor végrehajtása már csak az optimális programkódba történő lefordítást igényli, amely lehet akár a MatLab, Borland Delphi akár valamely C programozási nyelv is.



8. ábra. Jelfolyamgráf egyszerűsítésének struktogramja

Példaként vegyünk egy leegyszerűsített műholdas összeköttetést, aminél csak két állapotot veszünk figyelembe: meghibásodott, illetve működő állapot (4. ábra.). A meghibásodott állapotból (F) a működőképes állapotba (A) kerülés valószínűsége a helyreállítási intenzitás ( $\mu$ ), míg a működőképes állapotból a meghibásodási állapotba történő kerülés valószínűsége a meghibásodási ráta ( $\lambda$ ) [40]. Tételezzük fel, hogy  $\mu=0,7$  és  $\lambda=0,2$ . Annak a valószínűsége, hogy a rendszer működőképes állapotban van 4 időegység múltán, - feltéve, hogy a rendszer működőképes állapotból indult-  $P_F=0,2222$ .



9. ábra. Állapot diagram

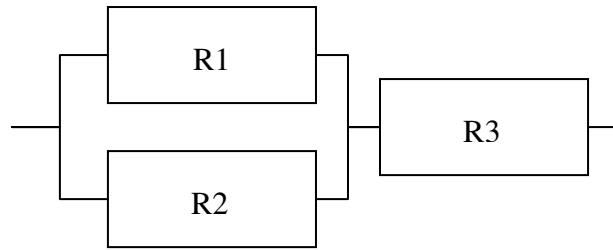
### II.2.5. MEGBÍZHATÓSÁGI BLOKK DIAGRAM

A *megbízhatósági blokk diagram* (RBD<sup>29</sup>) [41] módszer grafikus ábrázolást (jellemzést) ad a rendszer logikai felépítéséről, amely a struktúrát felépítő alrendszerek közötti megbízhatósági összefüggéseket jeleníti meg. A módszer a rendszer sikeres működésének lehetséges útjait blokkdiagramokkal ábrázolja, amely a felépítményt komplex egészében vizsgálja. A blokkdiagram kialakításánál több különböző kvalitatív módszer van. Alapvetően a rendszer hibamentes működését kell definiálni, majd a struktúrát olyan funkcionális tömbökből építjük fel, amelyek megfelelnek a megbízhatósági elemzésnek. A diagram kialakításánál a blokkok még al-blokkokra – alrendszerekre – bonthatóak attól függően, hogy a struktúrát milyen mélységig elemezzük (rendszer redukció). A rendszer felépítésétől függően az értékelésre több módszer van, például az egyszerű Boole féle módszerek és igazságtáblák, melyek a hibamentes működés elemzésére alkalmazhatóak [42].

A 10. ábra egy soros-párhuzamos kommunikációs rendszert szemléltet. R1 alrendszer 0,75 valószínűségi értékkel rendelkezik, míg az R2=0,85 és az R3=0,95. Kumulált működési valószínűség csak három állapotában lehet a rendszernek. Az 3. táblázat tartalmazza az állapotok valószínűségét és a kumulált valószínűségeket, a számítás során az eredő megbízhatósága:  $R_e=0,914375$ .

<sup>29</sup> RBD - Reliability Block Diagram





10. ábra. Összetett kommunikáció rendszer

R1	R2	R3	Állapot valószínűség	Kumulatív működési valószínűség	Állapot
-	-	-	0,001875	-	állás
+	-	-	0,005625	-	állás
-	+	-	0,010625	-	állás
+	+	-	0,031875	-	állás
-	-	+	0,035625	-	állás
+	-	+	0,106875	0,106875	Működik
-	+	+	0,201875	0,308750	Működik
+	+	+	0,605625	<b>0,914375</b>	Működik

3. táblázat. Eredő megbízhatóság számítás

## II.2.6. MEGBÍZHATÓSÁG ELŐREJELZÉSE

A megbízhatóság előrejelzése ( $RP^{30}$ ) [43] a rendszert felépítő alkatrészek megbízhatóságának vizsgálatából kiinduló módszer. A tervezés korai szakaszánál alkalmazható egy induktív vizsgálati eljárás, amely a struktúra meghibásodási rátájának megközelítő becslését teszi lehetővé. A rendszert felépítő alkatrészek meghibásodási rátáját az alkalmazott igénybevétel függvényében egyenkénti vizsgálatot követően - linearitást feltételezve a rendszerben – könnyen ki lehet számítani. Az alkatrészek meghibásodási rátájának az összege így megegyezik a rendszer meghibásodási rátájával. Annak elkerülésére, hogy a felépítménynek a legrosszabb esetére becsüljük meg a megbízhatósági rátát, az adott rendszer tekintetében magasabb szinteken kialakított tartalékolási módokat is számításba kell venni. Az alkatrészek igénybevételi szintjeinek figyelembevétele révén, az ún. alkatrész-megbízhatóság előrejelzési modellekkel, sokkal valósabb alkatrész-meghibásodási rátákat kaphatunk.

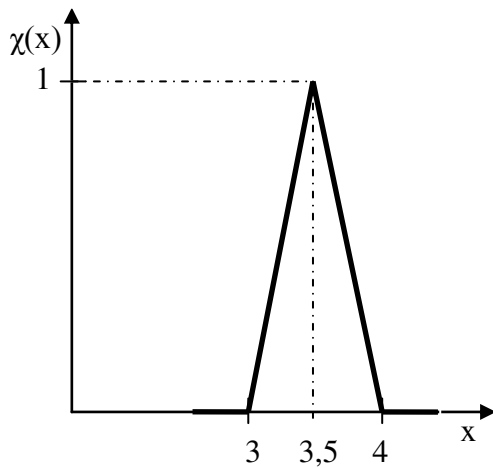
---

<sup>30</sup> RP - Reliability Prediction

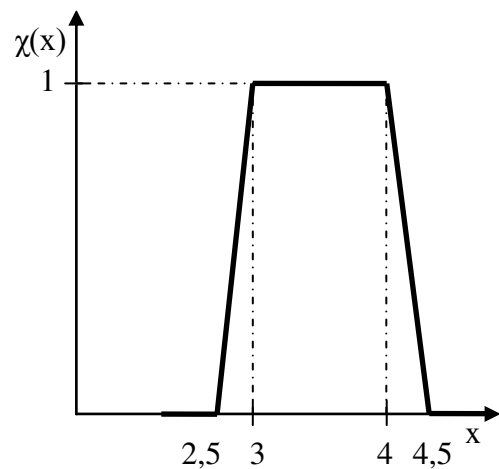
## II.2.7. FUZZY

A *Fuzzy* halmazelméleti módszer alkalmazása [44] [45] a hibamód és -hatás elemzésének (FMEA) egyik újabb módszere, amely a kiegészítő információk bizonytalansági modellekbe történő beépítését teszi lehetővé. A fuzzy logika alkalmazása elsősorban akkor lehet érdekes, ha nem rendelkezünk statisztikai adatokkal, csak a szakértői vélemények kvalitatív leírásával vagy az alternatívák következményeinek értékelésével [46] [47].

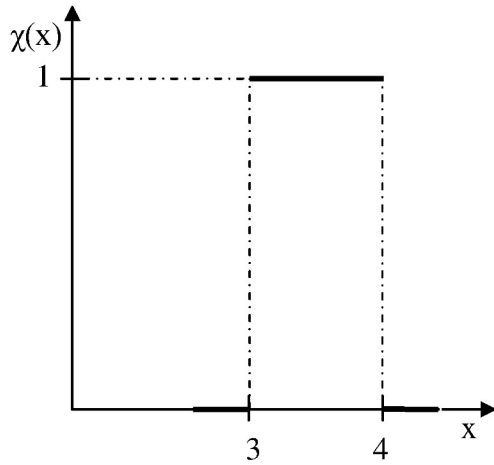
A módszer egy új halmazelméleti megközelítést vezet be a bizonytalanság leírására, amelyet az intervallumok egyedi definiálásával hoz létre, mivel nem rendelkezünk kellő járulékos információval a lehetséges értékek halmazáról [48]. Az eljárás legegyszerűbb szemléltetése a következő:



A bemeneti feszültség 3,5 V



A bemeneti feszültség nagyjából 3 V és 4 V között van.



A bemeneti feszültség 3 V és 4 V között van.

11. ábra. A fuzzy tagsági függvény

A 11. ábra jól szemlélteti a fuzzy tagsági függvényt, amely leképezést végez a vizsgált rendszer alaphalmazbeli értékei és a  $[0,1]$  intervallum között. A  $\zeta(x)$  tagsági függvény jeleníti meg, hogy az  $x$  univerzum-elem milyen mértékben tartozik egy nyelvi értékkel leírt halmazhoz.

A fuzzy halmaz, olyan matematikai halmaz, amelynek minden univerzumbeli eleméhez egy  $[0,1]$  közé eső valós számot rendelünk [49] [50] [51] [52]. A hozzárendelést tagsági függvénynek hívjuk.

$$X_A: U \rightarrow \{0,1\}; \quad x \rightarrow \begin{cases} 1, & \text{ha } x \in H \\ 0, & \text{ha } x \notin H \end{cases} \quad (2.19)$$

$$\omega \in H \quad \chi_H(\omega) = 1 \quad (2.20)$$

ahol: az  $U$  az univerzum és  $X_A$  az  $A$  fuzzy halmaz tagsági függvénye.

Diszkrét elemű halmazok esetén:

$$A = X_1 / u_1 + X_2 / u_2 + \dots + X_n / u_n \quad (2.21)$$

ahol:  $u_i$  az illető halmazelem és  $X_i$  a hozzá tartozó tagsági függvény érték.

Folytonos elemű halmazok esetén:

$$A = \int_u X_{(u)} / U \quad (2.22)$$

ahol:  $u$  az illető halmazelem  $X_{(u)}$  a hozzá tartozó tagsági függvény értéke.

A fuzzy halmaz tagsági függvényénél ki kell emelni, hogy az értékek nem valószínűségi mértéket jelölnek. Látható, hogy a fuzzy halmazoknál az univerzum elemeinek összege nem lehet mindig 1 ez változhat (nem additív), ahogy az ún. univerzumhoz tartozó elemek valószínűségek összege mindig 1. A tagsági függvény értékek bármilyen tulajdonságot jelenthetnek, ezért alkalmasak bárminek a matematikai leírására [44].

Az  $U$  univerzumon értelmezett  $A$  fuzzy halmaz hordozójának (support) nevezzük azt a fuzzy halmazt ( $\text{supp } A$ ), amely tartalmazza  $A$  minden olyan elemét, melynek tagsági függvény értéke nem zérus

$$\text{supp } A = \{u \in U \mid \chi(u) > 0\} \quad (2.23)$$

ahol:  $U$  az univerzum és  $\chi$  az  $A$  fuzzy halmaz tagsági függvénye.

Az  $U$  univerzumon értelmezett  $A$  fuzzy halmaz magjának (kernel) nevezzük azt a fuzzy halmazt ( $\text{kernel } A$ ), amely tartalmazza  $A$  minden olyan elemét, melynek tagsági függvény értéke 1 [44].

Az  $A$  fuzzy halmaz esetén:

$$\text{kernel } A = \{u \in U \mid \chi(u) = 1\} \quad (2.24)$$

ahol: ahol  $U$  az univerzum és  $\chi$  az  $A$  fuzzy halmaz tagsági függvénye.

Fuzzy halmaz magasságának (height) a halmazban lévő legnagyobb tagsági függvény értéket nevezzük ( $[0,1]$  zárt intervallumba eső valós szám).

$$\text{height } A = \max_u (\chi_A(u)) \quad (2.25)$$

Akkor normalizált egy fuzzy halmaz, ha a magassága 1.

$$\text{height } A = 1. \quad (2.26)$$

Konvex egy  $X$  univerzumon értelmezett  $A$  fuzzy halmaz, ha

$$\chi_A(\zeta u + (1-\zeta)z) \geq \min(\chi_A(u), \chi_A(z)), \quad (2.27)$$

$$\forall u, z \in U \text{ és } \forall \zeta \in [0,1] \quad (2.28)$$

Fuzzy számnak nevezzük a valós számok halmazán értelmezett  $A$  fuzzy halmazt, ha az konvex, normalizált és tagsági függvénye folytonos [53].

Fuzzy halmaz  $\alpha$ -vágatának nevezzük az illető halmaz hordozójának azon részhalmazát, amely elemeihez rendelt tagsági függvény érték nem kisebb az  $\alpha$  valós számnál [44]:

$$A_\alpha = \{ u \in U \mid \chi_A(u) \geq \alpha \} \quad (2.29)$$

Fuzzy halmaz erős  $\alpha$ -vágatának nevezzük az illető halmaz hordozójának azon részhalmazát, amely elemeihez rendelt tagsági függvény érték nagyobb az  $\alpha$  valós számnál:

$$A_{\bar{\alpha}} = \{ u \in U \mid \chi_A(u) > \alpha \} \quad (2.30)$$

Szinthalmaznak nevezzük valamely  $A$  fuzzy halmaz esetén azt a halmazt, amely tartalmazza az illető halmaz összes lehetséges tagsági függvény értékét:

$$\Lambda A = \{ \alpha \mid \chi_A(u) = \alpha \}, u \in U \quad (2.31)$$

Valamely fuzzy halmaz skaláris számosságának nevezzük a halmazt alkotó elemek tagsági függvény értékeinek összegét:

$$|A| = \sum_{u \in U} \chi_A(u) \quad (2.32)$$

ahol:  $A$  az  $U$  univerzumon értelmezett fuzzy halmaz.

A fuzzy számosság  $|A|$  hasonlóan értelmezhető, mint a skalár számosság, azonban eredményként fuzzy számot ad.

Tagsági függvénye:

$$\chi_{|A|}(|A\alpha|) = \alpha \quad (2.33)$$

valamennyi  $\alpha$ -ra, amely megtalálható  $A$  színhalmazában ( $\forall \alpha \in \Lambda A$ ), ahol  $|A\alpha|$  az  $A$  halmaz  $\alpha$ -vágatának számossága (elemeinek száma).

A  $B$  fuzzy halmaz részhalmazának nevezzük az  $A$  fuzzy halmazt, ha valamennyi univerzumbeli elemére igaz, hogy az  $A$  halmaz elemeinek tagsági függvény értékei nem nagyobbak a nekik megfelelő  $B$  halmazbeli elemek tagsági függvény értékeinél:

$$A \subseteq B : \chi_A(u) \leq \chi_B(u) \text{ valamennyi } u \in U \text{ esetén} \quad (2.34)$$

$A$  és  $B$  fuzzy halmazok egyenlők, ha egymásnak megfelelő elemeik tagsági függvény értékei megegyeznek:

$$A = B : \chi_A(u) = \chi_B(u) \text{ valamennyi } u \in U \text{ esetén} \quad (2.35)$$

A  $B$  fuzzy halmaz valódi részhalmazának nevezzük az  $A$  fuzzy halmazt, ha  $A$  részhalmaza  $B$ -nek és a halmazok nem egyenlők egymással:

$$A \subset B : A \subseteq B \text{ és } A \neq B \quad (2.36)$$

Fuzzy halmazműveletekre a megszokott módon a halmazelméleti módszerek alkalmazhatóak, azzal az előnnyel például, hogy az uniónak és a metszetnek a képzésekor a tagok hibái nem adódnak össze.

$$\chi_{A'}(u) = \chi_A(u) \oplus e_A \text{ és } \chi_{B'}(u) = \chi_B(u) \oplus e_B \quad (2.37)$$

$$\chi_{A \cup B'}(u) = \chi_{A \cup B}(u) \oplus \max[e_A, e_B] \quad (2.38)$$

$$\chi_{A \cap B'}(u) = \chi_{A \cap B}(u) \oplus \max[e_A, e_B] \quad (2.39)$$

A következőben  $A$ ,  $B$  és  $C$  legyenek az  $U$  univerzumon értelmezett fuzzy halmazok.

1. kommutatív

$$A \cup B = B \cup A \quad (2.40)$$

$$A \cap B = B \cap A \quad (2.41)$$

2. asszociatív

$$A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C \quad (2.42)$$

$$A \cap (B \cap C) = (A \cap B) \cap C \quad (2.43)$$

## 3. disztributív

$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C) \quad (2.44)$$

$$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C) \quad (2.45)$$

## 4. idempotenciális

$$A \cup A = A \text{ és } A \cap A = A \quad (2.46)$$

## 5. identitás

$$A \cup 0 = A \text{ és } A \cap X = A \quad (2.47)$$

$$A \cap 0 = 0 \text{ és } A \cup X = X \quad (2.48)$$

## 6. tranzitív

$$\text{ha } A \subseteq B \subseteq C \text{ akkor } A \subseteq C \quad (2.49)$$

## 7. involúció

$$\overline{\overline{A}} = A \quad (2.50)$$

## 8. fuzzy halmazok esetén is alkalmazhatók a DeMorgan szabályok:

$$A \cap B = \overline{A \cup \overline{B}} \quad (2.51)$$

$$A \cup B = \overline{A \cap \overline{B}} \quad (2.52)$$

Nem szabad azonban elfelejteni az alábbi két szabályt sem :

$$\overline{A \cup A} \neq U \text{ és } A \cap \overline{A} \neq 0 \quad (2.53)$$

A fuzzy reláció halmazok elemeinek összerendeltség mértékét határozza meg. Az n darab halmaz között értelmezett fuzzy reláció az n dimenziós tér pontjaihoz rendel tagsági függvény értéket.

Az n darab  $A_1, A_2, \dots, A_n$  halmaz fuzzy relációja az  $U_1 \times U_2 \times \dots \times U_n$  univerzumon értelmezett fuzzy halmaz, ahol  $A_i$  az  $U_i$  univerzumon értelmezett halmaz és a " $\times$ " a direkt (Descartes) szorzat jele:

$$R_{A_1 \times \dots \times A_n} = \{((a_1, a_2, \dots, a_n), \chi_R(a_1, a_2, \dots, a_n)) \mid (a_1, a_2, \dots, a_n) \in A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n\} \quad (2.54)$$



Az  $n$  darab  $A_1, A_2, \dots, A_n$  fuzzy halmaz direkt szorzata az  $U_1 \times U_2 \times \dots \times U_n$  univerzumon értelmezett fuzzy halmaz, ahol  $A_i$  az  $U_i$  univerzumon értelmezett fuzzy halmaz:

$$R_{A_1 \times \dots \times A_n} = ((a_1, a_2, \dots, a_n), \chi_R(a_1, a_2, \dots, a_n)) \quad (2.55)$$

$$(a_1, a_2, \dots, a_n) \in A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n, \chi_R(a_1, a_2, \dots, a_n) = \min(\chi(a_i)) \quad (2.56)$$

Két tetszőleges halmaz relációját bináris relációnak nevezzük.

Amennyiben két relációt  $P(X, Y)$ ,  $Q(Y, Z)$  ugyanazon az  $Y$  halmazon értelmezünk, úgy a két reláció kompozícióját  $R(X, Z)$  a következő relációként értelmezhetjük:

$$R(X, Z) = P(X, Y) \circ Q(Y, Z), \quad (2.57)$$

ahol:  $R(X, Z)$  az  $X \times Z$  univerzumon értelmezett reláció és  $(x, z) \in R(X, Z)$

ha létezik legalább egy  $y \in Y$ , hogy

$$(x, y) \in P(X, Y) \text{ és } (y, z) \in Q(Y, Z) \quad (2.58)$$

A kompozíció definíciójából adódó általános tulajdonságok:

$$P(X, Y) \circ Q(Y, Z) \neq Q(Y, Z) \circ P(X, Y) \quad (2.59)$$

$$(P(X, Y) \circ Q(Y, Z))^{-1} = Q(Y, Z)^{-1} \circ P(X, Y)^{-1} \quad (2.60)$$

$$(P(X, Y) \circ Q(Y, Z)) \circ R(Z, V) = P(X, Y) \circ (Q(Y, Z) \circ R(Z, V)) = P(X, Y) \circ Q(Y, Z) \circ R(Z, V) \quad (2.61)$$

Két fuzzy reláció kompozíciójánál a reláció elemeihez több módon is rendelhetünk tagsági függvényt. A legelterjedtebb közöttük a Zadeh-féle max-min kompozíció. Az egyes elemekhez rendelt tagsági függvény értéket (max-min kompozíció esetén) a következő módon nyerjük:

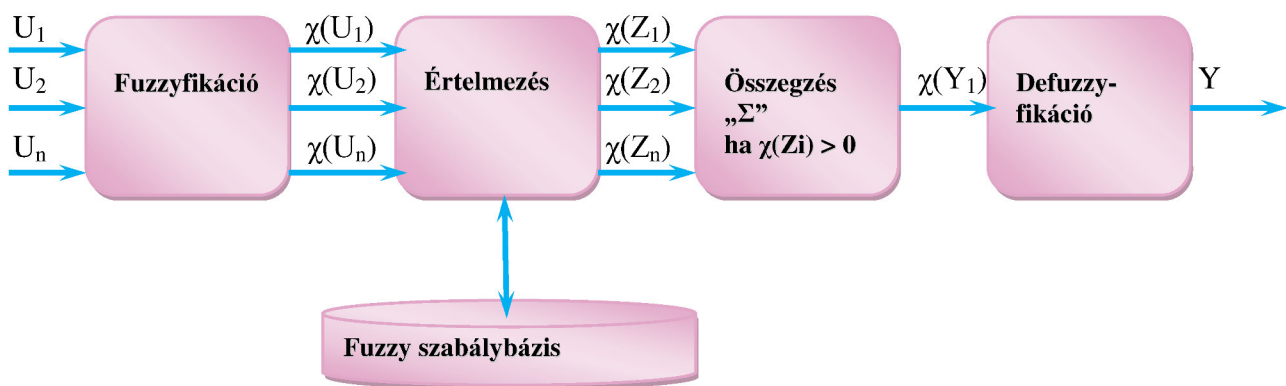
$$\chi_P \circ Q(x, z) = \max_{y \in Y} \min[\chi_P(x, y), \chi_Q(y, z)] \quad (2.62)$$

valamennyi  $x \in X$ ,  $z \in Z$  esetén.

Mára talán a fuzzy logika alkalmazásával és kialakításával kerültünk a legközelebb az emberi gondolkodás analógiáinak matematikai megvalósításához. Az alapelvek

alkalmazásával egy egyszerű rendszert lehet építeni, amely öt jól elkülöníthető feladatrendszerrel bíró egységből áll. A részek a következők: fuzzyfikáció, értelmezés, összegzés, defuzzyfikáció, és a fuzzy szabálybázis.

A következő ábrán jól láthatók a kapcsolódási pontok és a funkcionalitás.



12. ábra. A Fuzzy rendszer

Az első lépés a fuzzy rendszer bemenetének meghatározása, amely a modellezni kívánt rendszer jellemzőihez egy-egy fuzzytagsági értékkel történő megfeleltetést jelent. [54] [55] A bemenetknél, mint már előbbieken is taglaltam, olyan meghatározásokat kell alkotni, amely az adatok pontatlanságának és bizonytalanságának jellemzésére, meghatározására képes. [56] [57] [58] Tehát a fuzzyfikáció bevezetésénél meg kell határozni a modellenél alkalmazandó kategóriákat és a hozzájuk rendelt tagsági függvényeket. A kategóriák kialakításánál meg kell vizsgálni a főbb befolyásolási tényezőket, általános kockázatbecslésnél a kockázati szinteket, amelyek az események bekövetkezésének gyakoriságát, másrészt a veszteség mértékét határozzák meg. [59] A legfontosabb mindig a rendszer megalapozása, amelyből építkezünk, ezért itt sem elhanyagolható a megfelelő számú kategória kiválasztása, mivel egyenes arányosság van a kategóriák számának a kívánt rendszer modelljének pontosságával, valamint a vizsgálat bonyolultságával. A vizsgálat bonyolódásával azonban megnőhet annak veszélye is, hogy a vizsgálatban résztvevő szakértők közötti információáramlás nem megfelelően zajlik, és ebből eredően esetenként félreértések születhetnek.

A következő fázis az értelmezési szakasz, amelyben a megalkotott kategóriák alapján logikai szabályrendszereket hozunk létre. Itt hozzuk létre a fuzzy modell szabálybázisát, melyet a kockázatbecslés logikai szabályai adnak. Ha leegyszerűsíttem a megfogalmazást, akkor azt is mondhatom, hogy a fuzzy műveletek együttes alkalmazásával kapom a fuzzy szabályokat, amelybe belefoglalom a fuzzy készletek és kategóriák kombinált alakját.

Az összegzés az értelmezés eredményeképpen kapott nullától eltérő értékeket összegzi, - valamelyik fuzzy művelet alkalmazásával - annak figyelembevételével, hogy a folyamat jellemzői mit határoztak meg. A kimenetén a műveletek elvégzését követően egy fuzzy halmaz születik - elsődleges konklúzió -, amelyet újra értelmeznünk kell.

Az összegzés értelmezéseképpen egy új műveletet, a defuzzyfikácót kell elvégezni, amelynél kiválasztjuk azt az értéket, amely a modellezett rendszerre a leginkább jellemző. Alapvetően úgy értelmezhető, hogy a defuzzyfikáció a fuzzyfikáció ellentétes eljárása. Annak érdekében, hogy ez az eljárás minél egyszerűbb legyen, különböző módszereket lehet bevezetni. Ilyen módszerek a geometriai középpont módszer (COA<sup>31</sup>), a maximumok súlyozott átlaga vagy a súlypont módszer (COG<sup>32</sup>).

Az előbb leírtak szemléltetéséhez, hogy mennyire közelebb áll a fuzzy logika az emberi gondolkodáshoz, egy egyszerű példán bemutatom a mindenki számára megszokott boole logika és a fuzzy logika közötti markáns különbséget [60].

A következő alpműveleteket vezettem be (eCognition) [49]:

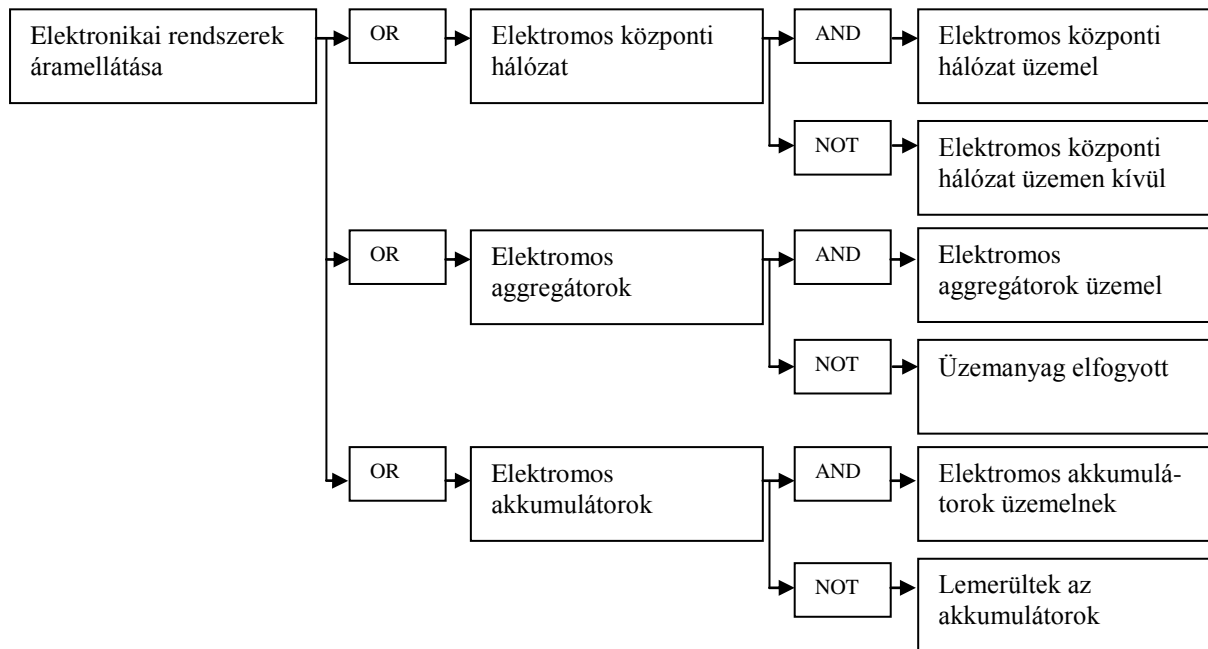
1. AND(min) két fuzzy halmaz metszete, az értékek minimumát adja meg
2. AND (\*) két fuzzy halmaz szorzata, az együttes előfordulás valószínűségét jellemzi
3. OR két fuzzy halmaz unioja két halmaz maximumát kell megkeresni a térközi átfedések során
4. MEAN(arithm) a fuzzy halmazok számtani középértéket számolja
5. MEAN(geo) a fuzzy halmazok geometriai középértéket mutatja
6. NOT a fuzzy halmaz értekeinek 1-ből történő kivonása

---

<sup>31</sup> COA - Center of Area

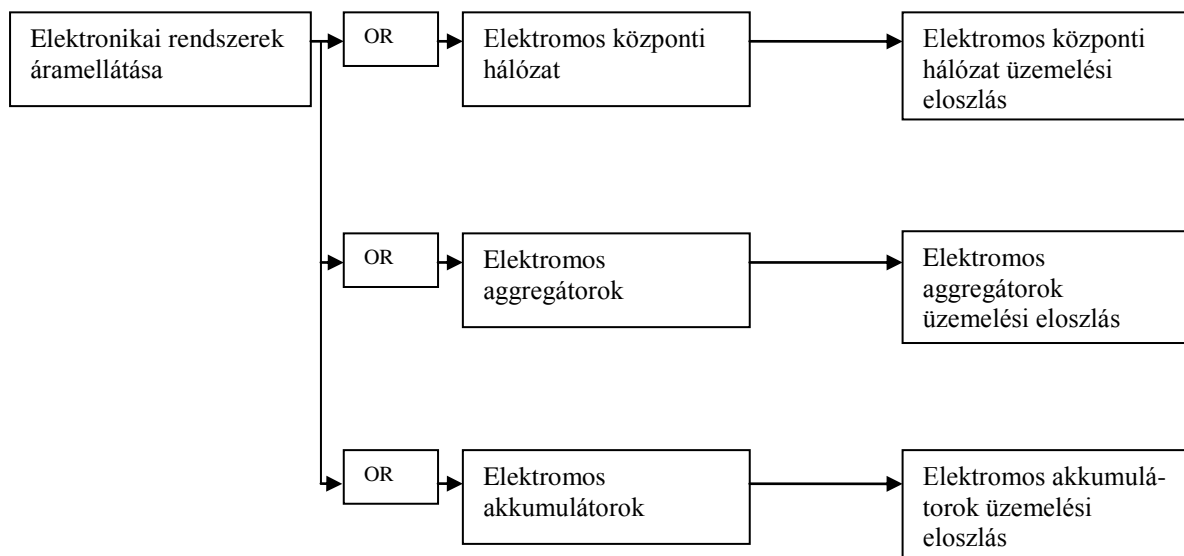
<sup>32</sup> COG - Center of Gravity

Az alábbi, 13. ábra a Boole logika szerint egy katonai bázison történő energiaellátásnak a logikai megvalósítása az elektromos áram vonatkozásában, míg az azt követő 14. ábra a fuzzy logika szerinti „egyszerűbb” ábra.



13. ábra. A Boole logika szerint egy katonai bázison történő energiaellátás

A Boole logikával egyszerűen megfogalmazva az elektronikai rendszerek áramellátása akkor lehetséges, ha az elektromos központi hálózat üzemel, de nem kapcsolták ki, vagy az aggregátorok üzemelnek, de nem fogyott ki az üzemanyag, vagy az akkumulátorok üzemelnek, de nem merültek le.



14. ábra. A fuzzy logika szerint egy katonai bázison történő energiaellátás

A fuzzy logikával egyszerűen szövegesen megfogalmazva, az elektronikai rendszerek áramellátása attól függ, hogy az elektromos központi hálózat eloszlása, az aggregátorok eloszlása ill. az akkumulátorok eloszlása mit mutat.

### II.3. Egy konkrét katonai elektronikai felderítő rendszer műszaki megbízhatóság vizsgálata jelfolyamgráf módszerrel

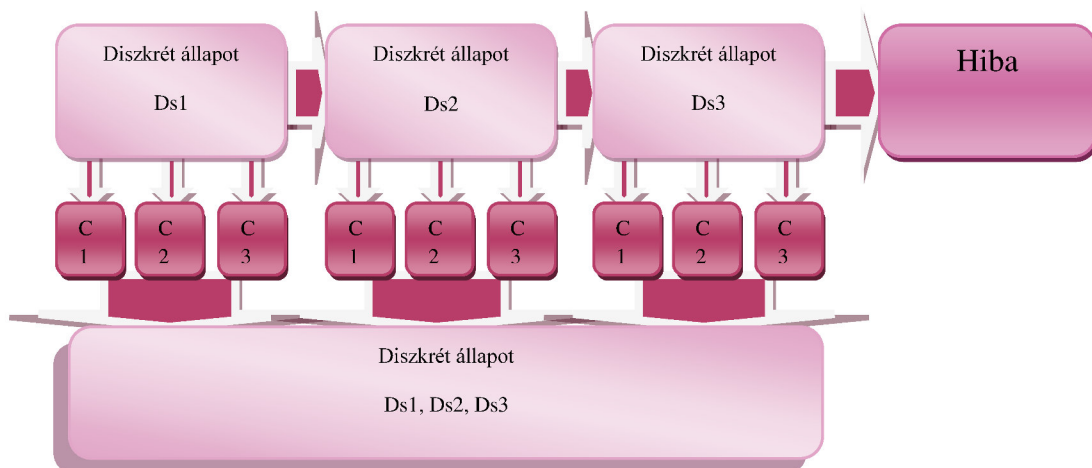
A következőkben a katonai felderítésnél alkalmazott elektronikai rendszerek energiaellátásának műszaki megbízhatóságát vizsgálom jelfolyamgráf módszerrel. A kialakított modell vizsgálatánál három diszkrét állapotot különböztetek meg.

Lehetséges diszkrét állapotok:

1. központi áramszolgáltató által biztosított erősáram; (Ds1)
2. aggregátor által biztosított erősáram; (Ds2)
3. akkumulátor által biztosított erősáram. (Ds3)

A diszkrét állapotok mellett még meghatároztam az áram/feszültség kritériumot, amely szintén három értéket vehet fel:

1. jól működik a rendszer; (C1)
2. használat előtt, helyreállítás szükséges; (C2)
3. nem működik a rendszer - pl.: kikapcsolt - (C3).



15. ábra. A rendszer állapot modellje

Az aktuális állapotok meghatározzák annak lehetőségét, hogy milyen intézkedést kell végrehajtani a rendszer folyamatos működésének eléréséhez. Ha az energiaellátás (áram/feszültség) értéke a C1 állapotban van, akkor nem kell tenni semmit, mivel a rendszer megfelelően működik. Abban az esetben, ha az energiaellátás (áram/feszültség) a C2 vagy a C3 állapotba kerül, akkor két különböző lehetséges szituáció léphet fel: helyreállítás/javítás szükséges, vagy szétkapcsolt/kikapcsolt a rendszer és intézkedni kell a bekapcsolásra.

Például, ha az aktuális állapot a Ds2 (aggregátor) és a C2 feltétel teljesül, akkor annak a valószínűsége nagyobb, hogy javításával visszaállítható a rendszer megfelelő működése, mint ha lekapcsolva lenne a rendszer (nincs áram). Másrészt, ha az aktuális állapot, Ds2 és a C3 feltétel teljesül, akkor a rendszer lekapcsolt/kikapcsolt állapotának valószínűsége nagyobb, mint annak a valószínűsége, hogy javítással a rendszer megfelelő működési állapotba hozható.

A rendszer gondozását/karbantartást követően például megjavítás után három lehetséges állapotba kerülhet a rendszer: Ds1, Ds2, Ds3. Az, hogy a rendszer milyen állapotba kerül függ az aktuális állapotoktól és a kezelési eljárástól [61] [62].

A modellnél bevezetett fogalmak:

1. meghibásodási ráta (az összes állapotnak): ez a paraméter meghatározza az átmeneti rátáját minden állapotnak a meghibásodás során;
2. helyreállítási intenzitás (az összes állapotnak): ez a paraméter meghatározza minden állapot karbantartási rátáját, feltételezve hogy a vizsgálat, teszt, és karbantartás sorban végrehajtásra kerül;
3. átmeneti ráta: átmeneti valószínűség az egyik állapotból egy másikba. Ez a paraméter megmutatja annak valószínűségét, hogy a rendszer megvizsgálása után az áram/feszültség feltétele hogyan teljesül, valamint a helyreállítás, kikapcsolás valószínűségét és annak valószínűségét, hogy a karbantartást követően egy másik állapotba kerül-e a rendszer.

A modellnek van három diszkrét állapota, amely kifejezi a meghibásodási folyamatot. Feltételezve hogy a karbantartás magába foglalja az összes vizsgálatot, ellenőrzést és minden állapot helyreállítási intenzitását, akkor ezek összessége megegyezik a javítási rátával.

Bevezetett paraméterek:

$y_1$  = átmeneti ráta az első állapotban (év);

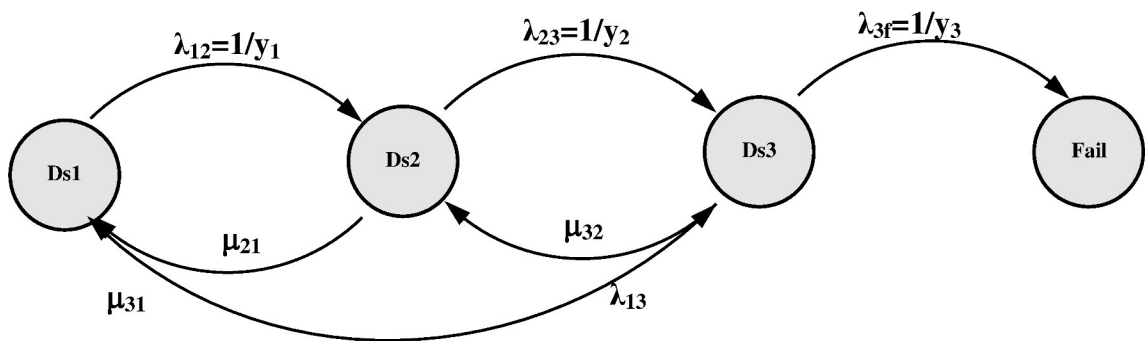
$y_2$  = átmeneti ráta az második állapotban (év);

$y_3$  = átmeneti ráta az első állapotban (év);

$\mu_{21}$  = javítási ráta a második állapotból az első állapotba (/év);

$\mu_{32}$  = javítási ráta a harmadik állapotból a második állapotba (/év);

$\mu_{31}$  = javítási ráta a harmadik állapotból az első állapotba (/év).



16. ábra. Jelfolyamgráffal történő ábrázolás

A jelfolyamgráffal megjelenített modell ekvivalens az előzőekben ábrázolt állapot modellel. A jelfolyamgráfos ábrázolásnál a lehetséges négy állapot lett felvéve, amelyekbe a rendszer kerülhet. Az állapotok közötti átmenetek a meghibásodás és javítás függvényében lettek összekötve [63].

Legyen  $T_0$  = üzemidő karbantartás nélkül,  $T_E$  = kiterjesztett üzemidő karbantartással,  $\lambda_{12} = 1/y_1$  meghibásodási ráta Ds1-ből Ds2-be,  $\lambda_{23} = 1/y_2$  meghibásodási ráta Ds2-ből Ds3-ba,,  $\lambda_{3f} = 1/y_3$  meghibásodási ráta Ds3-ből F-be [64].

$$T_0 = y_1 + y_2 + y_3 \quad (2.63)$$

$$T_E = \frac{\mu_{21}}{\lambda_{12} \lambda_{23}} + \frac{\mu_{32}}{\lambda_{23} \lambda_{3f}} + \frac{\mu_{31} \mu_{32}}{\lambda_{12} \lambda_{23} \lambda_{3f}} \quad (2.64)$$

$$y_1 = 1/\lambda_{12}, y_2 = 1/\lambda_{23}, y_3 = 1/\lambda_{3f} \quad (2.65)$$



$$\text{MTTFF} = T_0 + T_{E= y_1 + y_2 + y_3 + \mu_{21} y_1 y_2 + \mu_{32} y_2 y_3 + \mu_{21}\mu_{32}y_1y_2y_3 \quad (2.66)$$

A negatív visszacsatolás nélküli modellnél a kiterjesztett üzemidő a lehetséges állapotátmenetek kombinációjának összege, tehát a karbantartási ráta az aktuális állapotnak és a meghibásodási ráta előző és következő állapotának kombinációja. A rendszert így vizsgálva a  $T_E$  csak pozitív lehet, a karbantartással és ellenőrzésekkel mindig növelhető a rendszerünk élettartama. Abban az esetben, ha a javítási ráta relatíve nagyobb az összes állapotban az meghibásodási rátánál ( $\mu_{21} \gg \lambda_{12}\lambda_{23}, \mu_{32} \gg \lambda_{23}\lambda_{31}$ ), a rendszer élettartama jelentősen megnő.

*A rendszer elemzése negatív visszacsatolással.*

Csonkolt átmeneti valószínűségi mátrix  $Q_n$  a következő:

A mátrix elemeit a csomópontokból kilépő és belépő élek paramétereivel töltjük fel. Az oszlopok és sorok a megfelelnek a csomópontok (1,2,3) közötti átmeneteknek.

$$Q_n = \begin{bmatrix} 1 - \left( \lambda_{13} + \frac{1}{y_1} \right) & \frac{1}{y_1} & \lambda_{13} \\ \mu_{21} & 1 - \left( \mu_{21} + \frac{1}{y_2} \right) & \frac{1}{y_2} \\ \mu_{31} & \mu_{32} & 1 - \left( \mu_{31} + \mu_{32} + \frac{1}{y_1} \right) \end{bmatrix} \quad (2.67)$$

Az idő intervallum mátrix várható értéke kiszámítható az  $N = [I - Q_n]^{-1}$  (2.68)

$$\det(N) = \frac{1}{y_1 y_2 y_3} + \frac{\lambda_{13}}{y_2 y_3} + \frac{\lambda_{13} \mu_{21}}{y_3} \quad (2.69)$$

Az első állapotból (Ds1) az MTTFF az N(1) mátrix összege.

$$\text{MTTFF} = \frac{1}{\det(N)} \left( \frac{1}{y_2 y_3} + \frac{1}{y_1 y_3} + \frac{1}{y_1 y_2} + \mu_{21} (\mu_{31} + \mu_{32}) + \frac{\mu_{21}}{y_3} + \frac{\mu_{21}}{y_2} + \lambda_{13} \mu_{32} + \frac{\mu_{31}}{y_1} + \frac{\mu_{32}}{y_1} + \frac{\mu_{31}}{y_2} + \lambda_{13} \mu_{21} \right) \quad (2.69)$$

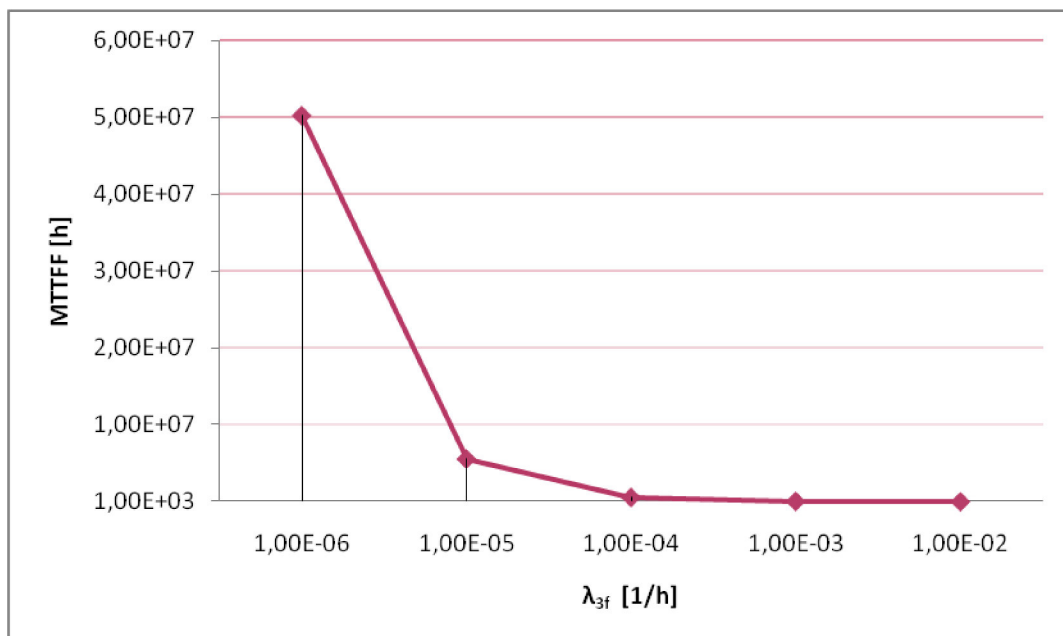
$$MTTFF = \frac{T_D + T_E}{1 + \frac{\lambda_{23} + \lambda_{13} \mu_{21}}{\lambda_{12} + \lambda_{12} \mu_{32}}} \quad (2.70)$$

$$T_E = \frac{\mu_{21}(\mu_{31} + \mu_{32}) + \lambda_{13}(\mu_{21} + \mu_{32})}{\lambda_{12} \lambda_{23} \lambda_{3f}} + \frac{\mu_{21}}{\lambda_{12} \lambda_{23}} + \frac{\mu_{31}}{\lambda_{23} \lambda_{3f}} + \frac{\mu_{32}}{\lambda_{12} \lambda_{3f}} + \frac{\mu_{31}}{\lambda_{23} \lambda_{3f}} + \frac{\lambda_{13}}{\lambda_{12} \lambda_{3f}} \quad (2.71)$$

Az MTTFF kiszámításának elvégzése különböző paraméterekkel<sup>33</sup>, az alábbi táblázatban látható:

$\lambda_{12}$ [1/h]	$\lambda_{23}$ [1/h]	$\lambda_{13}$ [1/h]	$\lambda_{3f}$ [1/h]	$\mu_{21}$ [1/h]	$\mu_{32}$ [1/h]	$\mu_{31}$ [1/h]	MTTFF [h]
4,00E-04	2,00E-04	3,00E-05	1,00E-06	0,1	0,01	0,001	5,02E+07
4,00E-04	2,00E-04	3,00E-05	1,00E-05	0,1	0,01	0,001	5,56E+06
4,00E-04	2,00E-04	3,00E-05	1,00E-04	0,1	0,01	0,001	5,67E+05
4,00E-04	2,00E-04	3,00E-05	1,00E-03	0,1	0,01	0,001	6,17E+04
4,00E-04	2,00E-04	3,00E-05	1,00E-02	0,1	0,01	0,001	1,11E+04

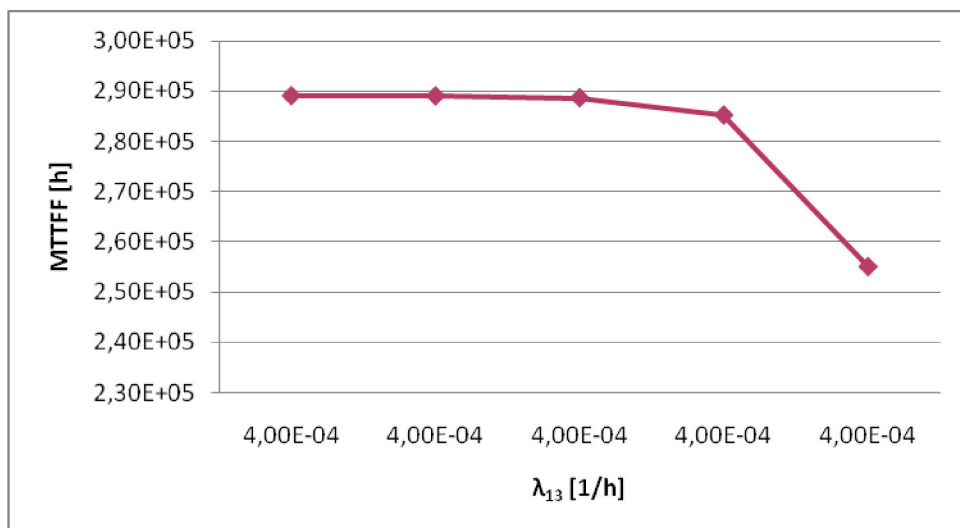
4. táblázat. Az MTTFF  $\lambda_{3f}$  változására



17. ábra.  $\lambda_{3f}$  ábrázolva

<sup>33</sup> A paramétereket tapasztalati úton gyűjtöttem és határoztam meg.

$\lambda_{12}$ [1/h]	$\lambda_{23}$ [1/h]	$\lambda_{13}$ [1/h]	$\lambda_{3f}$ [1/h]	$\mu_{21}$ [1/h]	$\mu_{32}$ [1/h]	$\mu_{31}$ [1/h]	MTTFF [h]
1,00E-04	1,00E-04	1,00E-06	1,00E-04	0,1	0,01	0,001	1,12E+06
1,00E-04	1,00E-04	1,00E-05	1,00E-04	0,1	0,01	0,001	1,12E+06
1,00E-04	1,00E-04	1,00E-04	1,00E-04	0,1	0,01	0,001	1,12E+06
1,00E-04	1,00E-04	1,00E-03	1,00E-04	0,1	0,01	0,001	1,10E+06
1,00E-04	1,00E-04	1,00E-02	1,00E-04	0,1	0,01	0,001	9,46E+05

5. táblázat. Az MTTFF  $\lambda_{13}$  ábrázolva18. ábra.  $\lambda_{13}$  változására

A következőkben megvizsgálom ezen konkrét katonai elektronikai felderítő rendszernél lévő ellenőrzési ráta és az MTTFF közötti kapcsolatokat:

Az első állapotban az MTTFF-et egyszerűen növelhetjük, ha az ellenőrzések és karbantartások számát növeljük, tehát a karbantartási rátát magasra hozzuk. Az ellenőrzéssel azonban a  $\lambda_{13}$  is növekszik, ami az első állapotból a harmadik állapotba vezet. Az MTTFF számításnál, ha a nevező értéke elkezd nőni ( $\lambda_{13}$  miatt) az azt eredményezi, hogy az MTTFF értéke elkezd csökken.

A második állapotnál, ha magas az ellenőrzési ráta, akkor a második (Ds2) és az első (Ds1) állapot közötti javítási ráta ( $\mu_{21}$ ) is növekedni fog. Feltételezve, hogy a meghibásodási ráta nagyon magas, az MTTF számítását egyszerűsíthetjük a (2.70) képlet felhasználásával, közelítőleg a következőt kapjuk:

$$\text{MTTF} \approx \frac{1 + \mu_{21}(\mu_{21} + \mu_{22} + \lambda_{12})}{\lambda_{12}} \quad (2.72)$$

A harmadik állapot vizsgálatánál, ha magas az ellenőrzési ráta, akkor növekedni fog a harmadik és a második állapot közötti javítási ráta ( $\mu_{32}$ ), valamint a harmadik és az első állapot közötti javítási ráta ( $\mu_{31}$ ). Ebben az esetben a két állapot átmenet relatíve lineáris az MTTF-vel, tehát a rendszer élettartamát is lineárisan növelhetjük az ellenőrzésekkel.

## II.4. KÖVETKEZTETÉSEK

A fejezetben összegyűjtöttem, bemutattam és elemeztem a megbízhatósági elmélet néhány matematikai modelljét. A kutatásom során megállapítottam, hogy ezek a matematikai modellek kiválóan alkalmasak arra, hogy a technikai rendszerek megbízhatósági mutatóit segítségükkel meghatározzuk. Ennek következményeként paramétereket definiálhatunk az eszközök létrehozása (tervezése), gyártása, üzemeltetése minősítésére, alkalmazhatóságára.

Megállapítottam, hogy a matematikai modellek alkalmazása széles körben bevált a polgári életben, és alkalmazhatóak a katonai technika, különös tekintettel a katonai felderítésnél alkalmazott eszközök minősítésére is. Ezen eszközöket az eddig bevált gyakorlatnak megfelelően a katonai szabványok szerint minősítették.

Kidolgoztam és javasoltam egy olyan matematikai modellt, - használhatóságát hitelességét reprezentatív példákkal bizonyítottam - amely nemcsak polgári, vagy katonai rendszereknél alkalmazható, hanem egyaránt mindkettőnél. Elsősorban arra koncentráltam, hogy a katonai felderítés külföldi béketámogató műveleteiben bevetésre kerülő eszközeire vonatkoztassam a polgári életben alkalmazottakat.

Mindezek alapján úgy ítélem meg, hogy teljesítettem a kutatási célkitűzésekben 2. pont alatt megfogalmazottakat: „Kutatni és kidolgozni egy olyan matematikai modellt, amely alkalmas egy felderítő komplex rendszer és annak (al)rendszerei megbízhatósági mutatóinak számítására. A matematikai módszert a kutatás során alkalmassá kellett tenni, egyszerűbb és bonyolultabb rendszerek vizsgálatára.”

A bemutatott példákat az általam személyesen tapasztalt külföldi tanulmányozó és kutató tevékenységem során tártam fel és határoztam meg.

A 2. pont alatt meghatározott hipotézis igazolását bizonyítottnak tekintem: „Feltételezem, hogy létezik olyan matematikai eljárás, modell, amely segítségével elemezni lehet a működés megbízhatóságának összességét és elemeit, továbbá meg lehet határozni annak egzakt mutatóit. Feltárom és rugalmas követelmények kielégítésére alkalmassá teszem elemek, alrendszerek és nagyrendszerek vizsgálatára.”

Igazoltnak tekintem az axiómák 1. pontja alattiakat is, miszerint: „A karbantartás hiánya és az emberi tényezők nagyban befolyásolhatják a kialakításra került, vagy kerülő komplex katonai felderítő elektronikai rendszerek hatékony működését. Ez pedig az alaprendeltetést, az információszerző tevékenységet károsan befolyásolja és csökkenti annak eredményességét.”

A műszaki megbízhatóság matematikai modelljeivel történő számításaim is alátámasztják azt a feltételezésemet, hogy a Központtól nagy távolságra lévő katonai felderítésnél alkalmazott elektronikai rendszereknél nem kell kizárólagosan prioritásnak tekinteni a katonai szabványok által meghatározott specifikációkat. Ez fakad elsősorban abból, hogy azok nincsenek közvetlen harctéri érintkezésben. A másik fontos kritérium, hogy az élettartam nagyságrendekkel növelhető úgy, hogy szakképzett személyek meghatározott időközönként elvégzik az előírásoknak megfelelő karbantartásokat és a helyi sajátosságok figyelembe-vételével előre felkészülnek a váratlan problémák megoldására.

### III. FEJEZET. ZAVARÁLLAPOTOK MEGHATÁROZÁSÁNAK ELVE

A fejezetben a zavarállapotok meghatározásával foglalkozom, amely a hibamentesség vizsgálatának egyik fajtája. A békétámogató műveletek során a zavarforrások mennyiségi és minőségi jellemzői nagyban eltérnek a hazai környezetben tapasztalhatóktól, ezért a zavarforrásokat rendszereztem és kifejtettem a zavar potenciál fogalmát.

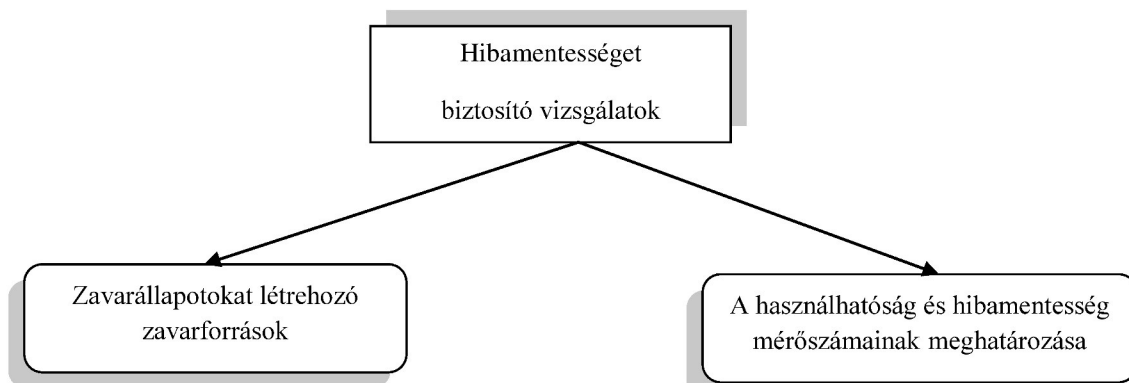
#### III.1. Zavarállapotok

A hibamentesség vizsgálatának egy fontos módszere a „zavarállapotok meghatározásának elve”. A zavarállapot egy komplex elektronikai rendszernél egy olyan állapot, amely hatására a rendszer nem képes megfelelően, vagy egyáltalán működni, így a funkcióját nem tudja ellátni [65] [66].

Az elemzés során azokat a befolyásoló tényezőket kell figyelembe venni, amelyek hatással vannak a hibamentes működésre. A zavarállapotok meghatározásának elvénél alapvetően két csoportra kell bontani a problémát.

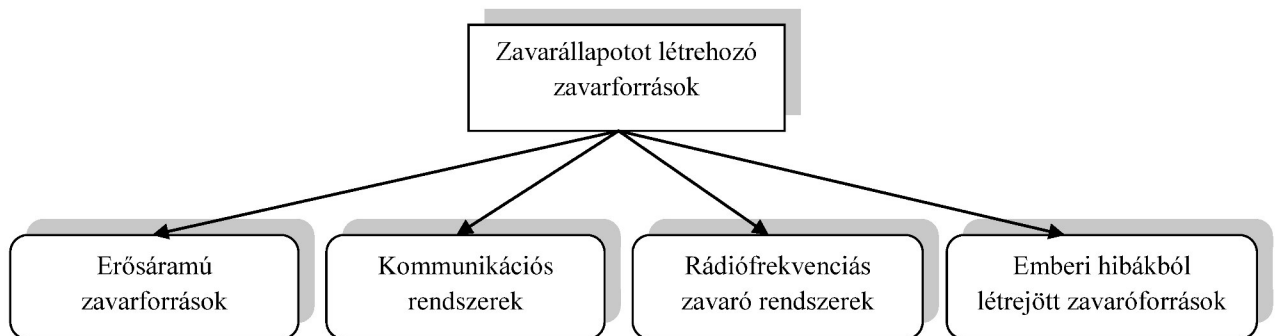
Az egyik csoport a megbízhatóság elméleti módszerekkel meghatározható kulcstulajdonságainak halmaza, amelyet alapvetően a gyártók adnak meg, de történhet saját méréssel is. A megadott paraméterek vagy mérések laboratóriumi körülmények között hibamentességi jellemzők.

A másik csoportban úgy állapítjuk meg a zavarállapotokat létrehozó zavarforrásokat, hogy nem használunk semmiféle megbízhatóság - elméleti módszert -, kiemelve azokat a zavarforrásokat, amelyek a komplex elektronikai rendszerünk kulcsfontosságú paramétereire vannak hatással [66].



19. ábra. Hibamentességi vizsgálatok

A vizsgálati módszer széles körben alkalmazható, így a speciális komplex katonai rendszereknél is bevezethető, figyelembe véve az adott rendszerrel jelentkező zavarforrásokat [27] [67]. A zavarállapotok meghatározásának elve módszer alkalmazásakor meg kell határoznunk a zavarforrásokat [68], amely lehet egy általános például az összes HUNNIC esetében, de lehet konkrétan egy adott külföldi béketámogató művelet helyszínének vonatkozásában.



20. ábra. Zavarforrások

A 20. ábrán látható, hogy egy béketámogató műveleti területen telepítésre került HUNNIC-nél, leggyakrabban milyen zavarforrásokkal lehet számolni, továbbá az is jól látható, hogy a polgári területhez képest például a rádiófrekvenciás zavaró rendszerekkel (Jammer) is kell számolnunk, mert Magyarországon ilyen eszközök használata - törvényben szabályozva - nem engedélyezett.

A példában bemutatott erősáramú zavarforrásoknál azoknak az erősáramú villamos gépeknek, berendezéseknek, aggregátoroknak a hatásait elemezhetjük, amelyek zavarforrásként veszélyeztethetik a hibamentességet. Az egyik legfontosabb a feszültségesések és impulzusok vizsgálata, ill. ezek kialakulási okainak felmérése.

A műveleti területeken a katonai híradásra alkalmas kommunikációs rendszerek nagyszámú megjelenésével lehet számolnunk, eltérően a „civil”, béke időszaki környezettől. A távközlési, kommunikációs rendszereknél alkalmazott frekvenciák tömegesen jelentkeznek - a teljes frekvencia tartományban -, mivel a műholdas és rádiókommunikáció mellett, GSM<sup>34</sup> hálózat is megtalálható, valamint arra is figyelmet kell fordítani, hogy az adóteljesítmények a békeidőszakban alkalmazott híradásokhoz képest többszörösére nőhetnek.

<sup>34</sup> GSM - Global System for Mobile Communications

A béketámogató műveleti területeken egyre nagyobb számban használnak különböző rádiófrekvenciás zavaró rendszereket (Jammer), mivel megnövekedtek a katonai konvojok és objektumok elleni IED<sup>35</sup> támadások. A Jammer-ek a rádiókommunikációs rendszerek elnyomását - zavarását – végzik működéséből fakadóan nagy sáv szélességben és teljesítményben. Az alkalmazásuk történhet kis teljesítménnyel vagy válogatott frekvenciákon, de nagy hatótávolságra és teljes frekvenciasávra is. A rádiófrekvenciás jelek nem csak a kommunikációs rendszert zavarhatják, hanem a megjelenő felharmonikusai a kialakított rendszerünket is negatívan befolyásolhatják.

A kialakított vagy tervezett rendszereknél az emberi tényezővel is számolni kell, mint zavarforrás. Az emberi hibákból adódó zavarok létrejöttét meg kell akadályozni, meg kell előzni. Ez történhet előírásokkal, szabályzatokkal de esetenként elég a figyelemfelhívás.

### **III.2. Zavarforrások rendszerezése**

A polgári és katonai erősáramú és gyengeáramú rendszerek, valamint különböző hírközlési rendszerek megjelenésével, valamint egyre növekvő számával párhuzamosan, megjelentek a villamos, a mágneses és az elektromágneses erők hatásai és az ehhez kapcsolódó jelenségek.

Az előnytelen hatások elleni védekezést az elektromágneses környezetvédelem fogalmába soroljuk. A fogalomkörön belül két csoportra bonthatjuk a hatásokat: a különféle villamos, mágneses és elektromágneses elven működő eszközök és rendszerek egymásra hatásából adódóan, valamint a természeti hatások, valamint a mesterséges rendszerek és eszközök különböző élőlényekre - beleértve az embereket - gyakorolt biológiai hatására. Az eljárás során a kisméretű és a nagyfrekvenciás mágneses erők, a villámcsapások és az elektrostatikus feltöltődések következményeinek élettani hatását vizsgálják.

Az egyre nagyobb számban megjelenő elektronikai rendszerek, eszközök mind több zavaró jelenség(ek)et okoznak, amelyeket együttesen a villamos berendezések elektromágneses kompatibilitásának (EMC<sup>36</sup>) nevezünk. [69] Mára már figyelembe kell venni egy elektronikai rendszer tervezésénél a kisméretű (0 Hz - 2000 Hz) villamos és

---

<sup>35</sup> IED - Improvised Explosive Devices

<sup>36</sup> EMC - Elektromagnetic Compatibility



mágneses erőterek (LFI<sup>37</sup>), az elektrosztatikus feltöltődések és kisülések ( ESD<sup>38</sup>), a villámcsapások által keltett vezetési vagy indukciós jelenségek (EMP<sup>39</sup>), vagy a rádiófrekvenciás eszközök által létrehozott nagyfrekvenciás zavarokat (RFI<sup>40</sup>). A műveleti területeken fellépő zavarforrások eltérnek, illetve nagyobb számban tudnak jelentkezni, mint a polgári szférában alkalmazott elektronikai rendszereknél, mivel a harctéri körülmények és a katonai rendszerek alkalmazása során nem mindig lehetséges betartani azokat a szabványokat, eljárásokat, amelyek a „civil” - válságmentes - környezetben alkalmaznak.

Zavarforrások néhány csoportja:

- erősáramú gépek, berendezések;
- híradástechnikai berendezések;
- ipari, tudományos és orvosi nagyfrekvenciás berendezések;
- villamos energiaellátó, elosztó és szállító berendezések;
- háztartási villamos készülékek;
- gázkisüléses és egyéb világító berendezések.

Néhány zavarforrás a rá jellemző zavar frekvenciával:

- kommutátorok (0,1 - 4 MHz);
- porszívó (0,1 - 10 MHz);
- fénycsövek (0,1 - 3 MHz);
- motorok (0,1 - 10 MHz);
- kapcsolók érintkezői a kapcsolási ívek révén (30 - 300 MHz);
- megszakítók, mágneskapcsolók, relék (0,1 - 50 MHz);
- nagyfrekvenciás sebészet (0,4 - 5 MHz);
- kapcsoló üzemi tápegységek (0,1 - 10 MHz);
- számítógép-processzorok (~100 MHz).

A zavarforrások teljes összefoglalására jelenleg nincs mód, csak azokat emeltem ki, amelyek egy béketámogató műveleti helyen, valamilyen katonai bázison (HQ<sup>41</sup>) vagy katonai alkalmazásoknál felmerülhetnek. A katonai alkalmazásoknál ez a kör bővül a polgári

---

<sup>37</sup> LFI - Low Frequency Influence

<sup>38</sup> ESD - Electrostatic Discharges

<sup>39</sup> EMP - Electromagnetic Pulses

<sup>40</sup> RFI - Radio-frequency Influences

<sup>41</sup> HQ - Head Quarters

viszonylatokhoz képest, de meg kell említenem, hogy mivel a katonai feladatok ellátása során a katonák elhelyezési körletei megegyeznek a „civil életkörülményivel”, nem hagyható ki egy kapcsolóüzem tápellátással rendelkező televízió vagy egy kávéfőző bekapcsolásakor jelentkező elektromos impulzus zavarforrásként jelentkező hatása sem.

### III.3. Zavarási potenciál

Az elektronikai rendszereknél fellépő zavarforrásokra figyelmet kell fordítani a tervezés fázisában, mivel a kialakításra került rendszerrel utólagosan nehezen megoldható a hatások kiküszöbölése. Az elektromágneses zavarok a hálózati feszültségre váratlan, nem kívánt, általában váratlanul jelentkező változást okozhatnak. A zavarás abban az esetben jelentkezhet, amikor a szinuszos görbétől eltérő feszültséget vagy áramváltozást okoz. A változás sztochasztikusan jelenik meg, amely ideje eltérő hosszúságú lehet. A leggyakoribb előfordulása ezeknek a zavaroknak időben rövidek esetenként pár másodperc, de 1-2  $\mu$ s-ig is lehet. Ebből a megközelítésből a zavarok az alábbiak szerint csoportosíthatóak [67] [70]:

- zaj (noise, N), amely a feszültség szinuszos görbénél jelentkezik, periodikusan és a frekvenciája nagyobb a hálózat frekvenciájánál;
- impulzus (spike, S), amely a hálózati feszültség pozitív vagy negatív csúcsaihoz adódik - szuperponálódik - és az amplitúdója kis időintervallumban nagy (szinkron vagy aszinkron módon);
- tranziens (transient, T), amely időtartama az ipari frekvencia periódus idejétől akár másodpercekig is tarthat

A tranziensek vizsgálatához bevezethetjük a  $\delta$  tényezőt, amely a zavarforrások működési ciklusát jellemzi [71].

$$\delta = \tau \cdot f_r \quad (3.1)$$

ahol :

$\tau$  : az impulzus szélessége az amplitúdó fél értékével mérve

$f_r$ : ismétlődési frekvencia, vagy esetleges előfordulás esetén 1 másodpercre eső átlagos impulzus szám

Az elektronikai készülékeknél figyelembe véve a működési ciklusukat ( $\delta$ ), azon eszközök lehetnek tranziens források, amelyek  $\delta < 10^{-5}$ . Ha a működési ciklusuk nagyobb, mint  $10^{-5}$ , akkor a zavarokat szélessávúnak tekinthetjük (például egy személyi számítógépnél a  $\delta=0,5$ ).

A zavarások hatásainak elemzése során felhasználható a zavarási potenciál számításának módszere, amely elősegíti a tervezés fázisában a megbízható elektronikai rendszer kialakítását [72]. A rendszerünk vizsgálata során meg kell határoznunk a zavarforrások zaj (N), impulzus (S) és tranziens (T) numerikus értékeit, amelyek 1 és 5 között súlyozással szerepelnek. A zavarási potenciál kiszámításának egyenlete a következő [67]:

$$\gamma = (2N + 5S + T)^2 \quad (3.2)$$

A képletet megfigyelve észrevehető, hogy az impulzus és a zaj súlyozása nagyobb, mint a tranzienseké. A súlyozás alapvetően a zavarok kiszűrésének nehézségi fokát jeleníti meg. A három érték meghatározását végezhetik a gyártók laboratóriumi körülmények közötti mérésekkel, illetve összegyűjthető gyakorlati tapasztalatok alapján.

### III.4. Elektronikai rendszerek elektromágneses összeférhetőségi szintjei

A katonai és civil elektronikai rendszerek elektromágneses összeférhetőségének megállapításához a zavarokra jellemző fizikai mennyiségek határértékének szintjeit kell meghatározni [73] [74] [75]. A szintek meghatározását dB-ben vagy névleges feszültség % értékben kell megállapítani.

Logaritmikus viszonyal megadhatók szintek, illetve átviteli mennyiségek:

feszültség szint:

$$u_{dB} = 20 \log \frac{U_x}{U_0}; \text{ dB } \mu\text{V}, \quad (3.3)$$

vonatkoztatási érték:  $U_0 = 1 \mu\text{V}$ ;

áram szint:

$$i_{dB} = 20 \log \frac{I_x}{I_0}; \text{ dB } \mu\text{A}, \quad (3.4)$$

vonatkoztatási szint:  $I_0 = 1 \mu\text{A}$ ;

villamos térerősség szint:

$$E_{\text{dB}} = 20 \log \frac{E_x}{E_0}; \text{ dB } \mu\text{V/m}, \quad (3.5)$$

a vonatkoztatási érték:  $E_0 = 1 \mu\text{V/m}$  ;

mágneses térerősség szint:

$$H_{\text{dB}} = 20 \log \frac{H_x}{H_0}; \text{ dB } \mu\text{A/m}, \quad (3.6)$$

a vonatkoztatási érték:  $H_0 = 1 \mu\text{A/m}$  ;

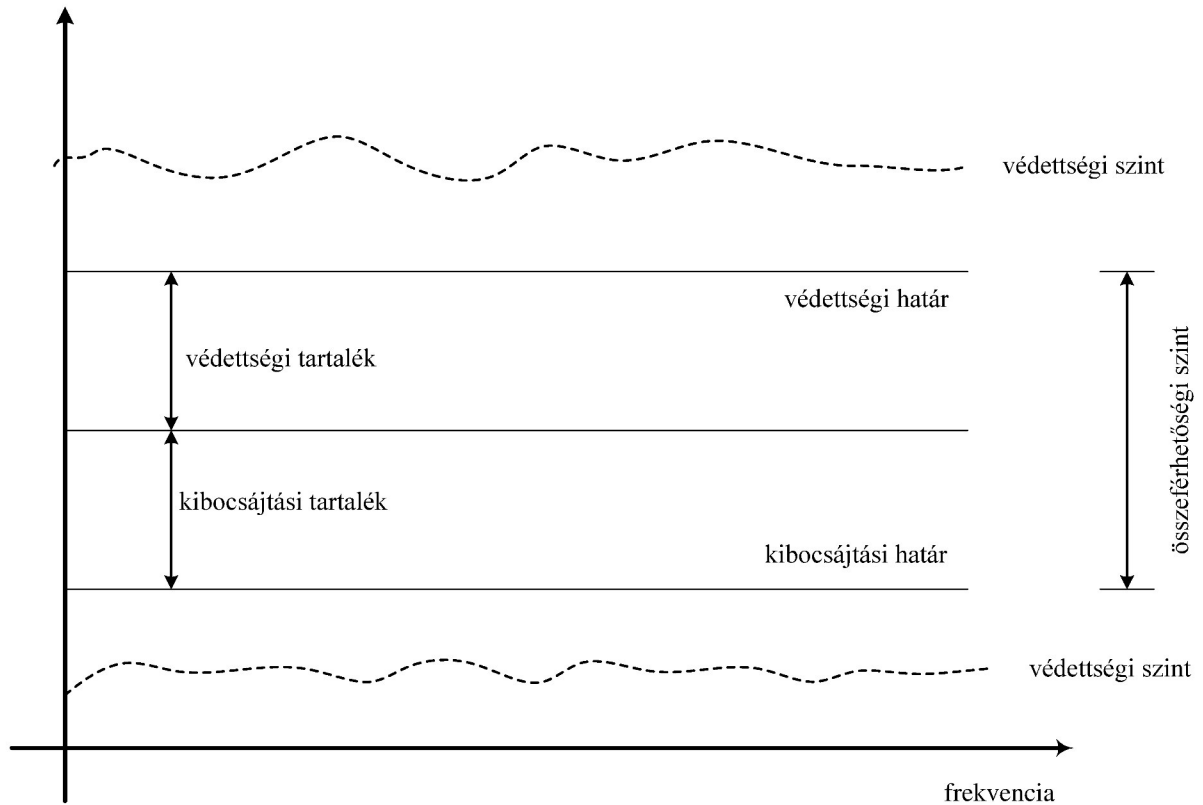
teljesítmény szint:

$$P_{\text{dB}} = 10 \log \frac{P_x}{P_0}; \text{ dB pW}, \quad (3.7)$$

a vonatkoztatási érték:  $P_0 = 1 \text{ pW}$  .

EMC szintek, határértékek és tartományok [75] [76]:

- a kibocsátási szint, a zavarforrás (készülék, berendezés vagy rendszer) által kibocsátott elektromágneses zavar meghatározott módon mért szintje;
- a kibocsátási határérték a megengedett legnagyobb kibocsátási szint;
- a zavartűrési szint a nyelőn előírt módon keltett, adott elektromágneses zavar azon legnagyobb szintje, amelynél nem következik be működőképességének romlása;
- a zavartűrési határérték a megkövetelt legkisebb zavartűrési szint;
- az összeférhetőségi szint az az előírt zavar szint, amelynél az elektromágneses összeférhetőség elfogadhatóan, nagy valószínűséggel létrejön;
- a kibocsátási tartalék (védeltségi tartomány) az elektromágneses összeférhetőség szintjének és a kibocsátási határértéknek a hányadosa;
- a zavartűrési tartalék (tartomány) a zavartűrési határértéknek és az elektromágneses összeférhetőség szintjének a hányadosa;
- az összeférhetőségi tartomány a zavartűrési határértéknek és a kibocsátási határértéknek a hányadosa.



21. ábra. EMC szintek, határértékek és tartományok

Az ábránál kiemelt fontos, hogy összefüggés legyen a mért kibocsájtási szint és zavar megállapított határértéke között, különben nem áll fent az elektromágneses összeférhetőség. A szintek és tartalékok egymáshoz képesti viszonyát ábrázoltam, amely egy zavarforrás és egy nyelő, valamilyen független változó függvényében történő változása. Az 21. ábrán megfigyelhető, hogy a kibocsájtási szint kisebb a kibocsájtási határnál, ami azt jelenti, hogy a zavarra nézve a zavarforrás összeférhető. A zavartűrési szint nagyobb a védelességi határnál, így a zavarnyelő is összeférhető.

Az összeférhetőségi szintek megválasztását nagyban befolyásolja a rendszer alkalmazásának helye. A katonai felderítő tevékenység során alkalmazott rendszernek, mely lehet nagyon összetett, különböző alkalmazási területe lehet, ahogyan az ipari vagy a civil felhasználásnál is. Jól látható, hogy például egy ipari alkalmazásnál többlet költségeket jelenthet a lakossági határértékek betartása, de a katonai rendszereknél is megfigyelhető ugyanez. Ezen megfontolás figyelembevételével az összeférhetőségi szintek ismeretével a

kibocsátási és a védettségi határt úgy kell meghatározni, hogy az elektromágneses összeférhetőség az adott környezetben/szituációban nagy valószínűséggel érvényesüljön [77].

Abban az esetben, ha nincs mód az elektromágneses környezet ellenőrzésére, vagy nem ismert teljes mértékben, akkor a szintet a már kialakított vagy a becsült elvárási szinthez kell igazítani. Ennek hatására a rendszer tervezésébe plusz bizonytalanságot viszünk, amelynek a kiküszöbölésére a lehető legtöbb zavaró tényező fellépésének valószínűségével kalkulálni kell. A tervezés során ezenfelül még további bizonytalansági tényezőket is figyelembe kell venni, mint a gyártási szórás, a zavaró hatások szuperpozíciója és az adatok hiánya.

A katonai felderítésnél alkalmazott elektronikai rendszerek tervezése során általában azon információk ismertek, amelyek az alkalmazás helyére vonatkoznak. A hely függvényében az elektromágneses környezetre valamilyen (becsült) információ rendelkezésre áll. Ha egy katonai műveleti környezetet veszünk figyelembe, akkor nem használható az orvosi vagy az erősáramú gépeknél megszokott zavarállapotok figyelembevételével történő tervezés, mivel szét kell választani az irodai alkalmazást és a harctéri alkalmazást. Ezért az elektronikai berendezések elektromágneses környezetét az alábbiak szerint lehet osztályozni [75]:

0. osztály: nagyon jól védett környezet; a lökő feszültség szintje (csúcserőértéke) nagyon alacsony, pl. legfeljebb 25 V, harcállás minősített vezetési pontja (HQ), ahol jól védett helyiségek vannak (Tempest<sup>42</sup> számítógépek).
1. osztály: jól védett környezet, a környező elektromágneses zavaroknak nincs erősen kitéve; a lökő feszültség szintje nem haladhatja meg az 500 V-ot, például híradó egység VSAT<sup>43</sup> vezérlő helyisége.
2. osztály: védett környezet; a lökő feszültség szintje nem haladhatja meg az 1 kV-ot, például a zavaroknak nem erősen kitétt vezetési pont.
3. osztály: normál környezet, különleges védelmi intézkedések nélkül; a lökő feszültség szintje nem haladhatja meg a 2 kV-ot, például közcélú, energiaátviteli kábelhálózat, ipari környezet, alállomások környezete, stb.

---

<sup>42</sup> Tempest – kompromittáló kisugárzás elleni védelemmel rendelkező eszközök

<sup>43</sup> VSAT - Very Small Aperture Terminal

4. osztály: erősen zavart környezet; a lökő feszültség szintje elérheti a 4 kV-ot, például közcélú, energiaátviteli, szabadvezetéki hálózat, nagyfeszültségű alállomások nem védett helyeken.

X. osztály: különleges. Az X jelű, különleges környezet jellemzőit a tervezéskor kell kialakítani és tisztázni, valamely egyedi sajátosság miatt.

Összegezve a tervezés során tehát meg kell határozni a zavarforrásokat, a zavarforrások nagyságát, a zavarok által kifejtett hatást az elektronikai eszközre és végül védelmi módszereket kell kialakítani.

### **III.5. KÖVETKEZTETÉSEK**

A fejezet kidolgozása során az előző részekhez kapcsolódva és felhasználva az ott leírt elméleti és gyakorlati összegzéseket kutattam és elemeztem azt a problémát, amely egyedi és sajátos a technikai rendszerek működés-biztonságánál. Ez pedig abból a tényből is fakad, hogy a vizsgált területen, az általunk használt elektronikai rendszereket, sok-sok földrajzi környezetben, szélsőségesen eltérő körülmények, viszonyok között kell működtetni. A felügyelet időszakos, a szolgáltatással szembeni elvárás pedig nagy pontosságot és biztonságot határoz meg. Ezért volt fontos foglalkoznom a környezettel, annak változó körülményeivel, zavaró hatásaival, gyakoriságával. Mindezt pedig tettem annak érdekében, hogy kutatómunkám eredménye képpen segítséget tudjak nyújtani a zavarok elhárításához, a jelenségek megelőzéséhez.

A katonai felderítésnél alkalmazott elektronikai rendszerek tervezésénél és üzembe helyezésénél (a hibamentesség vizsgálatánál) a zavarállapotok felmérése, bekövetkezésük esetén elhárításukra való készség a működés elengedhetetlen feltétele. Ezek felületes ismerete a nemzetközi felderítő feladatok sikerességét kérdőjelezhetik meg. Ezért úgy ítélem meg, hogy e téma vizsgálata kulcsfontosságú és minél szélesebb területre való kiterjesztése szükséges, annak érdekében, hogy a feladatok végrehajtásában a veszélyeztetést a minimálisra csökkentsük.

A zavarállapotok egy-egy adott, külföldi ország viszonylatában teljesen eltérőek (mint ahogy eltérnek a hazai viszonyoktól is). A műveleti felkészülés során, annak előkészítése részeként tervezni kell az e témájú információszerezést is. Az ország-ismereti információkhoz hozzátartozónak kell tekinteni a célterület elektronikai rendszereinek, a zavarállapotoknak és

forrásoknak jellegét, gyakoriságát, a katonai és polgári rendszerek vonatkozásában egyaránt. Az adott információkat a bevezetésre kerülő elektronikai rendszereknél, azok paramétereinél meghatározónak kell tekinteni.

Mindezek alapján úgy ítélem meg, hogy teljesítettem a kutatási célkitűzések 3. pontjában megfogalmazottakat: „Elektronikai felderítő rendszerek szélsőséges külföldi környezetben történő alkalmazás során fellépő negatív hatások vizsgálata, elemzése. Kutatni a zavarállapotok befolyásoló tényezőit, elhárításuk, megelőzésük lehetőségeit.”

Igazoltam és helytállónak tartom hipotéziseim felsorolásánál a 3. ponttal jelzettet: „Bizonyítani kívánom, hogy egy idegen területen a zavarforrások pontos feltérképezése és egy elektronikai felderítő rendszernél, a zavarforrás jellege miatt a működési megbízhatóság függősége nagymértékben ronthatja az eredményességet. Feltételezem, hogy ezen zavarforrások ismerete, földrajzi elhelyezkedéstől függően, már a kivitelezésnél, tervezésnél, esetleg üzemeltetésnél, hatékonyságnövelő tényező lehet.”

Az ok-okozati összefüggések alapján a 2. számú axióma valóságtartalma nem kérdőjelezhető meg.

Szükségesnek tartom a fejezet összefoglalása kapcsán megemlíteni, hogy az itt kutatott és közreadott eredmények nagyban hozzájárulnak a kutatási célkitűzéseim 4. pontjában megfogalmazottak realizálásához, tételesen: „...szervezetei számára, amelyek a katonai felderítő rendszereinek tervezésében, kivitelezésében és üzemeltetésében meghatározó szerepet töltenek be. Megalapozott és bizonyított információt szolgáltatnak a döntések meghozatalához.”



## IV. FEJEZET. ELEKTROMÁGNESES VILLÁMIMPULZUS

A zavarállapotok vizsgálati módszer elve szerinti meghatározása alapján a zavarforrások közé kell sorolnunk az elektromágneses villám, villámlás hatását. Az általunk tervezett és telepítésre került rendszereknél nagy figyelmet kell fordítani a zavarforrás elleni védelemre, mivel a környezeti hatások által generált sztochasztikus események inkalkulábilisek. A villámvédelmi rendszert két csoportra oszthatjuk. A villám közvetlen hatása ellen a külső villámvédelem, a másodlagos hatások ellen a belső villámvédelem véd. Az alábbiakban néhány megoldást ismertetek, amelyre a felderítésnél alkalmazott rendszereknél figyelmet kell fordítani.

### IV.1. Külső villámvédelem

A külső villámvédelemnek az a célja, hogy a villámáramot úgy vezessük a földbe, hogy az ne keltsen káros hatást a környezetére [78] [79] [80] [81] [82] [83] [84]. A villámhárító rendszert három jól elkülöníthető részre bontható:

- felfogó;
- levezető;
- földelés.

A *felfogó* a védendő épület tetején vagy közvetlen közelében van (magasabban elhelyezve, mint a védendő objektum) és feladata a villámcsapások magához vonzása. A rendeltetéséből jól látható, hogy a védendő objektumot közvetlen villámcsapástól kell, hogy megvédje. A felfogó anyagának jobb vezető képességgel kell rendelkeznie, mint az objektumnak. Az épülethez közeledő előkiszülés felfelé haladó ellenkiszülést indít meg, mely indul magából az objektumból és a felfogóból is és mivel az elfogónak jobb a vezetőképesége, a főkiszülés rajta keresztül valósul meg.

A *levezető* feladata a felfogott villám földbe vezetése, úgy hogy minél kisebb kárt okozzon a környezetében. A kialakításnál figyelembe kell venni, hogy a legrövidebb úton kell a földhöz eljutni, valamint a vezetőt kellő fizikai méretezéssel kell tervezni. A felmelegedés -

átizzás - ellen a gondos tervezéssel, a dinamikai hatások ellen a vezető kellő feszítésével és merevítésével lehet védekezni. Abban az esetben, ha megfelelően lett tervezve a levezető, akkor csak a másodlagos átütésből származó károkkal kell számolni, amelyet a későbbiekben bővebben kifejtek.

A földelés feladata, hogy a kicsatolt villámáramot károkozás nélkül a földben egyenletesen szétossza. A talajon belül kevés kárt okozhat a villámcsapás, de figyelmet kell fordítani arra, hogy a villámáram sűrűségének megnövekedésével átütések keletkezhetnek, és akár az objektum építési alapjában, akár a földben elhelyezett elektronikai eszközökben okozhat károkat. Ezért a tervezésnél nagy hangsúlyt kell fektetni a potenciálkiegyenlítésre, amely a földben lévő vezetőkre is érvényes (pl.: híradórendszer földelése, konténer földelése)

A leírtakból jól látható, hogy a katonai felderítő rendszerek és a közvetlen környezetükben lévő rendszerek között kölcsönhatás léphet fel abban az esetben is, ha nem állnak „szakmai” kapcsolatban, ezért erre a tervezés során nagy figyelmet kell fordítani.

## **IV.2. Belső villámvédelem**

A másodlagos hatások elemzésekor figyelembe kell venni azokat a csatolásokat, amelyek villámcsapás közben jöhetnek létre az objektumon belül. A belső villámvédelem a másodlagos hatásokból eredő károk ellen véd, csökkenti azok hatását, illetve az így keletkezett túlfeszültségeket levezeti az elektronikai rendszerek rongálása nélkül.

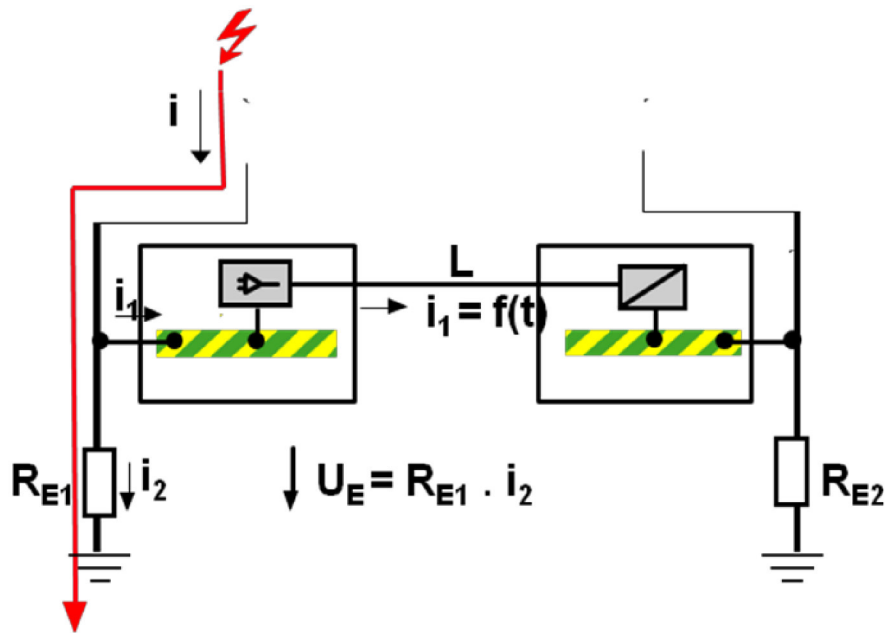
A csatolásokat három csoportra bonthatjuk:

### **IV.2.1. VEZETÉSI CSATOLÁS**

A vezetési csatolás akkor alakulhat ki, ha a villám áramának a földelési ellenálláson történő áthaladásakor a földelő környezetében a földelési ellenállással és a villámárammal arányos feszültség jelenik meg (a földben, a közvetlen környezetben és a távoli pontok között). Leegyszerűsítve, a villámcsapás közvetlen környezetében feszültségemelkedés figyelhető meg. Ezt a potenciált a közelben lévő földpotenciálon lévő tárgyak, eszközök átveszik, amely azt jelenti, hogy a szigetelőanyagok szigetelőképességének letörése következhet be [79]. A tábori körülmények között, ha két konténer viszonylatában vizsgáljuk

a kérdést, akkor a konténerek közötti galvanikus kapcsolat következményeként feszültségkülönbség jön létre, ami átütéseket okozhat (22. ábra)

Tételezzük fel, hogy a földelési ellenállás például  $0,35 \Omega$ , és egy  $100000 \text{ A}$  csúcsértékű villám becsapódása esetén  $35000 \text{ V}$  feszültséget gerjeszt a földelési ellenálláson. Látható, hogy ilyen potenciál-különbségnél, amely a távoli földpotenciálhoz ( $U_{E2} = 0\text{V}$ ) képest nagyon nagy a feszültség a szigetelést átüti.



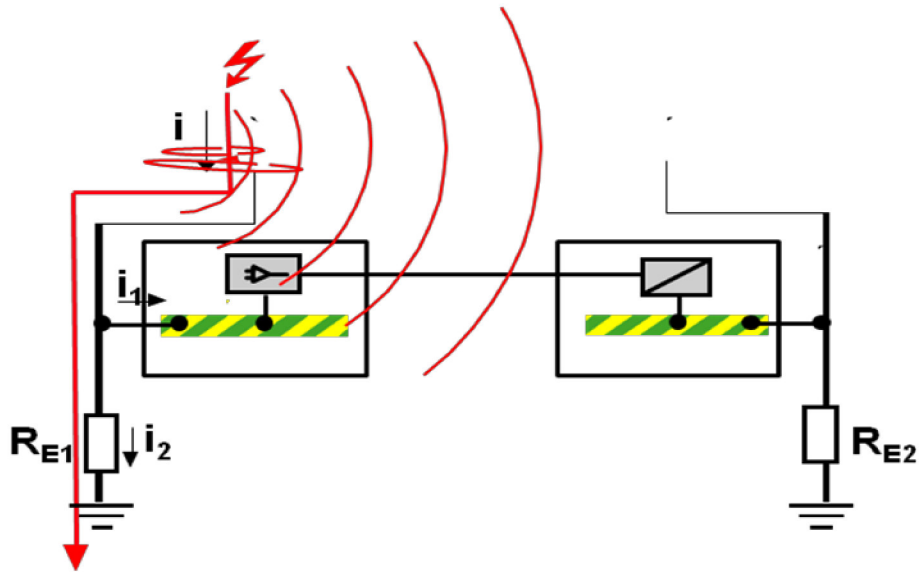
22. ábra. Vezetési csatolás

#### IV.2.2. INDUKTÍV CSATOLÁS (MÁGNESES TÉR ÚTJÁN TÖRTÉNŐ)

A villámáram időbeli változása mágneses teret hoz létre, amely a közeli vezetőkörökben, időben változó mágneses tér deriváltjával arányos feszültséget indukál [79].

$$u = M \frac{di}{dt} \quad (4.1)$$

M : a hurok és a villámpálya közötti kölcsönös induktivitás

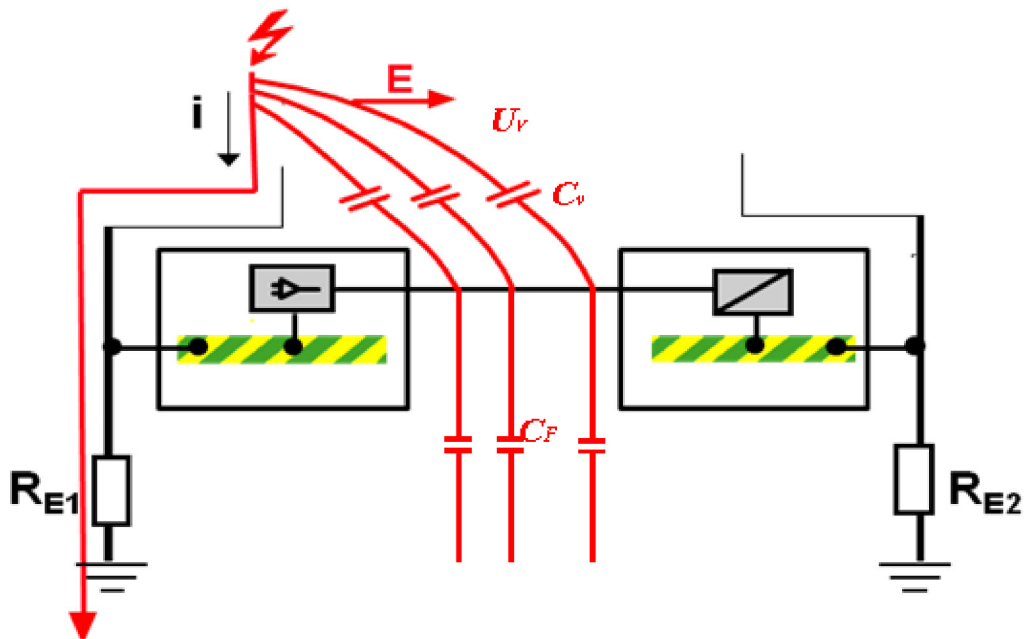


23. ábra. Induktív csatolás

## IV.2.3. KAPACITÍV CSATOLÁS (ELEKTROMOS TÉR ÚTJÁN TÖRTÉNŐ)

A villámcsatorna alsó részén megjelenő feszültségre ( $u_v$ ) sorba kapcsolódik a villámcsatorna és az épületeket összekötő vezeték közötti ( $C_v$ ), valamint a vezeték és a föld közötti kapacitás ( $C_f$ ). A megjelenő feszültség ( $u_c$ ) elegendően nagy lehet ahhoz, akár több ezer volt is, hogy érzékeny elektronikai eszközöknél átüssön, és azokat tönkre tegye [79].

$$i_c = C_v \frac{du_v}{dt} \quad u = u_v \frac{C_v}{C_f} \quad (4.2)$$



24. ábra. Kapacitív csatolás

### IV.3. Árnyékolások

A zavarjelek terjedési mechanizmusából adódóan megfigyelhető, hogy a zavarok galvanikus kapcsolat nélkül is terjedhetnek. [79] Annak érdekében, hogy ezen zavarok ne jöhessenek létre, vagy csökkenjenek, árnyékolást kell végezni. [85] Az árnyékolások alkalmazásánál meg kell állapítani a sugárzott zavarjelek előállításának és terjedésének körülményeit. Az előbbieken leírtaknál a négy csatolási módra kell vizsgálni (kapacitív csatolás, induktív csatolás, vezetett elektromágneses hullám, sugárzott elektromágneses hullám-).

Az árnyékolási csillapítást az árnyékoló anyag két oldalán kialakuló elektromos, vagy mágneses térerősség jellemzi, amely [86]:

$$S_e = 20 \log \frac{E_1}{E_2}; \text{ dB}, \quad (4.4)$$

$$S_h = 20 \log \frac{H_1}{H_2}; \text{ dB}. \quad (4.5)$$

Az árnyékolási csillapítás (S) három tényező együttes összegéből adódik:

$$S = R + A + B \quad (4.6)$$

ahol:

- R: az árnyékoló közeg be- és kilépő határfelületén jellemző reflexiós csillapítása,
- A: az árnyékoló anyagban mutatkozó abszorpciós csillapítása,
- B: az árnyékoló közeg (lemez) két határfelülete között kialakuló többszörös reflexiók hatása.

A reflexiós csillapítás az elektromágneses hullám visszaverődésének mértékében változik. Az elektromos és mágneses térerők hányadosának eltérése az árnyékoló anyagon

kívül vagy belül adja meg a reflexiós csillapítás mértékét. Egyenes arányosság figyelhető meg az eltérés nagysága és a reflexiós csillapítás között.

Az abszorpciós csillapítás az árnyékoló anyag belsejében haladó elektromágneses hullám nagyságának mitigációja a közeg ellenállási ( $\Omega$ ) veszteségei miatt.

Az elektromágneses hullámokat a többirányú terjedése is jellemzi, amely az árnyékolásba történő be- illetve kilépést is végrehajthatja. Ennek hatására többszörös reflexiók jöhetnek létre, ezek viszont a reflexiós csillapítás, vagy az abszorpciós csillapítás nagyságának hatására elhanyagolhatók.

Annak érdekében, hogy az elektronikai rendszerünk megfelelően védve legyen ezen hatásoktól, a kapacitív csatolás esetében egy jó vezetőképességű fémeket kell alkalmazni az árnyékolásra, amelynek nagysága és formája nagyban befolyásolja a hatásfokot. (az elektromos erővonalaknak minél nagyobb számban kell a fémfelületen végződnie). Az induktív csatolás tekintetében oda kell figyelni a nagy permeabilitású ferromágneses anyagok alkalmazására, mivel mágneses közeltér esetén ez az egyetlen, melynek a hatásfoka elfogadható. A tervezés nehézségét az okozza ebben az esetben, hogy az árnyékolás ferromágneses tulajdonságainak iránytól, frekvenciától és a mágneses indukciótól való függéseinek nagy befolyásoló hatása van. A vezetett elektromágneses hullámoknál a kapacitív és az induktív csatolás kombinációja ad megoldást, amelynél a legegyszerűbb mód a térbeli távolságok növelése. A negyedik esetben a sugárzott elektromágneses hullámok esetén a szabad térnek az elektromos és mágneses térerősség hányadosa  $Z_0 = 377 \text{ Ohm}$ , [87] [88] amely azt jelenti, hogy a fémek vezetőképességének függvényében jó hatásfokkal lehetséges elérni árnyékolást, de a kivitelezésre (illesztés) ebben az esetben is nagy figyelmet kell fordítani. A Faraday kalicka alkalmazásánál nagyon fontos a pontos és megfelelő galvanikus kapcsolat az elemek között, mivel az anyag árnyékolási tulajdonsága ad megfelelő csillapítást. A kialakított „kalickán” lévő nyílások, átvezetések (vezetékek be-, kimenete) nagyságrendekkel lerontják az árnyékolási csillapítást.

#### IV.4. A zónás túlfeszültség-védelem

A kialakításra kerülő teret, helységet a lökő feszültség elleni védelemmel kell ellátni, melyet LEMP elleni védelem esetén, zónás villámvédelemként (LPZ<sup>44</sup>) kell megvalósítani [89]. A védendő teret, amely több helyiségből is áll, zónákra kell osztani úgy, hogy a zónák között az elektromos villámimpulzus hatásai eltérőek legyenek egymástól (különböző mértékű) [90]. A zónákra jellemző, hogy a határaikon az elektromágneses erőter jellemzői jelentősen változnak [91].

LPZ 0<sub>A</sub>: A zónában elhelyezett katonai felderítésnél alkalmazott elektronikai eszközök közvetlen villámcsapásnak vannak kitéve, és ezért a teljes villámáramot kell vezetniük. A villám elektromágneses erőtere csillapítatlanul jelentkezik.

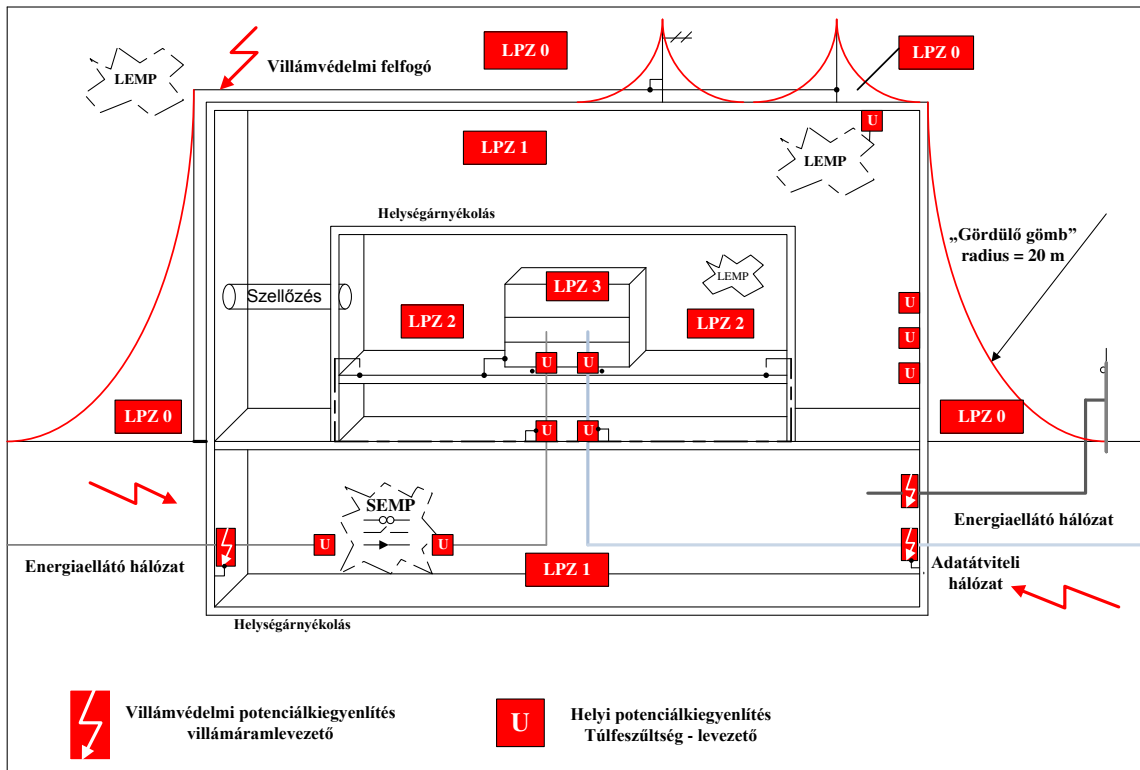
LPZ 0<sub>B</sub>: Itt nincsenek az elektronikai eszközök közvetlen villámcsapásnak kitéve, de a villám által gerjesztett elektromágneses erőter csillapítatlanul kifejti hatását.

LPZ 1: Itt sincs közvetlen villámcsapásnak kitéve az elektronikai eszközök, de a zónán belül minden vezető szerkezetben korlátozva van az 0<sub>A</sub> és 0<sub>B</sub> zónákhoz képest, valamint az elektromágneses erőter az árnyékolás függvényében csillapítva lehet.

LPZ 2,3,...,n: abban az esetben kell bevezetni, ha még kisebb vezetési áramot és/vagy elektromágneses erőteret lehet admittálni.

---

<sup>44</sup> LPZ - Lightning Protection Zone



25. ábra. Villámvédelmi zónák [73]

A zónahatárokon egyen potenciálra hozó (EPH) sínek helyezhetők el, melyeknek feladata a zónák között átlépő vezetékek összekötése. Az EPH sínnel vezető összeköttetést kell kialakítani a villámhárító levezetője és az épület-árnyékolása között, valamint összeköttetésbe kell hozni minden vezető anyagú testtel (pl.: gáz-, víz- vezetékekkel is).

*„Az összecsatolás célja a védendő térben lévő fém alkatrészek és rendszerek között, villámcsapás esetén fellépő potenciálkülönbség csökkentése.”<sup>45</sup>*

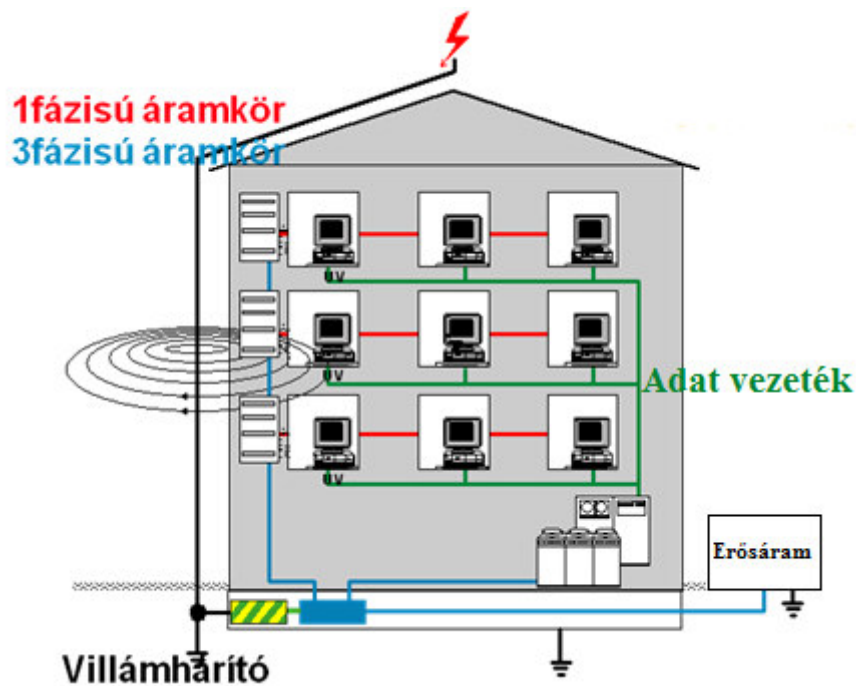
#### IV.5. Információs rendszerek összecsatolása

Az elektromágneses villámimpulzusok elleni védelem során figyelmet kell fordítani, olyan elektronikai rendszerekre is, mint az informatikai hálózatok, mivel ezek egy közös

<sup>45</sup> Dr. Horváth Tibor Villámvédelem felülvizsgálók tankönyve., Budapest: Magyar Elektrotechnikai Egyesület, 1997., MTESZ Házinyomda 246/1997. pp.181.



rendszerbe tartoznak attól függetlenül, hogy a fizikai elhelyezkedésük egy épületen, konténeren belül van, vagy épületek között is össze vannak kötve. A védelem céljából összekötő sínekből, acélbetétekből valamint egyéb árnyékoló elemekből többszörösen összekötött vezető síkokat kell alkalmazni. Annak érdekében, hogy kis induktivitású hurkolt földelő rendszer jöjjön létre, a külső villámvédelemmel galvanikusan össze kell kötni a belső villámvédelmi (sínek, fémszerkezetek) rendszert.



26. ábra. Információs rendszer felépítése

A villámvédelem érdekében az információs rendszereket fémszerkezetes összekötő hálózattal kell kiépíteni, amelyet nem kell minden esetben földelni - földeltnek tekinthetjük -, de ajánlott. Alapvetően két elrendezést különböztethetünk meg az információs rendszer elemei és a közös földelést összekötő hálózat struktúrájában [75]:

- sugaras elrendezés (S);
- hurkolt elrendezés (M).

A *sugaras típusú összekötött hálózat* [67] kialakításánál az indukciós hurkok elkerülése érdekében az eszközök elemek között az összes vezetéknek és kábelnek az összekötő vezetékekkel párhuzamosan sugaras elrendezésben kell lennie. (Az összes fémes

elemet megfelelően szigetelni kell, kivéve az összekötési pontot.) A sugaras elrendezésnél az összekötő hálózatot a földelési referencia ponton (ERP<sup>46</sup>) végződtesük és ezen a ponton keresztül kapcsoljuk össze a központi földelési rendszerrel. Az egyetlen összekötő ponton keresztül nem juthat be a kisméretű földelő áram és nem alakulhatnak ki a rendszer elemei között kisméretű zavarforrások.

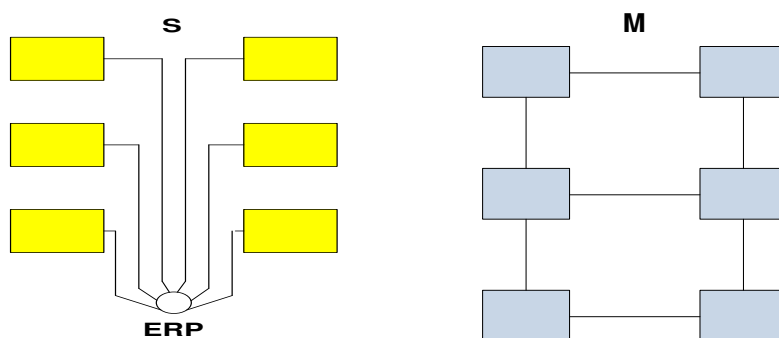
A hurkolt típusú összekötött hálózat [67] kialakításánál több ponton kell a közös földelő hálózattal összekötni és nincs szükség a rendszer elemeinek szigetelésére a közös földelő hálózattól. A hurkolt típusú elrendezést nyitott, nagy kiterjedésű elektronikai rendszereknél alkalmazhatjuk, amelyeknél a fizikai távolság és összekötő elemek száma nagy, illetve több ponton lépnek be az információs rendszerbe. (Ennek köszönhetően kis impedanciájú hálózat jön létre, valamint a több rövidzár miatt a mágneses erőter is csökken.)

A két típusú összekötött hálózatnak van egy harmadik, illetve egy negyedik alakja is, amikor kombináljuk a két típust és vegyes hálózatot hozunk létre. A két kombináció a következő:

- amikor a sugaras típusú összekötő hálózat csatlakozik egy hurkolt hálózathoz;
- amikor a hurkolt típusú összekötő hálózat csatlakozik egy sugaras hálózathoz.

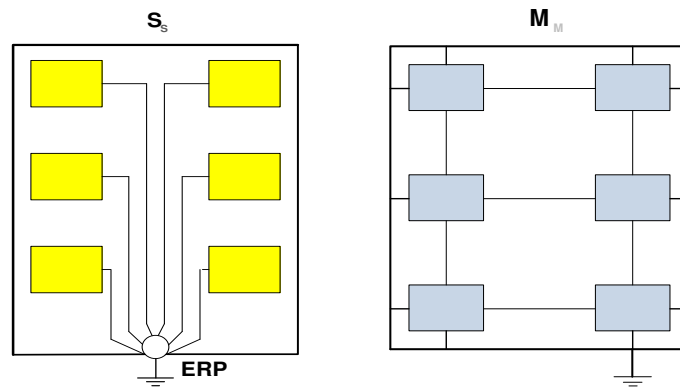
Az így kialakításra került rendszereknél a szigetelést minden elemre és egységre ki kell terjeszteni, valamint minden vezetéknek a földelési pontnál kell belépni.

Az összekötő hálózatot és a közös földelést a villámvédelmi zónák átmenetében (határain) kell összekötni.



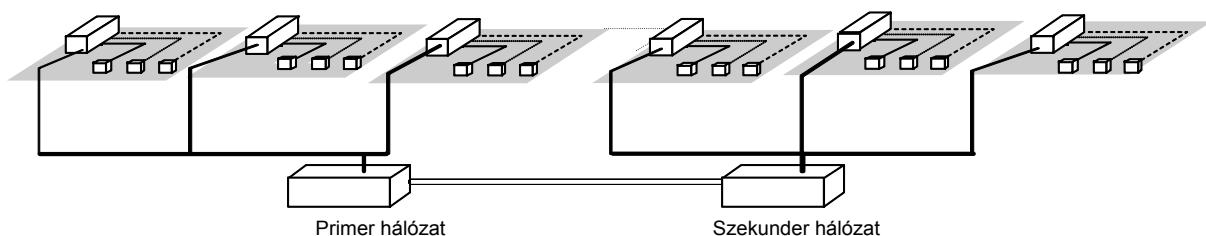
27. ábra. Az összekötő hálózat alapesetei, sugaras (S) és hurkolt (M) hálózat [67]

<sup>46</sup> ERP - Earth Reference Potention



28. ábra. Sugaras és hurkolt rendszerek kombinálása [67]

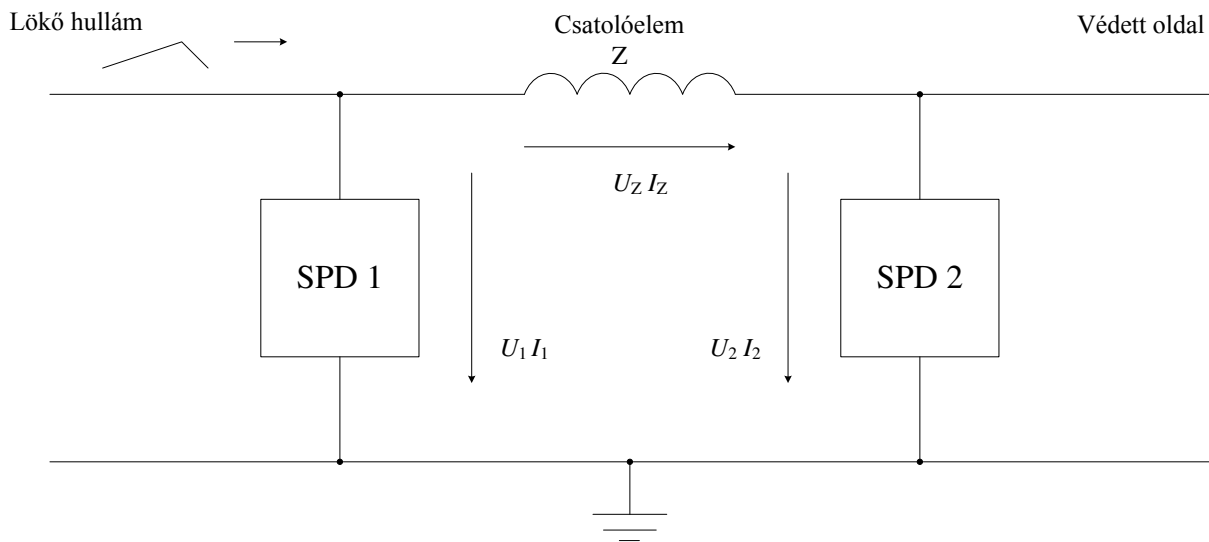
A katonai felderítés több információs rendszert alkalmazott egyidejűleg, mind hazai mind külföldi feladatai végrehajtásánál. A külföldi béketámogató műveletek felderítő biztosítási feladatoknál, nemzeti, NATO és koalíciós rendszerek együttes alkalmazására kerülhet sor. Az alkalmazott kommunikációs rendszerek (mobil, rádió, műhold) és informatikai hálózatok (minősített, Internet) egyszerre jelennek meg a „munka” konténerekben. Hasonló elvet kell alkalmazni a nemzetközi bázisokon, ahol a munkakonténerek szorosan egymás mellett helyezkednek el és az emeletes elrendeződést úgy kell értelmezni, mintha lefektettük volna az emeleteket külön-külön egymás mellé, ahogy a 29. ábra. mutatja. A katonai felderítésnél kialakult kitelepülési rendek sajátosságai közé tartozik, hogy minden ország a saját (nemzeti) és a NATO előírások vegyes alkalmazását hajtja végre. A legideálisabb megoldás ekkor a közös konszenzus keresése és a NATO irányelvek szerint történő elindulás [92].



29. ábra. NATO HQ konténer rendszer

## IV.6. Töblépcsős túlfeszültség védelem

Az eddig leírt módszerek mellett (összekötés, árnyékolás, egyen potenciál) túlfeszültség és áramhullámok jelentkezhettek a szigetelten vezetett villamos vezetéseken. Látható, hogy a LPZ 0<sub>A</sub> és LPZ0<sub>B</sub> zónából érkező vezetéseken az áram és a feszültség kiugró lehet, amely a védendő, a katonai felderítésnél is alkalmazott elektronikai eszközöket tönkre teheti. [93] A megjelenő kV nagyságú feszültséget vagy kA áramot le kell csökkenteni (határolni) úgy, hogy a kisfeszültségű (V), kis áramú (mA) rendszereinkre ne kerülhessen rá. Az ilyen nagymérvű feszültség és áram esetén nem lehetséges egy eszköz beiktatásával megoldani a problémát ezért töblépcsősben kell a védelmet kialakítani.



30. ábra. Töblépcsős túlfeszültség védelem kapcsolási rajz [67]

A tervezés során a rendszert úgy kell kialakítani, hogy a bemeneten jelentkező nagy feszültség (például 4 kV) a védendő (kimenet) oldalon ne jelenhessen meg. A lépcsőzetes felbontásnál a „lépcsők” egyenként lecsökkentik a feszültséget, így olcsóbb eszközökkel is megoldható a védelem. A 30. ábrán látható, hogy az első lépcsőben elhelyezett szikraköz (SPD1) a megszólalási feszültség elérésekor a feszültséget és áramot megvágja. [94] A kis értékre történt megvágásnál, amely már 900 V feszültség hullámnak felel meg és 1  $\mu$ s időtartamig tart, a következő fokozatnak (SPD2) kell kezelnie. A második lépcsőben elhelyezett varisztor (SPD2) ellenállása 200 V feszültség hullámnál nagyon lecsökken, amivel megint korlátozva lett a kiugró feszültség, áram. A beépített védelemi eszközök egymást is

védelmézik, mivel a varisztor megszólalási szintje jóval kisebb, mint a szikraközé, ezért hamarabb lép működésbe és nem engedi, hogy a feszültség a szikraköz gyújtási szintjéig emelkedjen. A kapcsolási rajzon jól látható, hogy sorosan egy  $Z$  impedanciát (vagy valamilyen csatoló elemet pl.: tekercs) el kell helyezni, hogy a szikraköz gyújtási feszültségét ( $U_{gy}$ ) létrehozzuk [79].

$$U_{gy} = U_2 Z \frac{di}{dt}; \quad (4.3)$$

Ha, az  $U_{gy}$  nem lenne megfelelően beállítva, akkor a varisztor egyedül terhelné a bejövő óriási feszültség és azonnal tönkremenne.

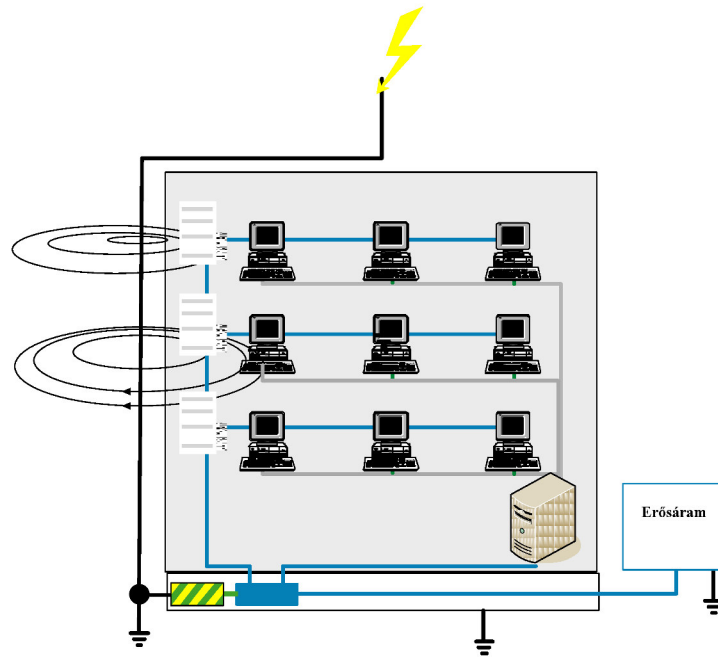
A rendszerünket további elemekkel is lehet bővíteni - ha a kellő feszültség vagy áram nem megfelelő -, amelyeknél ugyanúgy, mint az előzőeknél a gyújtási feszültséget be kell állítani. Ennek a lehetséges módja szintén egy következő csatolóelem beiktatása sorosan, amelyre így párhuzamosan egy újabb védelmi elemet pl.: szupresszor diódát fűzhetünk fel.

A túlfeszültség védőkkel szemben támasztott követelmények közé tartozik még - a rajtuk átfolyó részáramon és feszültség hullám maximumon kívül - az utánfolyó hálózati áram megszakítása. A túlfeszültség védő eszközöknél nagy figyelmet kell szentelni az EPH<sup>47</sup> sínhez való becsatolásnál a vezeték hosszára (rövidebb legyen), mivel a vezeték impedanciája által feszültség esés lehetséges, amely a védőeszköz által létrehozott feszültségre szuperponálódik. Ha az így keletkezett feszültség már több lesz, mint a megengedett, akkor a védendő eszközünk tönkremehet (a maximális csúcsfeszültséget nem lehet elérni, mivel időben eltérve jelentkeznek az elemeken a feszültségek csúcsértékei).

A gyakorlatban a többlépcsős védelem első fokozatát a hálózati csatlakozókhoz kell helyezni, így nem alakulhat ki a különböző vezetők között nagy feszültségkülönbség. Az informatikai hálózatoknál és az olyan eszközöknél, ahol különböző nyomvonalon vezetett csatlakozások vannak, a villámcsapás feszültség különbséget indukálhat az eszköz kettő vagy több kapcsán. Az ilyen rendszerek védelmének kialakítása érdekében a második vagy a többedik védelmi lépcsőt közvetlen az eszköz elé kell elhelyezni [95] [96].

---

<sup>47</sup> EPH - Egyen potenciálra hozó hálózat



31. ábra. Többlépcsős túlfeszültség védelem kialakítása.

A katonai felderítésnél alkalmazott objektumoknál (konténer) a belépő erősáramú vezetékek védőkészülékei a fogyasztásmérő után csatolják össze a kábelt és az EPH-sínt, ahogy a 31. ábra. szemlélteti. Annak érdekében, hogy a hálózathoz jövő utánfolyó zárlati áram hatására a túláramvédő feleslegesen ne kapcsoljon le, a bekötést a túláramvédelem elé kell beiktatni.

A számítógépes hálózatoknál lévő csatoló elemek indukált áram és feszültség hatásának vannak kitéve, de ez lényegesen kisebb, mint az erősáramú hálózati csatlakozásnál. Ez a több-lépcsős védelem második lépcsője, ahol a villámáram kis részéből eredő terhelésekre kell számítani. A védekezés egyik legjobb módszere, hogy a két rendszert nem csak közös földre helyezzük, hanem egymással is összekötjük egy szikraközön keresztül. Itt ki kell emelnem, hogy a bevezetett szabályok nem csak a számítógépes hálózatoknál alkalmazhatóak, hanem vezeték nélküli távközlési és kommunikációs rendszereknél is nélkülözhetetlenek.

Természetesen, ha komplexen vizsgáljuk a rendszerünket, akkor figyelembe kell vennünk, hogy a többlépcsős védelem készülékei jelentős fizikai távolságban is lehetnek egymástól. A kialakított lépcsős rendszernél a lépcsők közötti impedanciák soros impedanciaként jelentkeznek, így nem kell fizikailag soros impedanciákat elhelyezni. (Lehetséges, hogy a kisebb feszültségen megszólaló védőkészülék nem engedi a másik lépcsőben lévő nagyobb védőkészülék elműködését, ezért a távolságot a lépcsők között mindig figyelembe kell venni.)

#### **IV.7. KÖVETKEZTETÉSEK**

A fejezetben korábbi zavarállapot elemzéseimnél tárgyaltak közül kiragadtam egy zavarforrást, amelynek tulajdonságai, szerkeázósága sokféle, hatásai pedig differenciáltak, szélsőségesek is lehetnek. Ezek pedig az elektromágneses villámimpulzusok és azok hatásának elemzése a katonai felderítő elektronikai rendszerekre.

A példa megválasztását az indokolta, hogy segítségével a korábban bemutatott elméleti összefüggéseket a gyakorlati életben megjelenő jelenségek adaptációjaként is közreadjam. Olyan összetett eljárásokat kellett kiválasztani, amelyek révén előírások, módszerek dolgozhatók ki, több változatban, a hatások megelőzésére. Erre is alkalmas volt a választott természeti jelenség, hiszen a negatív hatások súlya, szinte minden béketámogató művelet földrajzi színterén jelentős lehet.

Indokolja a példa választását az is, hogy a telepítendő felderítő erőket (pl.: HUNNIC) az adott hadszíntéren, hadműveleti területen szorosán integrálják más nemzet hasonló feladatot ellátó szervezeteivel, ami jelenti azt, hogy az általuk használt kommunikációs rendszerek, hálózatok által produkált eredmények - annak ellenére, hogy eltérő származásúak - egy komplex rendszer információ halmazát kell, hogy alkossák. E rendszernek válunk tagjaivá a felderítő tevékenység során.

Kutatásom eredményeinek bemutatására vonatkozó példát emiatt úgy választottam meg, hogy az alkalmazható legyen bármilyen elektronikai berendezésre. A vizsgálat mélységét viszont azok funkciójának fontossága határozza meg. Konkrét megállapításokat tettem arra vonatkozóan, hogy az elektromágneses villámimpulzus hatásainak vizsgálatánál, az eredményeket hogyan kell figyelembe venni, például a telekommunikációs és a számítógépes hálózatoknál (NCN).

A fejezetben belül törekedtem egy konkrét zavarforrás vizsgálatának bemutatásával a 3. és 4. pontokban jelzett kutatási célt „...Elektronikai felderítő rendszerek szélsőséges külföldi környezetben történő alkalmazásuk során fellépő negatív hatások vizsgálata elemzése. Kutatni a zavarállapotok befolyásoló tényezőit, elhárításuk, megelőzésük lehetőségét.”, valamint „Bemutatni a kutatás eredményeinek hasznosíthatóságát, a Katonai Nemzetbiztonsági Szolgálat és a Magyar Honvédség azon szervezetei számára, amelyek a katonai felderítő rendszereinek tervezésében, kivitelezésében és üzemeltetésében meghatározó szerepet töltenek be. Megalapozott és bizonyított információt szolgáltatni a döntések meghozatalához.” és hipotézist szemléltetni, amelyet a bizonyítási eljárás hozzátartozójának tekintek. Segítséget kívántam nyújtani, és eszközt adni a témával foglalkozó hazai és külföldi szakemberek kezébe, így nyomatékosan szerettem volna felhívni a figyelmet az alkalmazásra szánt katonai felderítő elektronikai rendszerek esetében az elektromágneses villámimpulzusok hatásainak megelőzésére, üzemeltetésük során a védekezés fontosságára.



## ÖSSZEFOGLALÁS

Értekezésemben olyan témakör tudományos igényű kidolgozását végeztem el, amely a külföldön alkalmazásra kerülő katonai elektronikai felderítő rendszerek műszaki megbízhatóságának szerteágazó területének egyik, de kiemelt ágát foglalja magába. Ezen belül leszűkítettem az általam vizsgált elektronikai rendszerek halmazát a béketámogató műveletek felderítő biztosítása során a humán erőforrással történő információszerző tevékenység támogatására szolgáló rendszerekre.

A disszertációm fejezetenkénti tárgyalásánál azt a módszert alkalmaztam, hogy azokban, részletesen bemutattam a témához kapcsolódó tudományos eredményeimet, a célkitűzések és hipotézisek teljesítését. Így az összegzett megállapításoknál nem tartom szükségesnek, hogy ismétlésekbe bocsátkozva újra felsoroljam azokat. Az eredmények szintetizálására törekedve ajánlom az olvasó figyelmébe.

Bemutattam a polgári és katonai minőségbiztosítási elvek sajátosságait, valamint különbséget tettem a katonai felderítésnél alkalmazásra kerülő rendszerekkel és az egyéb területen alkalmazott, hasonló technikai eszköz komplexumokkal szemben támasztott követelmények között, amelyet már a tervezés, fejlesztés és kivitelezés folyamatában is, megítélésem szerint kötelezően figyelembe kell venni.

Megállapítottam, hogy a költséghatékonyság növelése érdekében a végrehajtandó feladatok ellátásának függvényében lehetőség van, a katonai rendszerek kiváltására polgári eszközökkel, úgy hogy a kiválasztás során meghatározónak kell tekinteni a műszaki megbízhatóság vizsgálatának alkalmazásakor nyert eredményeket és paramétereiket.

Összegyűjtöttem, olyan megbízhatósági elemzési módszereket, amelyek alkalmazhatóak a katonai felderítő rendszereknél - gyakorlati példákkal, számításokkal bemutatva - és kidolgoztam egy olyan matematikai modellt, amely alkalmas egy egyszerűbb és bonyolultabb felderítő komplex rendszer vizsgálatára. Létrehoztam egy eljárást - algoritmizáltam és azt stuktogrammal ábrázoltam -, amely leegyszerűsíti a jelfolyamgráffal történő műszaki megbízhatóság vizsgálatának számítógéppel történő elemzését, számítását, ami egy egyszerű programozási nyelvvel könnyedén átültethető. Általa gyors, pontos számítások végezhetőek el. Bemutattam, hogy a fuzzy logikával történő elemzés a legmodernebb alkalmazási technológia jelenleg, amely számítások révén mára az informatikai

hardver struktúrák is mind kapacitásban mind gyorsaságban (véges idő alatt) értékelhető eredményeket képesek adni.

Megállapítottam, hogy a zavarállapotok ismerete elengedhetetlen egy jól működő rendszer tervezésekor. A nehézség jelen esetben az, hogy a katonai felderítésnél alkalmazásra kerülő elektronikai rendszerek elsősorban külföldön kerülnek alkalmazásra valamilyen katonai béketámogató feladat keretén belül. A hazai információink a zavarállapotokról nem mindig elégségesek, mivel a külföldi ország által alkalmazott - esetenként egyedi - szabványok eltérőek lehetnek, mind a polgári, mind a katonai rendszereknél.

A zavarállapotok mellett kitértem a zavarforrások rendszerezésére, amelyek az extrém körülmények hatására (hadszintér) jelentősen megváltozhatnak.

A zavarforrás vizsgálatának bemutatására az elektromágneses villámimpulzus hatásait és az azok elleni védekezés módszerét elemeztem és értékeltem. A külföldi feladatok elvégzése során a saját rendszereinket összeköthetjük valamely koalíciós erő rendszereivel, vagy a NATO által alkalmazott eszközökkel. Az így létrejött komplex rendszert is megvizsgáltam és módszereket írtam le, hogyan lehet többlépcsős védekezés alkalmazásával fellépni a külső zavarforrások ellen, illetve az információs rendszerek összekapcsolásánál milyen esetekre kell odafigyelni, mik lehetnek a prioritások.

Az általam kidolgozott tudományos eredmények - a katonai felderítésnél felmerülő elvárások speciális alkalmazását kibővítve - a Magyar Honvédség összes külföldi feladatainak végrehajtásához szükséges elektronikai rendszerére, a műszaki megbízhatóság vizsgálatára is kiterjeszhető, természetesen a külföldön végrehajtandó feladatok függvényében.

## ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Az értekezésem új tudományos eredményének tekintem:

- 1. Feltártam a civil és katonai minőségbiztosítási elvekre épülő katonai felderítő rendszerekkel szembeni elvárásokat, azon belül elsősorban a humán erőforrással történő információ szerző tevékenység támogatására szolgáló rendszereknél. (I. fejezet)**
- 2. Kidolgoztam a Markov féle modell alkalmazásához egy számítógépes algoritmust, amely a jelfolyamgráfok gyors és hatékony számítását teszi lehetővé. (II. fejezet)**
- 3. Kidolgoztam, számításokat végeztem egy konkrét példán, amely a külföldre telepített HUNNIC felderítő erők erősáramú ellátásának műszaki megbízhatóságát vizsgálta. (II. fejezet)**
- 4. A katonai elektronikai felderítő rendszerek zavarállapotainak vizsgálata során kidolgoztam a külföldre telepíteni tervezett elektronikai rendszereknél figyelembe veendő zavarállapotok és zavarforrások jellegét és hatásait. (III. és IV. fejezet)**

## AJÁNLÁSOK

A kutatási eredményeimet **ajánlom** elsősorban, olyan katonai vagy polgári tervező mérnököknek, akik elektronikai rendszereiket nem hazai felhasználásra szánják, hanem valamilyen speciális, egyedi sajátosságokkal rendelkező országba.

Az értekezésemben megpróbáltam összegyűjteni minden olyan információt és matematikai eljárást, amely a műszaki megbízhatóság témaköréhez hozzátartozik, ezért alkalmasnak tartom a Nemzeti Közszolgálati Egyetem célirányú képzésénél felhasználni.

A kutatási eredményeim lehetővé teszik a kutatás több irányba történő folytatását:

- a Magyar Honvédség béketámogató feladatainak végrehajtásánál alkalmazott elektronikai rendszereinél megvizsgálni, hogy az általam felállított axiómák és hipotézisek érvényesülhetnek-e;
- a katonai rendszerek megbízhatóságának vizsgálatát elvégezni fuzzy modellezéssel;
- a zavarállapotok és zavarforrások feltérképezése a várható válságkörzetekben, ahol a Magyar Honvédség szerepvállalása várható.

## **KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS**

A köszönetemet fejezem ki a témavezetőmnek, Prof. Dr. Zsigmond Gyula úrnak, akitől tanulmányaim és kutatásaim során sok segítséget és instrukciót kaptam.

Köszönetemet fejezem ki mindazoknak, akik hasznos tanácsaikkal, véleményükkel, észrevételükkel érdemben hozzájárultak az értekezésemhez.

Végül, de nem utolsó sorban, nagyon hálás vagyok családomnak és barátaimnak, hogy az elmúlt években segítettek, támogattak és lehetőséget biztosítottak a dolgozatom megírására.

Ajánlom e művet Édesanyámnak, hálám jeléül!

## TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM

### Publikációk:

Bárkányi Pál: Pocitacom podporovane urcenie MTTFF- Az MTTFF vizsgálata számítógépes módszerrel (SVOC 1998, Vojenská Akadémia v Liptovskom Mikulási Fakulta Zabezpečenia Velenia, 1998.,ISBN 80-8040-079-2)

Dr. Zsigmond Gyula - Dr. Kárpáti Attila - Bárkányi Pál: Reliability Analysis of Automatic Systems (INES 2001. pp.255-258.,2001., ISBN 952-15-0689-X)

Utassy Sándor - Bárkányi Pál: IP alapú kommunikáció az elektronikus vagyonvédelmi rendszerekben (Bolyai Szemle 2006/2,ZMNE , Budapest, pp. 64-77., 2006., ISSN 1416-1443)

Bárkányi Pál: Vezeték nélküli számítógépes hálózatok biztonsága (Bolyai Szemle 2007/2, ZMNE , Budapest,pp. 115-131., 2007., ISSN 1416-1443)

Bárkányi Pál: A cyber-terrorizmus – Miért és hogyan? (Felderítő Szemle 2008/3, MKKFFH, Budapest, 2008.,pp. 129-140., ISSN 1588-242X)

Bárkányi Pál: Komplex katonai felderítő rendszerek műszaki megbízhatóságának vizsgálati módszerei (Bolyai Szemle 2009/1, ZMNE , Budapest, pp.85-90., 2009., ISSN 1416-1443)

Bárkányi Pál: Komplex katonai rendszerek műszaki megbízhatósága vizsgálatának matematikai módszerei (Felderítő Szemle 2009/1, MKKFFH, Budapest, 2009.,pp. 71-80., ISSN 1588-242X)

Bárkányi Pál: A minőség és megbízhatóság fogalmai a civil és NATO szabványokban (Felderítő Szemle 2012/2, KNBSZ, Budapest, 2012., ISSN 1588-242X, megjelenés alatt)

Bárkányi Pál: The MTTFF calculates in Afghanistan. (Szakmai Szemle 2012/2, KNBSZ, Budapest, 2012., ISSN 1586-099X, megjelenés alatt)

Bárkányi Pál: Műszaki megbízhatóság elemzés Fuzzy módszerrel (2012. május. [http://www.honvedelem.hu/cikk/32072/barkanyi\\_pal\\_Fuzzy](http://www.honvedelem.hu/cikk/32072/barkanyi_pal_Fuzzy))

Egyéb publikációk:

Bárkányi Pál: A Windows rendszerleíró adatbázisa: a felhasználói anonimitás buktatói (Felderítő Szemle 2009/2, MKKFKH, Budapest, 2008.,pp. 109-125., ISSN 1588-242X)

Bárkányi Pál: A Windows rejtett énje: Tudom mit tettél tavaly nyáron! (Felderítő Szemle 2009/2, MKKFKH, Budapest, 2008.,pp. 55-67., ISSN 1588-242X)

Diplomamunkák:

Az MTTFF vizsgálata számítógépes módszerrel (BJKMF 1998.)

A BJKMF kommunikációs hálózatának kábelezési tervezése (KKMF 1999.)

Dinamikusan vezérelt SQL adatbázis-kezelés Wireless Application Protocol (WAP) segítségével (BME 2001.)

Előadás:

1997. Bárkányi Pál: Pocitacom podporovane urcenie MTTFF- Az MTTFF vizsgálata számítógépes módszerrel (SVOC 1998., Vojenská Akadémia v Liptovskom Mikulási Fakulta Zabezpecenia Velenia )

1997. híradónap Nemzetközi TDK tapasztalatai (BJKMF)

2001. híradónap WAP (Wireless Application Protocol) (BJKMF)

2008. MK KFH konferencia Cyber-terrorizmus (MKKFKH)

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Balogh A., Földesi T. A minőségügy nemzetközi értelmező szótára. (Szerk.: Boross F.) EOQ MNB. Budapest, 2003. pp. 15-110., ISBN 963-03-6821-8
- [2] MSZ EN ISO 8402: Minőségirányítás és minőségbiztosítás szakszótár., 1996.
- [3] Balogh A., Dukáti F., Sallay L.: Minőségellenőrzés és megbízhatóság Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980, ISBN 963-10-2586-1
- [4] MSZ EN ISO 9000: Minőségirányítási rendszerek. Alapok és szótár., 2001.
- [5] Győri Pál : 67 kérdés az ISO 9000-es szabványsorozat alkalmazásáról, Isocont Kft., Budapest, 1999., pp. 26., ISBN 963-03-7757-8
- [6] Dr. Turcsányi Károly, Dr. Molnár Mihály: Minőség, minőségirányítás - új megközelítésben , Nemzetvédelmi egyetemi közlemények: a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem tudományos lapja (1997-2007) VI. évfolyam 2. szám (2002), ZMNE, Budapest, 2002., pp. 178-189., HU ISSN 1417-7323
- <http://193.224.76.4/download/konyvtar/digitgy/20022/vszt/turcsany.html> (2012.08.07.)
- [7] EOQ MNB: Az ISO 9000:2000 szabványsorozat tartalmi ismertetése és összehasonlító elemzése: "Az ISO 9001:2000-es szabvány bevezetésének gyakorlati kérdései" szakmai konferencia kiadványa : Budapest, 2001. március 21. pp. 4-13, ISBN 963-00-6305-0
- [8] MSZ EN ISO 9001: Minőségirányítási rendszerek. Követelmények, 2001.
- [9] NATO/PfP Nyílt, „AQAP 2000 A NATO integrált rendszer-szemléltető minőség-elve a hadfelszerelések élettartamára,” NATO, Brüsszel, 2003. június.
- [10] NATO/ PfP Nyílt, „AQAP 2110 A hadfelszerelések tervezésének, fejlesztésének és gyártásának NATO minőségbiztosítási előírásai.,” NATO, Brüsszel, 2003. június.
- [11] NATO/PfP Nyílt, „AQAP 2120 A hadfelszerelések gyártásának NATO minőségbiztosítási előírásai,” NATO, Brüsszel, 2003. június.
- [12] NATO/PfP Nyílt, „AQAP 2130 A hadfelszerelések gyártásközi és végellenőrzésének NATO minőségbiztosítási előírásai,” NATO/PfP, Brüsszel, 2003. június.
- [13] NATO/PfP Nyílt, „AQAP 2131 A hadfelszerelések gyártás utáni végellenőrzésének



NATO minőségbiztosítási előírásai,” NATO, Brüsszel, 2003. június.

- [14] NATO/PfP Nyílt, „AQAP 2009 NATO használati útmutató az AQAP 2000 kiadványsorozathoz,” NATO, Brüsszel, 2003. június.
- [15] Gyöngyösi Ferenc: A NATO AQAP 2000-es normatív dokumentumsorozat bevezetésének helyzete, alkalmazásának új vonásai, Magyar Minőség 2004. 7. szám., pp. 12-19., Budapest, 2004., HU ISSN-szám: 1416-9576.
- [16] Gyöngyösi Ferenc: Az ISO 9001:2000 szabvány és a NATO AQAP 2110:2003 normatíva követelményeinek integrációja a tanúsító szempontjából, Magyar Minőség 2005. 8. szám, pp. 208-209.,2005. 9.szám., pp. 16-18., Budapest, 2005., HU ISSN-szám: 1416-9576
- [17] Dr. Turcsányi Károly, Zupkó Tibor: A minőségügyi igény - kielégítési folyamat értelmezése a honvédelemben, Nemzetvédelmi egyetemi közlemények: a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem tudományos lapja (1997-2007) IX. évfolyam 2. szám (2005), ZMNE, Budapest, 2005., pp. 163-177., HU ISSN 1417-7323
- [18] NATO/PfP Nyílt: ARMP-1 NATO Requirements for Reliability and Maintainability Ed 4., NATO, Brüsszel, 2008.
- [19] NATO/PfP Nyílt: ARMP-4 Guidance for Writing NATO R&M Requirements Documents, Ed. 4., NATO, Brüsszel, 2008.
- [20] NATO/PfP Nyílt: ARMP-6 In-service R&M,Ed. 3., NATO, Brüsszel, 2008.
- [21] NATO/PfP Nyílt: ARMP-7 NATO R&M Terminology Applicable to ARMPs, Ed. 2., NATO, Brüsszel, 2008.
- [22] NATO/PfP Nyílt: ARMP-9 NATO:Guide to the management of software RM, NATO, Brüsszel, 2009.
- [23] Dr. Lendvai Marianna, Katonai elektronikai rendszerek megbízhatóság-elemzése, II. Tudományos Szimpózium BMF Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Budapest, pp. 34-39, 2007., ISBN 978-9-637-15461-4
- [24] NATO/PfP Nyílt: STANAG 4174 Ed. 3., NATO, Brüsszel, 2008..
- [25] MSZ IEC 50(191): A megbízhatósággal kapcsolatos egyes alapfogalmak, Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, 1992.
- [26] B.V. Gnyegyenko, J. K. Beljajev, A. D. Szolovjev: A megbízhatóság elmélet matematikai módszerei, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, pp. 85-166.,1976., Tankönyvi szám: 70001.

- [27] Dr. Lendvay Marianna, Dr. Zsigmond Gyula :Komplex villamos rendszerek megbízhatóság-elemzési módszerei, ZMNE Hadtudomány XIV. évfolyam. 2. szám. (2004.), Budapest, pp. 110-116., 2004., *ISSN 1215-4121*  
<http://www.zmne.hu/kulso/mhtt/hadtudomany/2004/2/2004-2-11.html> (2012.08.07.)
- [28] MSZ IEC 61812: A Meghibásodásmód és - hatás elemzésének (FMEA) folyamata, Magyar Szabadalmi Testület, Budapest, 1996.
- [29] MSZ IEC 61882 : HAZOP, Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, 2003.
- [30] Trevor Kletz: Hazop and Hazan, IChemE, UK, pp. 203-205., 2001., ISBN 0-85295-506-5
- [31] Rudolph Frederick Stapelberg: Handbook of Reliability, Availability, Maintainability and Safety in Engineering Design, Springer, London, UK, pp. 575-582., 2009., ISBN 978-1-84800-174-9
- [32] Frank Crawley, Malcolm Preston, Brian Tyler: HAZOP: Guide to Best Practice (2nd),” IChemE, UK, pp.11-40. 2008. ISBN 978-0-85295-525-3
- [33] MSZ EN 61025: Hibafa-elemzés, Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, 2007.
- [34] Tóth András: A válságreagáló műveletek felderítő támogatásának néhány tapasztalata, ZMNE Hadtudomány Hadtudomány XV. évfolyam. 4. szám. (2005.), Budapest, pp. 104-107. 2005., *ISSN 1215-4121*  
[http://www.zmne.hu/kulso/mhtt/hadtudomany/2005/4/2005\\_4\\_17.html](http://www.zmne.hu/kulso/mhtt/hadtudomany/2005/4/2005_4_17.html) (2012.08.07.)
- [35] MSZ EN 61165: A Markov eljárások alkalmazása, Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, 2006.
- [36] Rick Durrett: Probability: Theory and Examples. Ed.4., Cambridge University Press, Cambridge, USA, pp. 274-326., 2010., ISBN 978-0-521-76539-8
- [37] Vágó István: Graph Theory: application to the calculation of electrical networks, Elsevier., New York, pp. 15-40., 1985., ISBN 978-0-444-99589-6
- [38] Dr. Lendvay Marianna: Doktori értekezés, Katonai elektronikai rendszerek megbízhatóság elemzése, ZMNE, pp. 42-46., 2006.
- [39] Dr. Zsigmond Gyula, Dr. Békési Bertold, Dr. Szegedi Péter: Jelfolyamgráfok alkalmazása megbízhatósági vizsgálatoknál, ZMNE Repüléstudományi Konferencia 2009 "50 év hangsebesség felett a magyar légtérben" című konferencia kiadványa, 2009. HU ISSN 1789-770X  
[http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2009\\_cikkek/Zsigmond\\_Gy-Bekesi\\_B-Szegedi\\_P.pdf](http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2009_cikkek/Zsigmond_Gy-Bekesi_B-Szegedi_P.pdf) (2012.08.07.)

- [40] Dr. Zsigmond Gyula: Komplex villamos rendszerek minőségbiztosításának néhány kérdése, KKM XV. Tudományos Ülésszak Kiadványkötete, Budapest, pp. 90-95., 1998.
- [41] MSZ EN 61078: A Hibamentességi tömbdiagram módszer, Műszaki Szabványügyi Testület, Budapest, 2006.
- [42] Ken Neubeck: Practical Reliability Analysis, Prentice Hall, New Jersey, USA, pp. 49-55. 2004. ISBN 978-0-130-42020-6
- [43] IEC 60863: A megbízhatósági (hibamentességi), karbantarthatósági és használhatósági (üzemkészségi) előrejelzések bemutatása, International Electrotechnical Commission, Svájc, 2004.
- [44] Kóczy T. László, Tikk Domonkos: Fuzzy rendszerek, Typotext, Budapest, pp. 5-156. 2000., ISBN 963-9132-55-1
- [45] Y.M.Ali, Liangchei Zhang: A methodology for fuzzy modeling of engineering systems, Fuzzy Sets and Systems, Elsevier Science Ltd, pp 181-197., 2001., ISSN 0165-0114
- [46] M.L.Zhu, L.C.Tan, M.Xie, S.L.Ho, M.L.Zhu: Fuzzy Assessment for FMEA Engine, Elsevier Science Ltd, pp.17-29, 2002., ISSN 0951-8320
- [47] V. Kurková.: Kolmogorov's theorem and multilayer neural networks, Neural Networks Volume 5, Issue 3, Elsevier Science Ltd, pp. 501–506 1992. ISSN 0893-6080
- [48] H.D. Cheng, J.R. Chen: Automatically Determine the Membership Function Based on the Maximum Entropy Principle, Information Sciences Volume 96, Issues 3–4, Elsevier Science Ltd, pp. 163-182., 1996., ISSN 0020-0255
- [49] W. Rödder: On „and” and „or” connective in fuzzy set theory. Operations res., Report, Dept. Operations Res., Technical University of Aachen, 1975.
- [50] H. T. Nguyen, V. Kreinovich: On approximations of controls by fuzzy systems Proceedings of Fifth IFSA Congress, Seoul, Korea, 1993., Vol. 2, pp. 1414-1417., 1993., ISBN 978-8-985-49501-1
- [51] C.V.Negotia: Expert Systems and Fuzzy Systems, CA: Benjamin Cummings/ Menlo Parko Rub Co., USA, pp. 25-48., 1985., ISBN 978-0-805-36840-6
- [52] L.T.Kóczy, A.Zorat.: Fuzzy systems and approximation, Fuzzy Sets and Systems, Elsevier Science Ltd, pp. 203–222., 1997. ISSN 0165-0114
- [53] L. A. Zadeh: Probability measures of fuzzy events, Journal of Mathematical Vol. 23. No. 2., USA, pp. 421-427., 23/1968., ISSN 0022-247X
- [54] A. Kaufmann: Introduction to the Theory of Fuzzy Subsets, Academic Press Vol. 1 (1975.), New York, USA , pp. 3–28, 1975., ISBN 978-0-124-02301-7

- [55] A. Kandel: Fuzzy Expert Systems, CRC Press, Taylor & Francis, pp. 73-97., 1991., ISBN 978-0-849-34297-4
- [56] John Hertz, Anders Krogh, Richard G. Palmer: Introduction to the Theory of Neural Computation, Addison-Wesley, New York, USA, pp. 101-122.,1991., ISBN 978-0-201-50395-1
- [57] H. Hellendoorn, D. Driankov, M. Reinfrank: An Introduction to Fuzzy Control, Springer , Berlin, Németország, pp. 2-16. pp. 37-74., 1993., ISBN 978-3-540-60691-8
- [58] R. Hecht-Nielsen: Neurocomputing, Addison-Wesley ,New York, USA, pp. 10-32., 1990., ISBN 978-0-201-09355-1
- [59] Horváth Gábor: Neurális hálózatok és műszaki alkalmazásai, Műegyetemi Kiadó, Budapest , pp. 10-82., 1995., ISBN 963-420-577-1
- [60] K. Ozawa, K. Hirota, and L. T. Kóczy., Algebraic fuzzy flip-flops, Fuzzy Sets and Systems, Elsevier Science Ltd, pp. 215–226, 1991., ISSN 0165-0114
- [61] Zsigmond Gyula, Kárpáti Attila, Bárkányi Pál: Reliability Analysis of Automatic Systems, INES 2001., pp. 255 -258, 2001., ISBN 952-15-0689-X
- [62] Búgyjás József: Quality management recommendations for suppliers to NATO, XXIII. Kandó Conference 2006, Budapest, 2006., ISBN 963 7154 426
- [63] Dr. Zsigmond Gyula: Folytonos idejű rendszerek megbízhatósági vizsgálata, Automatizálás 1988. 3. szám., pp. 43-46., 1988.
- [64] C. Singh, R. Billinton: System Reliability Modeling and Evaluation, Hutchinson, Madison,USA, pp. 164-227., 1977. ISBN 978-0-091-26500-7
- [65] Szász Gábor, Kun István, Zsigmond Gyula: Minőség és megbízhatóság I., LSI Kiadó, Budapest, pp.201-216., 2004. ISBN 963 5773 331
- [66] Panzer Péter: Elektronikus készülékek túlfeszültség- és zavarfeszültség-védelme, Műszaki Könyvkiadó,Budapest, pp. 25-46., 1980., ISBN 978-9-631-07674-5
- [67] Dr. Zsigmond Gyula: Fejezetek az elektrotechnikából (segédlet), E+S Biztonságtechnikai és Elektronikai Kft., Budapest, pp.1-12., 2006.
- [68] Gerhard Breitenberger, Dieter Stoll: EMC: elektromágneses zavarvédelem, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, pp. 65-110. 1980., ISBN 978-9-631-03263-5
- [69] Henry W Ott: Noise Reduction Techniques in Electronic Systems, 2nd Edition, Wiley-Interscience, USA, pp. 210-232., pp. 244-262., 1988., ISBN 978-0-471-85068-7

- [70] David Morgan: A Handbook for EMC Testing and Measurement, IET Electrical Measurement Series, IET, pp. 179-242., 1994., ISBN 978-0-863-41756-6
- [71] Fehér Zoltán: Jelvezeteki hálózatok túlfeszültség védelmének túlterhelhetősége (II.), Elektroinstallateur, 2005/2-3., pp. 32-33., 2005., ISSN 1217-1867
- [72] Sonia Ben Dhia, Mohamed Ramdani, Etienne Sicard: Electromagnetic Compatibility of Integrated Circuits: Techniques for low emission and susceptibility, Birkhäuser, pp. 181-186., 2005., ISBN 978-0-387-26600-8
- [73] David A. Weston: Electromagnetic Compatibility Principles and Applications Ed.2., Taylor & Francis, pp. 110-118., 2001., ISBN 978-0-824-78889-6
- [74] Peter Merte, Gerhard H. Rühl: Automatizálási berendezések elektromágneses összeférhetősége (EMC), Budapest: Klöckner-Moeller Hungária Kft., pp. 3-39., 1992. TB 27-001 H
- [75] MSZ EN 61000: EMC alap- és általános szabványok, Budapest: Magyar Szabványügyi Testület, 1995.
- [76] Henry W. Ott: Electromagnetic Compatibility Engineering, John Wiley & Sons, pp. 11-34., 2009., ISBN 978-0-470-18930-6
- [77] Adolf J. Schwab, Wolfgang Kürner: Elektromagnetische Verträglichkeit, Springer DE, pp. 1-25., 2010., ISBN 978-3-642-16609-9
- [78] Dr. Prof. Zsigmond Gyula: Elektronikus rendszerek túlfeszültség-védelméről, Bolyai Szemle, pp. 373-381, 2010/1., ISSN 1416-1443
- [79] Dr. Horváth T.: Villámvédelem felülvizsgálók tankönyve., Budapest: Magyar Elektrotechnikai Egyesület, pp. 10-230., 1997., MTESZ Házinyomda 246/1997.
- [80] Fehér Z.: EMC orientált villámvédelem, az elektromágneses összeférhetőség (EMC) követelményeinek megfelelő villám- és túlfeszültség védelem, Budapest, Dehn Söhne GMBH CO. KG., 2000.
- <http://www.muszeroldal.hu/measurenotes/emcvillam.pdf> (2012.08.07.)
- [81] MSZ IEC 1312-1: Az elektromágneses villámimpulzus elleni védelem. 1. rész. Általános, Budapest: Magyar Szabványügyi Testület, 1997.
- [82] Stefányi I., Szandtner K.: Villamos kapcsolókészülékek, Budapest, Műegyetemi Kiadó, pp. 10-82., 2002., Nívódíjas egyetemi jegyzet, J5-1309.

- [83] Eduard M. Bazelyan, Yuri P. Raizer: Lightning Physics and Lightning Protection, Taylor & Francis, pp. 1-59., 2000., ISBN 978-0-750-30477-1
- [84] David A. Weston: Electromagnetic Compatibility (Electrical and Computer Engineering), CRC Press, pp. 283-430., 2001., ISBN 978-0-824-78889-6
- [85] MSZ EN 60071-2: Szigeteléskoordináció. 2. rész: Alkalmazási útmutató., Magyar Szabadalmi Társaság, 2000.
- [86] Dr. univ Rejtő Ferenc: EMC ALAPOK, Magyar Elektrotechnikai Egyesület, pp. 131-194., 2006., ISBN 963-9299-08-1
- [87] Anatoly Tsaliovich: Cable shielding for electromagnetic compatibility, Chapman & Hall, NY, USA, pp. 74-77., 1995., ISBN 978-0-442-01425-4
- [88] Glen Dash: How RF Anechoic Chambers Work, Cambridge: Ampyx LLC, 2005.  
[http://www.glendash.com/Dash\\_of\\_EMCAnechoic\\_Chambers/Anechoic\\_Chambers.pdf](http://www.glendash.com/Dash_of_EMCAnechoic_Chambers/Anechoic_Chambers.pdf)  
 (2012.08.07.)
- [89] Peter Hasse: Overvoltage protection of low voltage systems, Institution of Electrical Engineers, pp. 81-102., 2000., ISBN 978-0-852-96781-2
- [90] Electricity Training Association: Power system protection: Systems and methods, Institution of Electrical Engineers, IET, pp. 1-22., 1995., ISBN 978-0-852-96836-9
- [91] Vernon Cooray: The lightning flash, Institution of Electrical Engineers, London,UK, pp. 512-518., 2003., ISBN 978-0-852-96780-5
- [92] Roger C. Dugan, Surya Santoso, Mark F. McGranaghan, H. Wayne Beaty: Electrical Power Systems Quality, McGraw-Hill Prof Med, pp. 1-43., 2002., ISBN 978-0-071-38622-7
- [93] MSZ IEC 99-1: Túlfeszültség védelmi eszközök. 1. rész: Túlfeszültség levezetők nem lineáris ellenállásokkal és szikraközökkel, váltakozó áramú rendszerek részére., Magyar Szabalmi Testület, 1994.
- [94] Anatoly Tsaliovich: Electromagnetic shielding handbook for wired and wireless EMC applications, Klumer Academic Publishers, pp.638-646., 1999.,ISBN 978-0-412-14691-6
- [95] John R. Freer: Computer communications and networks, Taylor & Francis, pp. 1-432., 1996., ISBN 978-1-857-28379-2
- [96] R. B. Standler: Protection of Electronic Circuits from Overvoltages, Wiley, pp. 35-37. 2002., ISBN 978-0-486-42552-8

## RÖVIDÍTÉSEK MAGYARÁZATA

<b>AQAP</b>	Allied Quality Assurance Publications	Szövetséges minőségbiztosítási kiadványok
<b>ARMP</b>	Allied Reliability and Maintainability Publication	Szövetségi megbízhatósági és karbantarthatósági kiadvány
<b>COA</b>	Center of Area	Geometriai középpont módszer
<b>COG</b>	Center of Gravity	Tömegközéppont módszer
<b>EMC</b>	Elektromagnetic Compatibility	Elektromágneses kompatibilitás
<b>EMP</b>	Electromagnetic Pulses	Elektromágneses impulzus
<b>EPH</b>		Egyen potenciálra hozó hálózat
<b>ERP</b>	Earth Reference Potention	Földelési referencia pont
<b>ESD</b>	Electrostatic Discharges	Elektrosztatikus kisülés
<b>EU</b>	European Union	Európai Unió
<b>FMEA</b>	Fault Mode and Effect Analysis	Hibamód és hatás elemzés
<b>FMECA</b>	Fault Mode, Effect and Criticality Analysis	Hibamód, hatás és kritikusság elemzés
<b>FTA</b>	Fault Tree Analysis	Hibafa elemzés
<b>GSM</b>	Global System for Mobile Communications	Globális mobil kommunikációs rendszer
<b>HAZOP</b>	Hazard and Operability studies	Veszély- és Működőképesség vizsgálat
<b>HQ</b>	Head Quarters	Főhadiszállás, katonai létesítmény
<b>HUNNIC</b>	Hungarian National Intelligent Cell	Magyar nemzeti hírszerző elem
<b>HUMINT</b>	Human Intelligence	Emberi erőforrással történő információszerzés
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission	Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság
<b>IED</b>	Improvised Explosive Devices	Rögtönzött robbanó szerkezetek
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization	Nemzetközi Szabványügyi Szervezet
<b>KNBSZ</b>		Katonai Nemzetbiztonsági Szolgálat
<b>LEMP</b>	Lightning Electromagnetic Impulse	Villám elektromágneses impulzus

<b>LFI</b>	Low Frequency Influence	Kisfrekvenciás hatás
<b>LPZ</b>	Lightning Protection Zone	villámvédelmi övezet
<b>LR</b>	Loading Roughness	Terhelés egyenetlensége
<b>MH</b>		Magyar Honvédség
<b>MIL STD</b>	Military Standard	Katonai Szabvány
<b>MSZ</b>		Magyar Szabvány
<b>MTBF</b>	Mean Time Between Failures	A meghibásodások között várható átlagos működési idő
<b>MTTF</b>	Mean Time To Failure	Átlagos működési idő a meghibásodásig
<b>MTTFF</b>	Mean Time To First Failure	Átlagos működési idő az első meghibásodásig
<b>MTTR</b>	Mean Time to Repair	Átlagos helyreállítási idő
<b>NATO</b>	North Atlantic Treaty Organization	Észak-atlanti Szerződés Szervezete
<b>NIC</b>	National Intelligents Cell	Nemzeti hírszerző elem
<b>NCN</b>	NATO Core Network	NATO alaphálózat
<b>RBD</b>	Reliability Block Diagram	Megbízhatósági blokkdiagram
<b>RFI</b>	Radio-frequency Influences,	Rádiófrekvenciás hatás
<b>RP</b>	Reliability Prediction	Megbízhatóság előrejelzése
<b>SOP</b>	Standing Operating Procedures	Állandó hadműveleti eljárások
<b>SM</b>	Safety Margin	Biztonsági határ
<b>STANAG</b>	Standardisation Agreement	Szabványosítási egyezmény
<b>TQM</b>	Total Quality Management	Teljes körű minőségirányítás
<b>VSAT</b>	Very Small Aperture Terminal	Kis apertúrájú földi állomás



# ÁBRAJEGYZÉK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

## Ábrák

1. ábra. A NATO által alkalmazott minőségirányítási dokumentumok [24]	18
3. ábra. A terhelés-teljesítőképesség diagram [25]	26
4. ábra. A meghibásodási ráta kádgörbéje [26]	29
5. ábra. Vizsgálati eljárás mechanizmusa	34
6. ábra. Hibafa	36
7. ábra. Jelfolyamgráf egyszerűsítésének lépései [39]	42
8. ábra. Jelfolyamgráf egyszerűsítésének struktogramja	43
9. ábra. Állapot diagram	44
10. ábra. Összetett kommunikáció rendszer	45
11. ábra. A fuzzy tagsági függvény	48
12. ábra. A Fuzzy rendszer	54
13. ábra. A Boole logika szerint egy katonai bázison történő energiaellátás	56
14. ábra. A fuzzy logika szerint egy katonai bázison történő energiaellátás	56
15. ábra. A rendszer állapot modellje	58
16. ábra. Jelfolyamgráffal történő ábrázolás	60
17. ábra. $\lambda_{3f}$ ábrázolva	62
18. ábra. $\lambda_{13}$ változására	63
19. ábra. Hibamentességi vizsgálatok	66
20. ábra. Zavarforrások	67
22. ábra. Vezetési csatolás	79
23. ábra. Induktív csatolás	80
24. ábra. Kapacitív csatolás	80
25. ábra. Villámvédelmi zónák [73]	84
26. ábra. Információs rendszer felépítése	85
27. ábra. Az összekötő hálózat alapesetei, sugaras (S) és hurkolt (M) hálózat	86
28. ábra. Sugaras és hurkolt rendszerek kombinálása	87
29. ábra. NATO HQ konténer rendszer	87
30. ábra. Többlépcsős túlfeszültség védelem kapcsolási rajz [67]	88
31. ábra. Többlépcsős túlfeszültség védelem kialakítása.	90

## Táblázatok

1. táblázat. A meghibásodások lehetséges osztályozási szempontjai és fajtái [25].	255
2. táblázat Vezérszó útmutató	35
3. táblázat. Eredő megbízhatóság számítás	45
4. táblázat. Az MTTF $\lambda_{3f}$ változására	62
5. táblázat. Az MTTF $\lambda_{13}$ ábrázolva	63

## ALAPFOGALMAK

Az értekezésemben a „A minőségügy nemzetközi értelmező szótára” [1], MSZ EN ISO 9000:2000 [4], MSZ EN ISO 8402:1994 [2], MSZ 18995:1989, IEC (50)191:1992 [25] szabványokban meghatározott fogalmakat használtam:

**Átmeneti ráta:** átmeneti valószínűség az egyik állapotból egy másik állapotba.

**Átlagos javítási ráta:** helyreállítási valószínűsége adott idő alatt.

**Egység (*entity, item*):** mindaz, ami egyedileg leírható és vizsgálható. Az egység fogalma magában foglalja a termék fogalmát, de kiterjed olyan fogalmakra is, mint például tevékenység, folyamat, szervezet, vagy személy.

**Életciklus:** egy termékrendszernek egymás után következő, egymáshoz kapcsolódó szakaszai, a nyersanyag beszerzéstől vagy a természeti erőforrás keletkezésétől a végső hulladéklerakásig.

**Eljárás:** egy tevékenység vagy egy folyamat elvégzésének előírt módja.

**Elektromágneses összeférhetőség:** valamely villamos berendezésnek vagy rendszernek az a képessége, hogy saját elektromágneses környezetében kielégítően működik anélkül, hogy környezetében nem tűrhető elektromágneses zavarást idézne elő.

**Elektromágneses összeférhetőségi szint:** az a megadott szint, amely egy meghatározott környezetben vonatkoztatási szintként szolgál a kibocsátási és zavartűrési szintek megállapításának koordinálásakor.

**Elektromágneses zavar:** olyan elektromágneses jelenség, amely az elektromágneses környezetben fellépve megváltoztathatja egyes villamos berendezések elvárt működőképességét.

**Elektromágneses zavarás:** valamely berendezés, átviteli csatorna vagy rendszer működőképességének romlása elektromágneses zavarás hatására.

**Előírás (*specification*):** olyan dokumentum, amely előírja azokat a követelményeket, amelyeket a terméknek vagy a szolgáltatásnak ki kell elégítenie. Nevezik termék specifikációnak vagy szolgáltatás-specifikációnak is. A tervezés stádiumában részletesen leírják, hogy a tervezett terméknek/szolgáltatásnak melyek a lényeges tulajdonságai és jellegzetességei, milyen követelményeknek kell megfelelnie.

**Folyamat:** a tevékenységek azon rendszere, amikor az erőforrások alkalmazásával a bemeneteket kimenetekké alakítja át. Kimenet alatt a termékek és szolgáltatások közös elnevezését értjük.

**Használhatóság/üzemkészség/készenléti állapot:** a terméknek az a képessége, hogy adott időpontban vagy adott időszakaszban, adott feltételek között ellátja előírt funkcióját, feltéve, hogy a szükséges külső erőforrások rendelkezésre állnak.

**Hatékonyág:** a terméknek az a képessége, hogy adott mértékű szolgáltatási igényt kielégít.

**Helyreállítható:** meghibásodás után, adott alkalmazási körülmények között valóban meg tudják javítani.

**Hibamentesség (megbízhatóság szűkebb értelemben):** a terméknek az a képessége, hogy előírt funkcióját adott feltételek között, adott időszakaszban ellátja.

**Irányítás (management):** a szervezet irányítására és ellenőrzésére szolgáló össze-hangolt tevékenységek.

**Javítás:** tevékenység egy nem megfelelő terméken, hogy azt a szándék szerinti használatra elfogadhatóvá tegyék.

**Karbantarthatóság:** a terméknek az a képessége, hogy meghatározott használati feltételek között olyan állapotban tartható, illetve olyan állapotba állítható vissza, amelyben előírt funkcióját teljesíteni tudja, ha karbantartását adott feltételek között és az előírt eljárások, valamint erőforrások felhasználásával végzik el.

**Karbantartás-ellátás képessége:** a karbantartó szervezetnek az a képessége, hogy adott feltételek között – igény esetén – rendelkezésre bocsátja azokat az erőforrásokat és eszközöket, amelyek az adott karbantartási politika mellett a termék karbantartásához szükségesek.

**Karbantartási ráta:** az aktuális állapotnak és a meghibásodási ráta előző és következő állapotának kombinációja.

**Megfelelőség (conformity):** az előírt követelmények teljesülése.

**Megbízhatóság (általános értelemben):** gyűjtőfogalom, amelyet a használhatóság és az azt befolyásoló tényezők, azaz a hibamentesség, a karbantarthatóság és a karbantartás-ellátás leírására használnak.

**Megfelelőség:** termékre, eljárásra vagy szolgáltatásra előírt követelmények teljesülése.

**Meghibásodás:** olyan esemény, amelynek során a termék elveszti képességét, hogy előírt funkcióját ellássa.

**Meghibásodási ráta:** minden  $t$  időpontban lényegében annak a valószínűségét adja meg, hogy a  $t$  időpontig hibamentesen működő elem a következő időegység alatt meghibásodik.

**Minőség:** annak mértéke, hogy mennyire teljesíti a saját jellemzők egy csoportja a követelményeket.

**Minőségbiztosítás** (*quality assurance*): a minőségirányítás része, a bizalomkeltés a minőségi követelmények teljesüléséhez.

**Minőségtervezés:** a minőségirányításnak az a része, amely a minőségcélok

**Megrendelő** (*purchaser*): szerződéses vevő.

**Minőségirányítási rendszer** (*quality system*): rendszer, a minőségpolitika és a minőségcélok megfogalmazásához és a célok eléréséhez.

**Minőségpolitika** (*quality policy*): egy szervezetnek a minőségre vonatkozóan a felső vezetés által hivatalosan kinyilvánított általános szándéka és irányvonala.

**Minőségcél:** a minőséggel kapcsolatos célkitűzés, amire törekszenek, vagy amit el akarnak érni.

**Minőségirányítás** (*quality management*): összehangolt tevékenységek egy szervezet vezetésére és ellenőrzésére a minőség vonatkozásában.

**Minőség-ellenőrzés** (*inspection*): valamely termék vagy szolgáltatás egy vagy több jellemzőjének mérése, majd az eredmények összehasonlítása az előírt követelményekkel az előírásoknak való megfelelés meghatározása céljából.

**Minőségszabályozás** (*quality control*): a minőségirányítás részeként a minőség-célok kitűzése továbbá az operatív folyamatok és a minőségcélok eléréséhez szükséges erőforrások meghatározása.

**Minőségfejlesztés, -tökéletesítés** (*quality improvement*): a minőségirányítás része, a hatásosság és a hatékonyság növeléséhez.

**Nemmegfelelés** (*nonconformity*): valamely előírt követelmény nem teljesülése.

**Projekt:** sajátos folyamat, amely egy sor koordinált és szabályozott, a kezdeti és befejezési időpontok megjelölésével kitűzött olyan tevékenységekből áll, amelyeket konkrét követelményeknek megfelelő cél elérésére végeznek, figyelembe véve az idő, a költségek és az erőforrások korlátait.

**Rendszer** (*system*): egymással kapcsolatos vagy kölcsönhatásban álló elemek összessége.

**Szállító, cég** (*supplier*): az a szervezet, amely a terméket a vevőnek rendelkezésére bocsátja.

**Szolgáltatás:** nem kézzelfogható termék, amely legalább egy olyan tevékenység eredménye, amely a szállító és a vevő találkozásánál megy végbe.

**Teljes körű minőségirányítás (TQM):** irányítási eljárás a hosszú távú siker elérésére a vevői elégedettségen keresztül; az eljárás a szervezet összes tagjának részvételén alapul, hogy a munkatársak munkájuk során fejlesszék a folyamatokat, a termékeket, a szolgáltatásokat és a szervezet munkakultúráját.

**Teljesítőképesség/műszaki kapacitás:** a terméknek az a képessége, hogy adott mértékű szolgáltatás igényt elégít ki adott belső feltételek mellett.

**Üzemeltetés (technikai eszközök):** azt a műveletet nevezzük – amikor személyzet (kezelő) eszközként használja a technikai berendezést céljai eléréséhez.

**Üzemben tartás:** az a folyamat, amelynél a személyzet tevékenysége a technikai berendezésre irányul. Tehát a tevékenységének a tárgya.

**Vállalkozó (contractor):** szerződéses szállító.

**Vevő (customer):** az, akinek a szállító a terméket rendelkezésre bocsátja. A szállítói kimenet (output) fogadója, akinek a termék vagy a szolgáltatás készül. A vevő lehet a végső fogyasztó, felhasználó, a kedvezményezett vagy a megrendelő. A vevő a szervezet szempontjából lehet külső vagy belső.

**Vizsgálat:** adott termék, eljárás vagy szolgáltatás egy vagy több jellemzőjének meghatározott eljárással való megállapításából álló műszaki művelet.

**Zavarszint:** az elektromágneses zavar mennyisége vagy nagysága, amelyet speciális módon mérnek és értékelnek ki.