

Nemzeti Közsolgálati Egyetem

Hadtudományi Doktori Iskola

Doktori (PhD) értekezés

Ember István alezredes

Budapest, 2023

Nemzeti Közszolgálati Egyetem

Hadtudományi Doktori Iskola

Ember István alezredes:

**A tűzszerész biztosítás kihívásai, a katonai eredetű robbanótestek
azonosításának és hatástalanításának korszerű módszerei
a 21. században**

Doktori (PhD) értekezés

Témavezető:

Dr. Kovács Zoltán Tibor alezredes

Budapest, 2023

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	5
A TÉMAVÁLASZTÁS INDOKLÁSA ÉS A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA	5
A KUTATÁSI CÉLOK ÉS HIPOTÉZISEK ISMERTETÉSE	7
A KUTATÁSI MÓDSZEREK ISMERTETÉSE	9
AZ ÉRTEKEZÉS FELÉPÍTÉSE	11
A RELEVÁNS SZAKIRODALMAK ÁTTEKINTÉSE	13
1. FEJEZET A KÖZSZOLGÁLATI TŰZSZERÉSZ SZAKFELADATOK AKTUÁLIS KIHÍVÁSAI	16
1.1 A MAGYAR KÖZSZOLGÁLATI TŰZSZERÉSZET TÖRTÉNETE	18
1.2 A KÖZSZOLGÁLATI FELADATOK AKTUALITÁSAI.....	21
1.2.1 A riasztások éves és havi bontásban készült adatainak elemző vizsgálata	24
1.2.2 A riasztások megyénkénti bontásban készült adatainak elemző vizsgálata	28
1.2.3 A hatástalanított robbanótestek statisztikai adatainak elemző vizsgálata.....	31
1.3 AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS EGYES HATÁSAI A TŰZSZERÉSZ SZAKFELADATOK TERVEZÉSÉRE	35
1.4 A TŰZSZERÉSZ SZAKFELADATOK TERVEZÉSÉRE HATÓ TÉNYEZŐK ÉS INDIKÁTORAIK	47
1.5 RÉSZKÖVETKEZTETÉSEK.....	50
2. FEJEZET A HAZAI LŐSZERMENTESÍTÉS KIHÍVÁSAI	53
2.1 ROBBANÓTESTEK RENDSZEREZÉSE	54
2.2 A ROBBANÓTESTEK BEN REJLŐ VESZÉLYEK.....	58
2.2.1 A gyújtószerkezetek lehetséges hibáiról.....	59
2.2.2 A robbanóanyagok és pirotechnikai anyagok fokozott veszélyei	61
2.3 A LŐSZERMENTESÍTÉS ÉS AZ ÉPÍTŐIPAR KAPCSOLATA	68
2.4 A LŐSZERMENTESÍTÉS PIACI SZEREPLŐI	73
2.5 TŰZSZERÉSZETI FELÜGYELETI SZERV ALAPÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI.....	78
2.5.1 Aknamentesítő műveleti program és a tűzszerezés az ENSZ AMSZ útmutatásai alapján	79
2.5.2 Elgondolás egy tűzszerezési felügyeleti szerv hazai megvalósítására.....	87
2.6 RÉSZKÖVETKEZTETÉSEK.....	94

3. FEJEZET A KÜLÖNLEGES TÖLTETŰ TŰZÉRSÉGI LŐSZEREK

AZONOSÍTÁSÁNAK KIHÍVÁSAI 97

3.1 A KORABELI GÁZHARC NÉHÁNY KÜLÖNLEGESSÉGE ÉS A II. VILÁGHÁBORÚ MAGYAR GYÁRTÁSÚ GÁZLŐSZEREI 99

3.2 A MAGYAR GYÁRTMÁNYÚ KÜLÖNLEGES TÖLTETŰ GRÁNÁTOK AZONOSÍTÁSÁNAK NEHÉZSÉGEI 107

3.3 RÖNTGEN ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGE A KÜLÖNLEGES TÖLTETŰ TŰZÉRSÉGI GRÁNÁTOK AZONOSÍTÁSÁRA..... 113

3.4 RÉSZKÖVETKEZTETÉSEK 119

4. FEJEZET EGYES TŰZSZERÉSZ SZAKFELADATOKHOZ ALKALMAS

KUMULATÍV TÖLTET KIALAKÍTÁSA 3D NYOMTATÓ SEGÍTSÉGÉVEL 120

4.1 A KUMULATÍV HATÁS FELFEDEZÉSÉNEK TÖRTÉNETE 122

4.2 A KUMULATÍV TÖLTETEK MŰKÖDÉSE..... 126

4.3 ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEK A TŰZSZERÉSZ SZAKFELADATOK SORÁN 133

4.4 KUMULATÍV TÖLTETEK MÉRETEZÉSI LEHETŐSÉGEI 135

4.4.1 *A magyar katonai eljárás* 135

4.4.2 *A MH Haditechnikai Intézet eljárása*..... 136

4.4.3 *A Szalamahin-féle eljárás* 139

4.4.4 *A Cooper-féle méretezés* 140

4.5 A KUMULATÍV TÖLTET MÉRETEZÉSE..... 141

4.5.1 *Méretezési célkitűzések* 141

4.5.2 *Modern megoldások*..... 142

4.5.3 *A konkrét paraméterek meghatározása*..... 145

4.6 A TÖLTET ELKÉSZÍTÉSÉNEK, GYÁRTÁSÁNAK FOLYAMATA 147

4.6.1 *3D nyomtatás technológiai lehetőségei* 147

4.6.2 *A számítógépes tervezés* 149

4.6.3 *A 3D nyomtatás folyamata és körülményei*..... 153

4.7 A KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK BEMUTATÁSA 157

4.7.1 *Az első robbantási sorozat eredményei*..... 157

4.7.2 *A második robbantási sorozat eredményei* 177

4.7.3 *A harmadik robbantási sorozat eredményei* 189

4.7.4 *A robbantási sorozatok eredményeinek összegzése* 201

4.8 RÉSZKÖVETKEZTETÉSEK	202
ÖSSZEGZÉS.....	205
ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	208
AJÁNLÁSOK ÉS A KUTATÁSI EREDMÉNYEK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI.....	209
JAVASLATOK TOVÁBBI KUTATÁSI IRÁNYOKRA.....	209
FELHASZNÁLT IRODALOM	211
1. MELLÉKLET – ÁBRAJEGYZÉK	223
2. MELLÉKLET – TÁBLÁZATJEGYZÉK	229
3. MELLÉKLET – RÖVIDÍTÉSEK	231
4. MELLÉKLET – A SZERZŐ TÉMAKÖRI PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉKE.....	234
5. MELLÉKLET – TÁRSZERZŐI NYILATKOZATOK	238

BEVEZETÉS

„Mindig lesz olyan helyzet, amikor komolyabb elméletekre van szükség, de előfordulhat, hogy az egyszerűbbeket kell elővenni.”¹

Mijamoto Muszasi

A TÉMAVÁLASZTÁS INDOKLÁSA ÉS A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

A műszaki támogatás feladatrendszerében rengeteg különleges képességet és speciális kötelességet találhatunk. Ebben a komplex rendszerben a tűzszerész szakfeladatok talán a legveszélyesebbek, itt jelennek meg olyan kihívások, melyekkel akár globális szinten is viszonylag keveset foglalkoznak tudományos keretek között. Vannak olyan részterületek, mint a terrorizmushoz köthető improvizált robbanótestek, ahol már jelentős számban születtek kutatási eredmények, azonban a hagyományos, katonai eredetű robbanótestek esetében azonosítható néhány megoldásra váró tudományos probléma.

Hazánk ebben az esetben még különlegesebb helyzetben van, mert a honvédelem feladatai között kell a közszolgálati tűzszerész szaktevékenységet szervezni. Ez az egyébként más haderők esetében viszonylag ritka feladat további érdekes problémákat hordoz, melyek megoldása tudományos módszerekkel lehetséges.

A fenti gondolatok mentén több vizsgálandó kérdést azonosítottam a területen, melyekből az alábbiakat elemeztem. Első problémának az éghajlatváltozás okozta kihívásokat tartom, melyek a közszolgálati tűzszerész tevékenységet közvetlen módon befolyásolják. A bolygónk klímájának változása egy igen jelentős kérdés, melyet katonai szempontból is szükséges vizsgálni, elemezni, mert jelentős befolyása lehet a különböző műveletekre.² Mivel a hazánkban folyó tűzszerész tevékenység részleteivel kapcsolatban rengeteg adat áll rendelkezésre, lehetőség van rá, hogy ezeket kigyűjtve és rendezve azonosíthatók legyenek azok az irányvonalak, melyek hatással vannak a feladatok előrelátó megtervezésére.

Ezt az eljárást speciálisan egy, a globális éghajlatváltozásban leginkább érintett folyónk esetében elvégezve további konkrét eredmények is várhatók. Az eddigi tapasztalatok azt mutatták, hogy az egyre gyakoribb alacsony vízállás jelentősen megnöveli a robbanótestek

¹ MIJAMOTO Muszasi (2018): *Az öt elem könyve*. Ford. ABE Tetsushi – VARGA Orsolya. H. n.: Helikon, 79.

² PADÁNYI József (2022): *Kihívások, kockázatok, válaszok. Az éghajlatváltozás okozta kihívások és azok hatásai a katonai erőre*. Budapest: Ludovika, 9–18, 71–73.

bejelentésének mennyiségét, mely dinamikus teherként jelentkezik a szakfeladatok tervezésekor. Ezen teher csökkentése érdekében kell a fent jelzett adatokból olyan információkat, eredményeket kimutatni, ami segítheti az optimális munkatervezést, munkaszervezést.

A második terület, ahol szükséges és érdemes vizsgálni, a lőszermentesítés, mint szolgáltatás. Ez alatt a vállalkozások, piaci szereplők által nyújtott lőszermentesítést értem, melyben a Magyar Honvédség (MH) is részt vehet meghatározott jogszabályi keretek között. Ez az alapvetően polgári tevékenység része a hétköznapoknak, több vállalkozás működik hazánkban ilyen profillal. Ez önmagában egy jól üzemelő és részletesen szabályozott, felügyelt rendszer alatt is működhetne, de véleményem szerint ezek a feltételek csak részlegesen állnak rendelkezésre. Az viszont mindenképpen fontos szempont, hogy egy alapvetően balesetmentesen működő szektorról van szó, tehát vélhetően az esetleges hiányosságokat a szolgáltatók saját forrásból, belső szabályzókkal és képzésekkel küszöbölik ki. Minden fél érdeke lehet, hogy szabályozottabb keretek között, megfelelő felügyelet mellett történjenek ezek a munkák. A megrendelők és szolgáltatók felé egy kidolgozott jogi háttérrel rendelkező szervezet megteremtheti a minőségi, biztonságos és hatékony lőszermentesítés feltételeit.

A harmadik problémakör a közszolgálati tűzszerész feladatok során előkerülő robbanótestek azonosításához kapcsolódik. A feladatok során túlnyomórészt el tudják végezni a szakemberek a minden kétséget kizáró azonosítást pusztán vizuális módszerrel. A felkészítésük során rengeteg robbanótestet ismernek meg a tűzszerészek és hazánkban elvárás, hogy technikai eszköz támogatása nélkül is képesek legyenek ezt elvégezni. Mivel ez egy kulcskérdés a szakfeladatok folyamatában, érthető, hogy más nemzetek gyakorlatával szemben³ hazánkban kifejezetten nagy hangsúlyt kap a lőszerismeret. Ráadásul ezt bármilyen nehezítő körülmény, akár nem elérhető adatbázis, vagy meghibásodott technikai eszköz esetén is meg kell oldani.

Azonban ez a gyakorlat nem minden esetben megvalósítható. A hatalmas ismeretanyag ellenére előfordulhatnak olyan helyzetek, robbanótest típusok, ahol a vizuális azonosítási módszer valamilyen, főleg technikai jellegű támogatásra szorulhat. Ezt kívánom elemzés alá vonni egy konkrét robbanótest-család vonatkozásában.

³ A legelterjedtebb gyakorlat a drága, adatbázis alapú azonosítást segítő szoftverek alkalmazása, mely informatikai eszközök helyszíni alkalmazását teszi szükségessé.

A negyedik terület a hazánkban a tűzszerész szakfeladatok során még nem széles körben alkalmazott kumulatív töltetekkel foglalkozik.⁴ Fontos kiemelni, hogy a hazai tűzszerész gyakorlat közel nyolc évtized tapasztalatain alapul, annak alkalmazhatóságát értekezésemben nem kívánom vitatni. Fontos megjegyezni, hogy mivel évente ezres nagyságrendben sikeresen valósul meg hatástalanítási tevékenység, ez nem is igen állná meg a helyét. Azonban vannak olyan előremutató lehetőségek, melyek fokozhatják a hatástalanítási tevékenység hatékonyságát, optimális költségelosztását és akár biztonságosságát is.

Ezen a gondolatmeneten tovább haladva olyan gazdaságosan reprodukálható eszközök szükségesek, melyek alkalmasak a tűzszerészek számára egyes célfeladataikhoz. Ezt azért érdemes kiemelni, mert a modern technikai megoldások, mint a 3D nyomtatás vagy additív gyártás lehetőséget biztosít olyan eszközök alkalmazására, melyek egy adott feladatra lettek kialakítva. Nem kell tehát például általánosan alkalmazható kumulatív töltetekben gondolkodni, hiszen nem minden feladathoz szükséges azok minden képessége, esetenként még hátrányos is lehet a használatuk.

Éppen ezért egy konkrét területre fókuszálva, a különleges töltetű tűzszerési gránátok esetében tartom meghatározónak megvizsgálni a fenti lehetőségeket. Ez kifejezetten a vegyi harcanyaggal töltött robbanótestek esetében hozhat előremutató eredményeket, mégpedig azért, mert elég szűkös a területen folyó kutatások száma.

A KUTATÁSI CÉLOK ÉS HIPOTÉZISEK ISMERTETÉSE

A kutatási célokat a bemutatott tudományos problémák, valamint az azokon belül kitűzött irányok mentén alakítottam ki. Első célként a hazai közszolgálati tevékenység riasztásait fogom részletesen vizsgálni a katonai eredetű robbanótestek vonatkozásában. Az időszakok és helyek tekintetében elkészült elemzések több évet fognak érinteni a közelmúltból, mely átfogó képet biztosít az országos robbanótest szennyezettségről, annak éven belüli alakulásáról és a lokális eloszlásáról. Ezekből az adatokból fogom megvizsgálni, hogy a korábban a területen folyt elemzések napjainkban is aktuálisak-e, valamint az adatok alapján meg fogom határozni a kialakult trendeket.

A Duna vonatkozásában elemzem az extrém alacsony vízállásokat az elmúlt időszakból és összevetem a tűzszerészekhez érkező riasztások adataival. Ebből szeretném azonosítani

⁴ Rendszeresítve vannak ilyen eszközök, azonban ezek gyártása kizárólag ipari körülmények között lehetséges, beszerzésük pedig eljárásrendhez kötött.

azokat a markereket, melyek a vízállás folyamatos nyomonkövetése mellett támogathatják a tűzszerész szaktevékenységet szervezők munkáját.

A lőszermentesítés területén bemutatom a kialakult hazai helyzetet és robbanótesteket, mint kifejezetten veszélyes eszközöket. Ez azért fontos, mert az eredmény alátámasztja majd, hogy szükséges és érdemes átgondolni a határozottabb szabályozási és felügyeleti kereteket. A robbanótestek egyre nagyobb veszélyt jelenthetnek a szerkezetükben, töltetükben lezajló különböző folyamatok miatt, ezért hasznos és célszerű a kezelésüket, felkutatásukat is ezekhez a romló folyamatokhoz igazítani. Éppen ezért célom, hogy a nemzetközi szabványokat megvizsgálva kialakítsam egy olyan szervezet elvi struktúráját és nagybani feladatrendszerét, mely képes a hazai lőszermentesítést felügyelni és ellenőrizni. Az ehhez szükséges mélyebb jogi kérdések elemzését nem fogom elvégezni, mert az egy önálló értekezésre is elegendő kutatást igényelhet.

Ezt követően a robbanótestek azonosításának problematikáját vizsgálom, melyet kizárólag katonai eredetű robbanótestekre vonatkozóan fogok elvégezni. A probléma igazolására bemutatok egy konkrét robbanótest családot, nevezetesen a 10,5 cm-es magyar 1983/1933 M repesz-romboló és különleges töltetű gránátokat. A négy vizsgált eszköz esetében célom igazolni a pusztán vizuális módszerekkel történő azonosítás korlátait. Bemutatom és igazolom a teljes, minden kétséget kizáró azonosítás lehetőségét és javaslatot teszek a fenti négy robbanótest esetében ennek a kifejezetten fontos folyamatnak részleteire.

A kumulatív töltetekkel kapcsolatosan célom több részből áll. Első lépésként megvizsgálom, hogy az additív gyártás⁵ lehetővé teszi-e, hogy tűzszerész szakfeladatok során is alkalmazható eszközöket készíthessünk. Ez természetesen csak a töltetek alkatrészeinek elkészítésére vonatkozik, a robbanóanyag és gyújtószer vizsgálata nem része ennek a folyamatnak. A tervezési ciklus végére szeretném elérni, hogy készüljön egy olyan elektronikus modell, mely additív módszerekkel könnyen, viszonylag olcsón elkészíthető és nem szükséges a gyártóberendezéshez jelentős anyagi beruházás. Ez teremtheti meg a háttérét annak, hogy a szakemberek saját maguknak tudják elkészíteni a szükséges töltet alkatrészeket egy-egy feladathoz.

Az előző töltet tervéhez kapcsolódva szeretnék végrehajtani egy vizsgálati optimalizációs feladatot. Ennek a folyamatnak végére megjelölök egy olyan töltetváltozatot a vizsgált változatokból, mely egy célfeladatra lett méretezve. Ez a célfeladat egy közepes űrméretű

⁵ A gyártási eljárás során egy technikai eszköz rétegenként építi fel a kívánt tárgyat, eszközt. Több módszere ismert, melyek alkalmasak lehetnek akár összetett szerkezetek kialakítására is.

repsz-romboló vagy különleges töltetű tűzérési gránát falának megbízható és hatékony kilyukasztása. Ez a vizsgált töltet helyszíni körülmények során lesz feltöltve robbanóanyaggal és megszerelve gyújtószerrel.

Hipotézisek:

1. A globális éghajlatváltozás közvetlenül hatással van a hazai közszolgálati tűzserész szaktevékenységre, elsősorban a Duna alacsony vízállásai esetében, illetve azonosíthatók olyan markerek, adatok, melyek segíthetik előrelátóan tervezni a hatástalanítási feladatokat, ezzel optimalizálva az erőforrások felhasználását.
2. Szükséges és lehetséges kialakítani egy szabályozási, ellenőrzési szervet a magyar közigazgatás struktúrájában, amely megfelelő szakmai felügyeletet gyakorol a lőszermentesítés területén és képes annak szabályozási, szabványosítási háttérét kialakítani, annak fejlesztésében részt venni.
3. Feltételezem, hogy a vizuális módszer a hazai tűzserész gyakorlatban nem minden esetben alkalmas a minden kétséget kizáró azonosítás elvégzésére, viszont ennek technikai támogatásával kialakítható egy olyan metodika, mely hatékonyabbá, biztonságosabbá teheti egyes különleges töltetű robbanótestek kezelését.
4. Lehetséges olyan kumulatív töltetet tervezni, méretezni és modellezni, mely széles körben elterjedt additív gyártási módszerrel készül és reprodukálása nem igényel jelentős számítógéppel támogatott tervezési vagy 3D nyomtatási ismeretet.
5. Lehetséges alacsony sűrűségű anyagból, additív gyártási megoldással olyan kumulatív töltet alkatrészeit elkészíteni, mely képes egyes közepes űrméretű tűzérési gránátok kilyukasztására, ezzel igazolva a célfeladatra történő optimalizálás jelentőségét.

A KUTATÁSI MÓDSZEREK ISMERTETÉSE

A disszertációban Gőcze István kutatási módszertanát⁶ kívánom alkalmazni. A bemutatott problémákat alapkutatással és alkalmazott kutatással fogom megoldani. Ebben a tekintetben az első kérdéskör, mely az éghajlatváltozásnak a Duna alacsony vízállásainak tűzserész szakfeladatok tervezésére vonatkoztatott hatásait tartalmazza, alapkutatásnak minősül. Ezt leginkább megalapozza, hogy nincsenek korábbi tapasztalatok ezen a területen, illetve az eredmények befolyásolhatják a katonai szervezet működését,

⁶ GŐCZE István (2011): A tudományos kutatás módszerei. *Hadtudományi Szemle*, 4(3), 157–166. Online: https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/static/pdfs/web/viewer.html?file=https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/13609/2011_3_alt_gocze_istvan_157_166.pdf?sequence=1&mp:isAllowed=y

tevékenységének organizációját. Ezeket kiegészítve, az eredmények és módszerek átemelhetők lesznek majd más hasonló kérdések tisztázására.

A lőszermentesítés vonatkozásában már inkább alkalmazott kutatásról beszélhetünk. A kitűzött cél elérése érdekében máshol már bevett gyakorlat átemelésével és lokális harmonizációjával fogom megoldani a felvázolt problémát.

A gyakorlati jellegű problémamegoldás a különleges töltetű robbanótestek azonosítása és a kumulatív töltetek esetében egyaránt megállja a helyét, ezért ezek szintén alkalmazott kutatásnak minősülnek majd.

Az első kérdéskör az éghajlatváltozás egy konkrét hatását vizsgálja a tüzserész erőkre. Ezt a területet több kutatási módszer alkalmazásával fogom elemezni, melyek alapvetően elméleti logikai kutatási megoldások. Az adatokat matematikai statisztikai módszerrel fogom rendezni, hogy azokat összehasonlítva megismerjem az azonosságokat, irányvonalakat. Ezt követően indukció alkalmazásával általános következtetéseket fogok levonni a folyamatokkal kapcsolatban.

A lőszermentesítés kutatási problémáinak elemzésekor szintén elméleti-logikai módszereket fogok alkalmazni. Először bemutatom a jelenlegi helyzetet és összehasonlítom a nemzetközi iránymutatásokkal. Ezt követően analízissel és szintézissel megvizsgálom a körülményeket, hogy kialakíthassam a hazánk esetében alkalmazható felügyeleti szerv struktúráját és feladatrendszerét.

A különleges töltetű gránátok azonosításával kapcsolatban elméleti-logikai módszerrel fogom összehasonlítani a különböző robbanótesteket. Az azonosított eltérések jelentik majd azokat a szempontokat, melyek segíthetik a tüzserészek munkáját. A végleges eljárás kidolgozása érdekében empirikus módszert is alkalmazok. Katonai-technikai kísérlettel fogom igazolni a röntgenkészülék alkalmazásának szükségességét, mely demonstratív típusú vizsgálat lesz.

A kumulatív töltetek méretezésével kapcsolatban szintén vegyesen fogom alkalmazni a lehetséges módszereket. A tervezés, méretezés folyamatának előkészítését a már ismert eljárások összegyűjtésével kezdem. Ezekből az adatokból kiválasztom a megfelelő eljárást vagy elemeket, melyek megfelelnek a méretezési feltételeknek. A tervezést és gyártást követően katonai-technikai kísérleteket fogok elvégezni. Ezek a demonstratív kísérleti robbantások segítenek majd az optimalizálási folyamatban. A terület különlegessége, veszélyessége miatt a kezdeti kísérletek részben mesterségesek lesznek, melyek a későbbiekben neutrális minőségűvé válnak. Itt megjegyzem, hogy ez csak viszonylagosan neutrális kísérlet lesz, mert nem valódi

különleges töltetű robbanótesteken próbálom majd ki a hatékonyságukat, hanem azzal alapvetően megegyező paraméterekkel rendelkező fém gránáttesten, mely semmilyen veszélyes anyaggal sincs megtöltve. Ez a módszer az átütés szempontjából teljesen neutrálisnak minősül, a tervezett alkalmazás szempontjából azonban részben modellezett.

Az elvégezni tervezett vizsgálat sikeres végrehajtása tehát megköveteli, hogy a kutatási módszerek lehetőségeiből többet is alkalmazzak majd. Ezek a lehetőségek döntően a különös (részleges) módszerek közül kerülnek ki.

AZ ÉRTEKEZÉS FELÉPÍTÉSE

Az értekezés felépítése során alapvetően a felvázolt kutatási problémákat vettem alapul, melynek megfelelően négy szerkezeti egységre, fejezetre bontottam disszertációm.

Az első fejezet címe „A közszolgálati tűzszerész szakfeladatok aktuális kihívásai”. Az első felében a katonák által végzett közszolgálati tűzszerész feladatokhoz kapcsolódó riasztások adatait elemzem. Ezt regionális, valamint évenkénti bontásban hajtom végre, melyet a Dunához kötődő bejelentések elemzése követ. Ez azokat az időszakokat érinti, ahol azonosítható volt az extrém alacsony vízállás.

Az éghajlatváltozás hatásait vizsgálva kizárólag a Duna esetében végzek elemzést. Nem veszem számításba más felszíni vizeink esetében a tűzszerész szakfeladatokra gyakorolt hatást, illetve más éghajlatváltozásból fakadó lehetőséget sem fogok áttekinteni.

A második fejezet címe „A hazai lőszermentesítés kihívásai”. A fejezetben bemutatom a robbanótestekben rejlő legfontosabb veszélyeket, lejátszódó lehetséges folyamatokat, melyek indokolják a körültekintő munkavégzést és a biztonsági rendszabályok folyamatos fejlesztését. Ezt követően elemzem az építőiparhoz kapcsolódó lőszermentesítések lehetőségeit és a piaci szereplők működésének hazai kereteit. Bemutatom a nemzetközi sztenderdeket a területen és javaslatot teszek egy felügyeleti szervezet kialakítására, lehetséges feladatainak körére.

Ebben a fejezetben nem fogom részletesen vizsgálni a javasolt szervezet kialakításának jogi lehetőségeit és annak keretrendszerét. Kizárólag a szakmai kérdések szempontjából, azok jogalkotást támogató lehetőségeiről fogok értekezni, továbbá kizárólag a katonai eredetű robbanótestek veszélyeit fogom részletesen bemutatni. Ezt a területet pedig a II. világháborúból visszamaradt, évtizedekkel ezelőtt alkalmazott veszélyes eszközökre fogom fókuszálni.

A harmadik fejezet címe „Különleges töltetű tűzérési lőszeresek azonosításának kihívásai”. A fejezet elején bemutatom a II. világháborúban rendszerben volt különleges töltetű tűzérési gránátok típusait, kifejezetten a vegyi harcanyag töltetűekre fókuszálva, és a kor vegyi

harcának egyes sajátosságait. Az elemzés során megvizsgálom egy konkrét robbanótest-család esetében az azonosítás fontos szempontjait vizuális módszer esetén és bemutatom annak korlátait. Ezt követően ismertetem empirikus eredményeimet, melyek alátámasztják a kialakított eljárási rendet ezeknek a robbanótesteknek az azonosításában.

A vizsgálat során kifejezetten a 10,5 cm-es magyar 1938/1933 M tüzérségi gránátok repesz-romboló, ködsav-, kénmustár- és KLARK mérgező harcanyag töltetű változatait fogom bemutatni. A folyamatot is kifejezetten ezekre az eszközökre fogom kialakítani, bár az vélhetően más hasonló robbanótestek esetében is alkalmazható lesz majd a jövőben. A technikai eszközök bevonásánál kizárólag röntgenkészülékeket tervezek alkalmazni, bár más lehetőségek is adhattak lehetnek, melyek a tüzserész szaktevékenység során azonban nehezen megvalósíthatók.

A negyedik fejezet címe „Egyes tüzserész szakfeladatokhoz alkalmas kumulatív töltet kialakítása 3D nyomtató segítségével”. Ebben a részben bemutatom a kumulatív hatás felfedezésének és a kumulatív töltetek fejlesztésének kezdeti lépéseit. Ezt követően elemezni fogom a lehetséges méretezési eljárásokat. A lehetőségeket számításba véve végrehajtom az elvárt töltet főbb paramétereinek méretezését, meghatározását. A meglévő adatok alapján számítógépes technológiával megtervezem az alkatrészeket és megvizsgálom a gyártáskor számításba vehető additív eljárásokat.

A fejezet második felében az elkészült töltetalkatrészek gyártási paramétereit, körülményeit mutatom be. Ezt követően a végrehajtott három kísérleti robbantás alkalmával elvégzett tesztek eredményeit fogom ismertetni, hogy igazoljam a kiválasztott típus hatékony alkalmazhatóságát az egyes tüzserész szakfeladatok során.

A kísérleteket kizárólag egy anyag típus, két béléstest forma és öt átmérő változataival fogom elvégezni. A további variációk olyan mértékben növelnék a szükséges tesztek számát, mely egy önálló kutatócsoport, kutatóműhely létrehozását követelnék meg. Az additív gyártást is egy módszerre szűkítettem az anyagi lehetőségek és az előbbieken jelzett jelentős többletmunka miatt.

A formai követelményeket az érvényes Egyetemi Doktori és Habilitációs Szabályzat alapján alakítottam ki, melyekre ott nem volt iránymutatás – ideértve az idézési kapcsolatok külalakját is – a Ludovika Egyetemi Kiadó⁷ aktuális Szerzői útmutatóját vettem alapul. Az irodalomjegyzéket azonban kiegészítettem az internetes források letöltési idejével.

⁷ Nemzeti Közszerzői Egyetem Ludovika Egyetemi Kiadó (é. n.): *Szerzői útmutató*. Online: https://www.ludovika.hu/wp-content/uploads/2023/01/Kiadoi_utmutato_LEK2022.pdf

A disszertációban bemutatott eredmények tekintetében a kutatásaimat 2023. február 15-én zártam le. Az ezt követő esetleges befolyásoló tényezőket, új kutatási eredményeket nem fogom a tartalomba beemelni.

A RELEVÁNS SZAKIRODALMAK ÁTTEKINTÉSE

Az értekezésemben foglalt kutatómunka során több, a szakterületen jelentősnek számító kutató munkáját sikerült feldolgoznom. Ezek közül a jelentősebbeket a fejezetek sorrendjében mutatom be.

Elsőként dr. Padányi József legfrissebb (2022-ben megjelent) könyvét kell megemlítenem. A „Kihívások, kockázatok, válaszok. Az éghajlatváltozás okozta kihívások és azok hatásai a katonai erőre”⁸ című tanulmány korunk egyik legnagyobb kihívását, a globális éghajlatváltozást vizsgálja, mégpedig a katonai erők szempontjából. A tartalmát tekintve megismerhetők belőle a téma elméleti alapvetései, továbbá az éghajlatváltozás közvetlen hatásai a nemzeti biztonságra és katonák feladataira. Ebben a monográfiában egy különösen fontos részt is olvashatunk, melyben a szerző a Föld legnagyobb országainak a viszonyát elemzi a globális kérdéshez. Külön figyelmet kap az ivóvíz, mint egyre gyakoribb konfliktusforrás, de a haderők által folytatott károsanyag kibocsátást csökkentő kutatások is helyet kapnak benne. Az éghajlatváltozás lehetséges befolyásolása, mint több tekintetben kínos kérdés, szintén felmerül a monográfiában.

Dr. Lukács László tollából két írásművet is meg kell említenem. Ezeket nem fontossági sorrend, hanem a személyes, szubjektív rendszerem alapján mutatom be. A „Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből, különös tekintettel a továbbfejlesztés várható irányaira és a kor új kihívásaira”⁹ című monográfiában a szerző több évtizedes katonai robbantástechnikai területen végzett kutatómunkájának eredményeit mutatja be. Ez a könyv egyben egy részletes történelmi áttekintés a robbantástechnika egyes részterületeiről. A mű nem csak katonáknak, hanem a rendvédelem területén szolgálóknak is érdekes, hasznos információkat szolgáltat korunk egyes, robbantásokhoz kapcsolódó problémáiról. A könyvben elemző vizsgálat tárgya a robbantástechnika megújításának lehetősége, mely tekintetben az eddig kialakított értékeket a szerző fejlesztési alapnak tekinti, nem pedig elhagyható tényezőnek.

⁸ PADÁNYI 2022.

⁹ LUKÁCS László (2017): *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből, különös tekintettel a továbbfejlesztés várható irányaira és a kor új kihívásaira*. Budapest: Dialóg Campus, 21.

A fenti szerző következő írásműve egy felsőoktatási jegyzet 1992-ből, mely a kumulatív töltetekkel foglalkozik. Címe „A kumulatív hatás és a kumulatív töltetek méretezése”¹⁰ és a magyar nyelvű irodalmak tekintetében az egyetlen, mely ennyire részletesen foglalkozik a témával. A kumulatív töltetek fejlődéstörténetét részletesen megismerhetjük belőle, ami nagy segítség a következő részekben ismertetett hatásmechanizmusok, robbanásfizikai folyamatok megértéséhez. Ami számomra a legnagyobb segítséget nyújtotta, az a lehetséges méretezési megoldások gyűjteménye. Ez utóbbi része a jegyzetnek fontos alapot teremtett a kutatásaimhoz.

Dr. Daruka Norbert munkásságából szintén sokat merítettem. Értekezését „A bűnös célú/terror jellegű robbantások és az ellenük való védekezés lehetőségei, különös tekintettel a tűzszerész feladatok ellátására”¹¹ címmel készítette el 2013-ban, és azóta is aktívan kutatja ezt a területet. A művéből átfogó képet kaphatunk a tűzszerészekkel szembenálló egyes kihívásokról. Ez itt főként a nem hagyományos robbanótestek kezelését jelenti. Értekezésemben a szerző több további művét is felhasználtam forrásként.

A Bucsák Mihály és szerzőtársai által készített, szerkesztett kiadvány, melynek címe a „70 év az életveszély árnyékában. A magyar tűzszerész- és aknakutató alakulatok története”¹² 2015-ben jelent meg. Kiváló alapot szolgáltatott a tűzszerész tevékenység kialakulásának vizsgálatához. Gyakorlatilag a kötet minden érintett időszakot felölel, amikor a tűzszerészek hazánk területén feladatokat hajtottak végre.

Dr. Kovács Zoltán művei szintén fontos információkat hordoztak, többet idéztem belőlük. A műszaki támogatás tekintetében a „Gondolatok a műszaki támogatás és a műszaki zárás alapjairól”¹³ című írásmű megfelelő alapot szolgáltat a tűzszerész szaktevékenység rendszerbe helyezéséhez.

A különleges töltetű tűzérési gránátok kezelése különleges eljárásokat követel. Dr. Berek Tamás hazánkban hiánypótló írása, melynek címe „ABV (CBRN) tűzszerészcsoport,

¹⁰ LUKÁCS László (1992): *A kumulatív hatás és a kumulatív töltetek méretezése. Jegyzet a Szárazföldi Haderőnemi Fakultás műszaki hallgatói számára.* H. n.: Magyar Honvédség, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Műszaki tanszék.

¹¹ DARUKA Norbert (2013): *A bűnös célú/terror jellegű robbantások és az ellenük való védekezés lehetőségei, különös tekintettel a tűzszerész feladatok ellátására.* PhD disszertáció. Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola. Online: <https://doi.org/10.17625/NKE.2014.032>

¹² BUCSÁK et al. szerk. (2015): *70 év az életveszély árnyékában. A magyar tűzszerész- és aknakutató alakulatok története 1945–2015.* Budapest: Zrínyi.

¹³ KOVÁCS Zoltán (2002): Gondolatok a műszaki támogatás és a műszaki zárás alapjairól. *Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények*, 6(1), 30–35.

mint a biztonsági kihívásokra adott válaszlépés”¹⁴ a területen egyesítve mutatja be a tüzszerészek és vegyivédelmi szakemberek tevékenységét ilyen speciális esetekben.

A külföldi szerzők közül szeretném kiemelni Agu Henry Obediah doktori értekezését 2019-ből. Címe „The effect of 3D printed material properties on shaped charge liner performance”¹⁵ és kifejezetten hasznos volt számomra a kumulatív töltetek méretezése szempontjából. Szintén additív megoldásokat vizsgál a szerző, melyeket empirikus eredményekkel igazol. A bemutatott töltetek tekintetében fenntartásokkal fogadtam a paraméterek meghatározását, de a hatékonysági vizsgálatok minősége vitán felül áll.

Az alacsony sűrűségű anyagok felhasználása kumulatív töltetek béléstestének elkészítésére napjainkban a figyelem középpontjában van. Ez természetesen csak a kutatók egy része tekintetében igaz, viszont kínai szakemberek komoly eredményeket értek el a területen. 2019-ben B. H. Chang és társai „Numerical Simulation of Modified Low-Density Jet Penetrating Shell Charge”¹⁶ címmel publikáltak értékes tanulmányt. Szintén ebből az évből Jianya Yi és társai adták közre „Simulation Study on Expansive Jet Formation Characteristics of Polymer Liner”¹⁷ címmel a polimer béléstestekről szóló tanulmányukat.

A kumulatív töltetek méretezése szempontjából Paul W. Cooper „Explosive Engineering”¹⁸ című könyvét is felhasználtam. Az írásmű kifejezetten széles körben szolgáltat adatokat, módszereket és eljárásokat a polgári robbantástechnika gyakorlatilag minden területéről.

Természetesen nincs lehetőségem minden releváns tudományos alkotás bemutatására, azonban a kiválasztottakban azonosítható látásmód és a mű tudományos értéke meghatározó volt a kutatásaim fő irányának kiválasztásakor.

¹⁴ BEREK Tamás (2016): ABV (CBRN) tüzszerészecsoport, mint a biztonsági kihívásokra adott válaszlépés. *Bolyai Szemle*, 25(4), 22–34. Online: [https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/14564/ABV%20\(CBRN\)%20t%20szer%20szecsoport,%20mint%20a%20biztons%20gi%20kih%20v%20sokra%20adott%20v%20laszl%20p%20s.pdf?sequence=1](https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/14564/ABV%20(CBRN)%20t%20szer%20szecsoport,%20mint%20a%20biztons%20gi%20kih%20v%20sokra%20adott%20v%20laszl%20p%20s.pdf?sequence=1)

¹⁵ AGU, Henry Obediah (2019): *The effect of 3D printed material properties on shaped charge liner performance*. PhD disszertáció. Cranfield University. Online: <https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/handle/1826/15285>

¹⁶ CHANG, B. H. et al. (2015): Numerical Simulation of Modified Low-Density Jet Penetrating Shell Charge. *International Journal of Simulation Modelling*, 14(3), 426–437. Online: [https://doi.org/DOI:10.2507/IJSIMM14\(3\)5.295](https://doi.org/DOI:10.2507/IJSIMM14(3)5.295)

¹⁷ YI, Jianya et al. (2019): *Simulation Study on Expansive Jet Formation Characteristics of Polymer Liner*. *Materials*, 12(5), 744. Online: <https://doi.org/10.3390/ma12050744>

¹⁸ COOPER, Paul W. (1996): *Explosive Engineering*. New York: Wiley–VCH.

1. FEJEZET

A KÖZSZOLGÁLATI TŰZSZERÉSZ SZAKFELADATOK AKTUÁLIS KIHÍVÁSAI

„Nézz a dolgok mélyére! Sajátos tulajdonságaik vagy értékük egyetlen esetben se kerüljék el figyelmedet.”¹⁹

Marcus Aurelius

A fegyveres konfliktusok, a háborúk sok állam és nemzet működésére vannak hatással. Ezek direkt és indirekt folyamatok is lehetnek, de mindenképpen fontos tény, hogy azok a leginkább érintett területek, ahol a valós konfliktusesemény zajlik. A fegyveres összecsapások következtében az adott térségben sok esetben szörnyű pusztítás marad hátra, mely évtizedekig is megkeserítheti a helyi lakosság életét. Ebben jelentős szerep jut a fel nem robbant robbanótesteknek és már látható, azonosítható és igazolható adat, hogy ezek a veszélyes eszközök egy évszázadon átnyúlóan is képesek problémát okozni, életveszélyt teremteni. Ebben a tekintetben az I. világháború során alkalmazott eszközökről van szó, melyek ugyan nem jelentős számban, de folyamatosan jelen vannak a hatástalanításukra kijelölt MH 1. Tűzseréssz és Folyamőr Ezred (MH 1. TFE) életében.

A II. világháborúban bevetett robbanótestek közel nyolc évtized távlatából jelentenek hasonló életveszélyes kihívást. Esetükben a legnagyobb probléma a jelenleg is általánosnak tekinthető 2000 bejelentés évente, melyet a tűzseréssz szakembereknek kezelniük kell. Nap, mint nap szükséges kockára tenni az életüket, hogy a lakosság biztonsága és Magyarország gazdaságának folyamatos működése biztosítva legyen.

Kitűzött kutatási céljaim illeszkednek a hadtudomány területén mérvadónak tekinthető kutatási irányokhoz.²⁰ A vizsgálatom tárgya ebben a fejezetben, hogy elemezzem több év tűzseréssz statisztikai adatait, összevetve a feltételezett robbanótestek bejelentésével kapcsolatos adatok alakulását. Elsősorban az éven belüli ingadozásokra helyezem a hangsúlyt annak érdekében, hogy egyértelműen azonosítható képet kapjak a bejelentések havi eloszlását illetően. Ezt követően a vármegyénkénti megoszlást veszem majd vizsgálat alá, hogy elemezzem a hadtörténelmi tények alapján szennyezettnek tartott, gondolt területek,

¹⁹ AURELIUS, Marcus (2019): *Elmélkedések*. Ford. Huszti József. H. n.: Helikon, 64.

²⁰ BODA József et al. (2016): A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök. *Államtudományi Műhelytanulmányok*, 16. 1–23. Online: <http://www.med.u-szeged.hu/download.php?docID=90702>

országrészek vonatkozásában a riasztási adatokat. Ezek után az előkerült robbanótestek megoszlását fogom vizsgálni, szintén évenkénti bontásban.

Kiemelten fontos területnek tartom napjainkban a megváltozó időjárásból fakadó szervezési nehézségek okainak feltérképezését. Ennek érdekében a Dunán kialakult, egyre növekvő számú alacsony vízállásokat fogom elemezni, abból a célból, hogy indikátorokat találjak a szervezési feladatterhek felkészült kezelésére.

A közszolgálati tűzserész szaktevékenység vizsgálatával kapcsolatban kialakított hipotézisem a következő:

A globális éghajlatváltozás közvetlenül hatással van a hazai közszolgálati tűzserész szaktevékenységre, legalábbis a Duna alacsony vízállásai esetében, illetve azonosíthatók olyan markerek, adatok, melyek segíthetik előrelátóan tervezni a hatástalanítási feladatokat, ezzel optimalizálva az erőforrások felhasználását.

A fenti hipotézis beigazolódása esetén az eredmények figyelembe vételével kísérletet teszek egy tervezési segédlet kialakítására, mely az MH 1. TFE kijelölt szervezeti egysége részére nyújthat megfelelő támpontot a különböző kihívások kezelésében. Itt fontosnak tartom kiemelni, hogy tapasztalataim és információim szerint az alakulat minden szakfeladatát ellátja a jogszabályi keretek között. Az eredmények azonban gazdaságosabbá, gyorsabbá és jobban szervezhetővé tehetik ezeket a feladatokat.

Ki kell térnem azokra területekre, melyek ebben a szegmensben nem kerülnek vizsgálat alá. A tűzserész közszolgálati feladatokat kizárólag a MH feladatai vonatkozásában fogom elemezni. A Belügyminisztérium (BM) tűzserész szervezeteit és tevékenységüket nem fogom semmilyen tekintetben sem vizsgálni. A robbanótestek vonatkozásában is kizárólag katonai eredetű, hagyományos robbanótesteket fogok a kutatásba bevonni. A terrorizmus, mint korunk egyik legnagyobb kihívása,²¹ valamint annak legborzasztóbb fegyverei, az improvizált robbanótestek²² nem képezik a vizsgálat tárgyát, mivel hazánkban ez a terület a BM hatáskörébe tartozik.

²¹ TOMOLYA János – PADÁNYI József (2012): A terrorizmus jelentette kihívások. *Hadtudomány*, 22(3–4), 34–67.
Online: https://www.mhtt.eu/hadtudomany/2012/3_4/HT_2012_3-4_Tomolya_Padanyi.pdf

²² KOVÁCS Zoltán (2012b): Fontos létesítmények IED elleni védelme. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22(ksz.), 35–44.
Online: https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2012_k_05%20IED%20elleni%20v%C3%A9delem%20-%20Kov%C3%A1cs_Z.pdf

1.1 A MAGYAR KÖZSZOLGÁLATI TŰZSZERÉSZET TÖRTÉNETE

Mint sok magyar szó és kifejezés, a tűzszerész szavunk is német eredetű. Az egykori „Feuerwerksmeister” kifejezést olyan szakemberekre alkalmazták, akik a tűzéség gránátjainak összeállításával és azok harci hatékonyságának növelésével foglalkoztak. A minőség ellenőrzésében is jelentős szerepük volt, hiszen az I. világháború előtt a tűzéségi eszközök gyári átvétele, a különböző bevizsgálások és ellenőrzések a feladataik közé tartoztak. Ha egy eszközt vagy sorozatot nem találtak megfelelő minőségűnek vagy gyártási hibát tapasztaltak, akkor a megsemmisítést is nekik kellett elvégezni. A feladataikat a kirobbant I. világháború tovább szélesítette, a műveletek során hátrahagyott robbanótestek kezelése is rájuk maradt. Ez az új feladat annak volt köszönhető, hogy ezt megelőzően még sohasem használtak fel, hagytak hátra a harcok során ennyire elképesztő mennyiségben robbanásképes eszközöket. A kiképzett, robbantásos megsemmisítésre felkészített állomány tehát tetemes mennyiségben hajtotta végre feladatait, mert a harcoló állomány életét egyre inkább megkeserítették, a manővereket pedig akadályozták ezek az eszközök. A háború lezárásának következtében a feladataik szinte elenyésztek. A korábbi műveleti területeket elcsatolták hazánktól, ezért nem kellett a továbbiakban hatástalanítási feladatokat végezni a hátra maradt hadianyagok tekintetében. Ez óhatatlanul is egy értékes képesség leépülését eredményezte.²³

A két világháború közötti időszakban lezajlott haditechnikai fejlesztések a hadseregek arzenáljába kerülő robbanótestek palettáját is jelentős számban szélesítették. Ez azonban még nem volt elég alap a tűzszerész képesség visszaállítására. Arra egészen 1939-ig kellett várni hazánkban, hogy megjelenjenek az úgynevezett légoltalmi tűzszerészek. A légoltalom vonatkozásában a fel nem robbant légibombák hatástalanítása kifejezetten fontos feladat volt, megkezdődött tehát a szakemberek viszonylag nagyarányú felkészítése erre a különleges képzettséget igénylő feladatra. A HM alárendeltségében a háború végéhez közeledve már több, korszerű felszereléssel rendelkező tűzszerész járőr tartozott.²⁴

A II. világháború utolsó éve elhozta a háború borzalmát minden magyar ember számára. Hazánk hozzávetőleg hat hónapig volt a műveletek színtere. Itt már a szó szoros értelemben a családok életének részévé váltak a szárazföldi harcok borzalmi. Az ország szinte minden szeglete érintett volt kisebb-nagyobb részben a fegyveres konfliktusban, és ez a hathónapnyi

²³ POSTA Lajos (2015): A tűzszerész és aknakutató tevékenység megjelenése Magyarországon. In BUCSÁK et al. (szerk.): *70 év az életveszély árnyékában. A magyar tűzszerész- és aknakutató alakulatok története 1945–2015.* Budapest: Zrínyi, 13–14.

²⁴ POSTA 2015: 14–18.

elkeseredett küzdelem teremtette meg a mai is ismert, bevett gyakorlaton alapuló tűzszerészetet hazánkban.

A háború lezárása után mielőbb meg kellett kezdeni az ország gazdaságának, mindennapi életének beindítását. Ebben azonban jelentős akadályozó tényező volt összesen 120.000 katasztrális hold²⁵ elaknásított földterület. A robbanótestekkel szennyezett területek mentesítése a legfontosabb feladatok közé került, mert a gazdaság egyik meghatározó ágazatát, a mezőgazdaságot segítette újraindulni. Kezdetben a szovjet csapatok is segítették ezt a folyamatot, de a hátrahagyott eszközök száma és az aknamezítésre szoruló területek mérete jelentős erőforrásokat kívánt. Ennek köszönhetően a bolgár származású Alekszandr Dimov őrnagy és Fodor Alajos alezredes a mai Somogy vármegyében egy műszaki zászlóalj vezetésével lett megbízva. Az alakulat jelentős mennyiségű aknamezítőt számolt fel a térségben. Az életveszélyes munkát kezdetben hadifoglyok közül toborzott önkéntesek végezték, akiknek egy gyors felkészítést követően azonnal munkába kellett állniuk. A többszáz önkéntes hadifogoly tetemes mennyiségű munkát végzett el, azonban ennek az ára az volt, hogy jelentős számban adták életüket az aknamezítést végzők.²⁶

A kezdeti akadályok az aknamezők voltak, melyek tehát akadályozták a földművelést. Ez a probléma később az aljnövényzet kezeletlen burjánzásával fokozatosan nőtt. Mivel a tevékenység egy meghatározott terepszakaszra korlátozódik, az egyre nagyobb és sűrűbb növényzet hátráltatja a munkát, a mentesítés ütemét ilyenkor egyre nagyobb létszám bevonásával lehet csak fenntartani. A tűzéri eszközök vagy légibombák esetében viszonylag kisméretű területen, egy pontszerű helyszínen kell dolgozniuk a szakembereknek. Mivel ezeket behatárolni nem lehetett és ma sem lehet, az ilyen eszközök, robbanótestek kezelése manapság is gyakori feladata az MH 1. TFE állományának.

A II. világháborút követően elvégzett tűzszerész szakfeladatok néhány kiemelkedő részlete, mely szemlélteti az elvégzett életveszélyes tevékenység volumenét:²⁷

- 1946. augusztus 10-ig 243.384 db aknát hatástalanítottak a szovjet alakulatok;
- 1945. május – 1947. február időszakban 1.461.425 db aknát semmisítettek meg Magyarország területén, mely tevékenység 90.000 katasztrális hold területet adott vissza a gazdaságnak;

²⁵ KOVÁCS Tibor – NYERS József – PADÁNYI József (2012): *Építünk, védünk, alkotunk. A műszaki csapatok története 1945-től napjainkig*. Budapest: Zrínyi, 25.

²⁶ POSTA 2015: 30–31; FEHÉR János (2006): Akna és lőszermentesítés Somogyban. In HAJDU Ráfis János – PAPP János (szerk.): *Aknászok, tűzszerészek. Hős magyar honvédek a II. világháborúban és az azt követő években*. Mezőkövesd: Legatum, 34–39.

²⁷ KOVÁCS – NYERS – PADÁNYI 2012: 32–34.

- csak 1945-ben 577.300 db akna semmisült meg hatástalanítási tevékenység során, ez hét katonai kerületet érintett;
- 1945. május – 1946. november időszakban a tüzserészek 650 tonna robbanóanyagot termeltek ki a robbanótestekből, amelyet többek között jégvédekezésre és egyes bányászati feladatokra használtak fel a későbbiek során;
- 1945. március – 1948. szeptember időszakban 1.000–1.200 fő tüzserész végzett szakfeladatokat hazánkban, közülük több mint 200 fő neve szerepel a hősi halottak nyilvántartásában.

Amint a gazdaság, a mezőgazdaság megindulhatott és az új politikai irány is kikristályosodott hazánkban, megkezdődött a műszaki alegységek és egységek, közöttük a tüzserész szakfeladatok végzésére kijelölt szervezetek folyamatos átszervezésének időszaka.²⁸ Az átszervezések sok esetben követték az akkor aktuális trendeket az előkerült robbanótesteket illetően. Mivel az aknamezők lassacskán eltűntek, a feladatrendszer is megváltozott. A megváltozott feladatok új struktúrát igényeltek a végrehajtáshoz és ez szükséges alapja volt a fent említett átalakításoknak.

Az 1980-as években a BM alárendeltségében megalakult egy tüzserész egység, mely az improvizált robbanótestek kezelésével volt hivatott foglalkozni.²⁹ A terror fegyverei, a köznyelvben pokolgépként emlegetett eszközök³⁰ hatására tehát szét kellett választani a két feladatrendszert egymástól, mert azok jelentősen eltérő szakmai tapasztalatot és gondolkodásmódot igényeltek. Ez a széttagolás napjainkban is létezik. A MH tüzserészei kizárólag a katonai eredetű robbanótestek kezelésére jogosultak hazánkban, a terroristák eszközeit pedig csak a Készenléti Rendőrség (KR) speciálisan felkészített szakállománya kezelheti. A MH nemzetközi szerepvállalásai azonban szükségessé teszik, hogy a katonák is rendelkezzenek ilyen képzettséggel, mivel külföldön, nemzetközi feladatok során előfordulhatnak improvizált robbanótestek hatástalanítását célzó tevékenységek is.

A többmillió hatástalanított robbanótestet tekinthetjük tehát egy kiemelkedő szakmai alapnak, mely a ma hazánkban ismert tüzserészetet megformálta. A szervezetek folyamatos

²⁸ KOVÁCS – NYERS – PADÁNYI 2012: 60–241.

²⁹ LÁNG László – BUCSÁK Mihály (2015): A „Vörös Zászló Érdemrenddel kitüntetett” 1. Önálló Tüzserész és Aknakutató Zászlóalj. In BUCSÁK et al. (szerk.): *70 év az életveszély árnyékában. A magyar tüzserész- és aknakutató alakulatok története 1945–2015*. Budapest: Zrínyi, 83–84.

³⁰ KOVÁCS Zoltán (2012a): Az improvizált robbanóeszközök főbb típusai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22(2), 37–52. Online: https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2012_2_03%20IED-k%20f%C5%91bb%20%C3%ADpusai%20-%20Kov%C3%A1cs%20Z.pdf; DARUKA Norbert (2012): Terroristák és taktikák, avagy védekezz, ha tudsz. *Repüléstudományi Közlemények*, 24(2/ksz.), 33–41. Online: https://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2012_cikkek/02_Daruka_Norbert.pdf

változása alapvetően jól lekövette az elvárt feladatokhoz kapcsolódó igényeket és az előkerült, hatástalanítandó gránátok és bombák megoszlását. Fontosnak tartom megemlíteni, hogy az a hatalmas tudásbeli örökség, melyet az elődök hagytak a szakemberekre többszáz egykori bajtárs halálának tapasztalatain alapul. A tüzszerész katonák esetében ezért elvárás, hogy tiszteljék ezt a tapasztalatot, álljanak a feladataikhoz kellő alázattal és alapos felkészültséggel.

1.2 A KÖZSZOLGÁLATI FELADATOK AKTUALITÁSAI

A fent bemutatott történelmi áttekintés következtében nem meglepő a tény, hogy több mint hét évtizede a talajban rejtőző robbanótestek hatással lehetnek esetenként több ezer ember életére. Egy régen lezárt háború emlékei nem csak a levéltárakban és veterán találkozókön kerülnek elő, hanem a kertekből, óvodák udvarából, társasházak földemjéből és felszíni vizeinkből.

A MH 1. TFE tüzszerész katonái számára a II. világháború technikai értelemben még nem fejeződött be. Minden nap felveszik a harcot a háború veszélyes maradványaival, hogy biztosítsák a magyar állampolgárok biztonságát, anyagi javaik védelmét. Szerencsére néhány tekintetben az idő nekünk dolgozott, mert manapság már nem többmilliószámra kell évente megsemmisíteni az ország területén megtalált robbanótesteket. Ez persze nem azt jelenti, hogy csekély mennyiségről lenne szó, de arányaiban tényleg jelentős visszaesés tapasztalható az 1945-ös esztendőhöz képest.

A közszerész feladatok szervezése egy több évtized alatt kimunkált rendszerben zajlik.

A területet szabályzó 142/1999. (IX. 8.) Kormányrendelet a tüzszerészeti mentesítési feladatok ellátásáról [142/1999. (IX. 8.)] alapján bejelentett katonai eredetű robbanótestek hatástalanítását a MH kijelölt alakulatának kell elvégeznie. Ez a kijelölt alakulat a MH 1. TFE, ahol a MH Tüzszerész Ügyelete is felállításra került a feltételezett robbanótestekkel kapcsolatos bejelentések rögzítésére.

A fent említett bejelentés megtételére azonban nem mindenki jogosult, viszont mindenkinek kötelező teendője van, ha feltételezett robbanótestet talál vagy annak helyéről tudomást szerez. Aki ilyen helyzetbe kerül, annak azonnal értesítenie kell a helyileg illetékes rendőri szervet, ennek hiányában az érintett település jegyzőjét. A Rendőrség kirendelt állománya vagy a jegyző az előkerült eszközt a helyszínen megsemmisíti, meggyőződik a bejelentés valódiságáról, megjelöli és elhelyezik a robbanásveszélyre figyelmeztető felhívást,

majd értesítik a MH Tűzszerész Ügyeletét. A bejelentést követően a jegyzőnek végső soron kötelessége a Rendőrséget is tájékoztatnia a bejelentéséről.³¹

A helyszíni szemlére nem kizárólag a rosszindulatú, hamis bejelentések elkerülése érdekében van szükség. A kikerülő rendőröknek például olyan információ is a birtokába juthat, mely jelentősen megváltoztathatja a bejelentés elintézését. Ebben a tekintetben például, ha az előkerült feltételezett robbanótest bűncselekményhez kötődik, valaki bűnös céllal helyezte el, akkor a riasztás nagy valószínűséggel a KR hatáskörébe fog tartozni. Egyéb tekintetben a helyszíni szemle során a rendőröknek lehetőségük van szakértő segítségét kérni,³² amennyiben ilyen képzettségű személy a rendelkezésre áll. Ezzel elkerülhető, hogy egy jó szándékkal bejelentett, de valójában nem robbanótest miatt érkezzen ki a megtalálás helyére szakállomány. Természetesen ebben a tekintetben jobb az eggyel több bejelentett nem robbanótest, mint az eggyel kevesebb valódi.

Bejelentést a MH Tűzszerész Ügyeletére a megtalálók közvetlenül nem, csak hivatalos szerv útján tehetnek a fent bemutatott eljárásban. Azonban a folyamatnak itt még koránt sincs vége. A beérkezett bejelentést a MH 1. TFE szolgálati személyei kategóriákba sorolják, mely alapján előfordulhat, hogy a tűzszerész járőrt soron kívül kell kirendelni, vagy csak 30 napon belül.

A besorolás alapja döntően a tárgy helyzetéhez, elhelyezkedéséhez köthető, a feltételek nagy része is ezzel harmonizál.

A soron kívüli kategória feltételei:³³

- a) „lakóépületben,
- b) oktatási, nevelési, szociális, egészségügyi vagy más közintézmény területén,
- c) vízi vagy szárazföldi útvonalon, közforgalmú repülőtéren,
- d) közterületen,
- e) vízi létesítmény belső védőterületén lelték fel és a vízszolgáltatást akadályozza; illetve
- f) az egyéb helyen talált robbanótest sürgős tűzszerész mentesítése alapos okból indokolt.”

A Kormányrendelet minden egyéb esetben 30 napon belül elintézendő mentesítési feladatot határoz meg.³⁴

³¹ 142/1999. (IX. 8.): 2. §.

³² 142/1999. (IX. 8.): 2. §. (2) a).

³³ 142/1999. (IX. 8.): 2. §. (3).

³⁴ 142/1999. (IX. 8.): 2. §. (4).

A fenti kategorizálási gyakorlat alapvetően megfelel a célnak. Sok tekintetben értelmetlennek tűnhet, hogy a helyszín a legfontosabb szempont, de a robbanótestek veszélyességét ismerve, már teljesen logikusnak tűnik. Ezek a katonai eszközök, ha nyugalomban vannak, nem érik őket mechanikai hatások, akkor néhány kifejezetten extrém helyzet kivételével nem robbanhatnak fel. Ebben a tekintetben a különböző lőszer, gránátok és bombák egy forgalmas közterületen nagyobb érdeklődésre tartanak számot, ilyen esetekben általában a társszervek biztosítják a helyszínt a tűzszerész állomány megérkezéséig. Ezzel elkerülhető, hogy a kíváncsiskodók megmozdítsák, elvigyék a robbanótestet, ezzel ön- és közveszélyes helyzetet teremtve. A másik tekintetben egy családi ház hátsó veteményesében, ahol illetéktelenek nem férhetnek hozzá, vagy egy erdőben, távol a közlekedési útvonalaktól az előbbi probléma nem állhat fenn. Mindezeket túl a közösségi intézmények tekintetében sok ott megforduló, ott munkát végző embernek frusztráló lehet a tudat, hogy a közelükben van egy ilyen veszélyes eszköz.

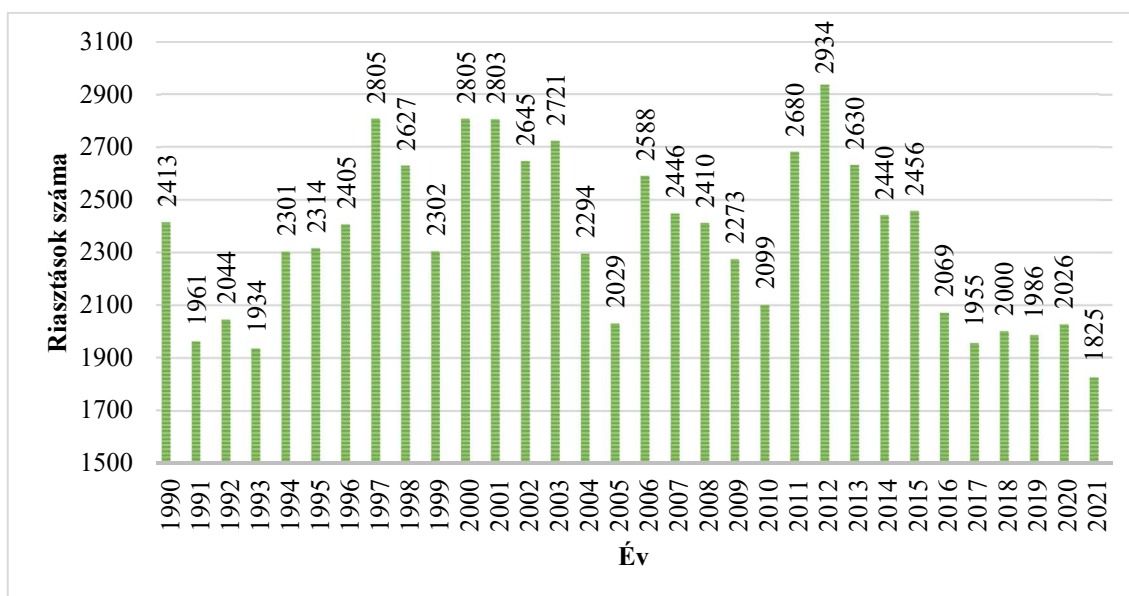
Természetesen azonban vannak olyan tényezők, melyek egy alapvetően nem soron kívüli besorolású helyszín esetében is megkívánják a soron kívüli intézkedést. Ilyen esetek lehetnek például, ha az előkerült feltételezett robbanótesttel érintett területre védett személy, közjogi méltóság érkezik vagy egyszerűen olyan helyzetet teremtett az óvatlan megtaláló, hogy azzal veszélyesebbé tette a kialakult helyzetet. Ez utóbbira remek példa lehet a véletlenül kézbe került robbanótest elhelyezése egy instabil farakáson; ilyen esetben sürgős intézkedés lehet szükséges. Fontosnak tartom azonban megjegyezni, hogy a nem soron kívüli bejelentések esetében a mentesítésre általánosságban a megengedett 30 napnál jóval rövidebb idő alatt kerül sor, gyakorlatilag néhány nap után megérkeznek a szakemberek.

Mielőtt azonban a szakemberek megérkeznek és mielőtt a tűzszerész alegységet kirendelik, a rögzített, kategorizált bejelentés elintézésének a várható részleteiről a MH Tűzszerész Ügyelete a bejelentőt tájékoztatja. Ilyenkor szakemberek javasolhatják védelmi intézkedések fogantatását is, melyet a bejelentőnek el kell végeznie. Ez utóbbi folyamat megtörténhet közvetlenül a bejelentés vételekor.³⁵

1990 óta a 2021-es év végéig 75.220 db riasztást rögzítettek az MH 1. TFE tűzszerész katonái (1. ábra). Az eltelt 32 esztendő tehát nem volt unalmas számukra, az évi átlagos bejelentésszám hozzávetőleg 2.351 db. Ez azt jelenti, hogy minden egyéb hatást és időszakot figyelmen kívül hagyva naponta átlagosan 6–7 db helyszínt kellett a fenti kategóriákba besorolni. Ez nem egy elenyésző szám, mert egyetlen szervezet jogosult ezeket a bejelentéseket

³⁵ 142/1999. (IX. 8.): 2. §. (2) d); 3. §. (2).

kezelni, nincsenek vármegyei vagy egyéb szerveződések a riasztások kezelésére. Ebben a 32 évben 2012 kiemelkedő év volt a maga 2.943 db riasztásával és 2021-et azonosíthatjuk a legkevesebb feladattal járó évnek, mert csak 1.825 db alkalommal vonultak ki a szakemberek feltételezett robbanótestek miatt. Az adatok elemző vizsgálata során látható egy határozott csökkenő tendencia, mintha elfogni látszanának a robbanótestek. Ez azonban korántsem igazolt, ugyanis korábban is volt hasonló időszak, mégpedig 1991–1993. Eseti visszaesést is tapasztalhattunk, amire a 2010-es év lehet megfelelő példa.



1. ábra: Tűzserész riasztások száma Magyarországon 1990–2021 között

Forrás: KOVÁCS Zoltán – EMBER István (2023): A közszolgálati tűzserészet aktuális kihívásai. In GŐCZE István – PADÁNYI József (szerk.): Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában. Budapest: Ludovika, 189, 1. ábra.

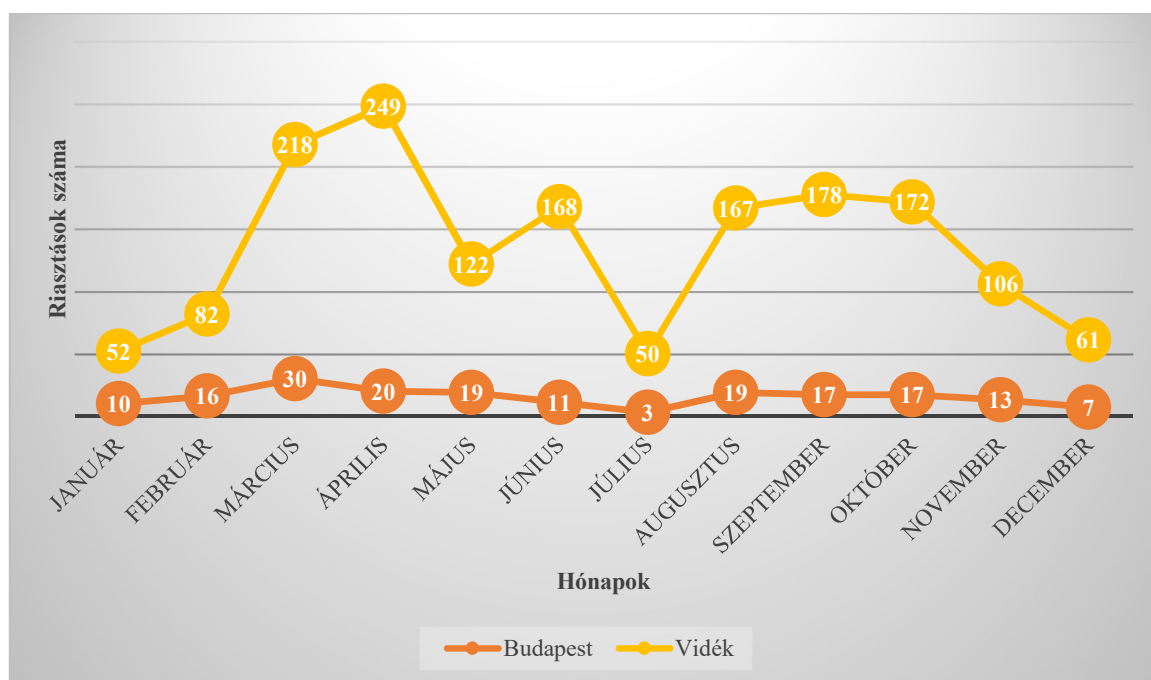
Óhatatlan, hogy ezek a döntően a talajban rejtőző veszélyes eszközök előbb-utóbb elfognak, de véleményem szerint ennek nem a következő évtizedekben jön el az ideje. Az elfogyást is érdemes lehet fenntartásokkal kezelni, mert amíg vannak olyan építőipari beruházások, melyek korábban nem beépített területen indulnak meg, addig például várható egy-egy robbanótest felbukkanása. Ez urbanizált területeken is igaz, hiszen jelentős számban kerülnek elő városainkból is robbanótestek. A fogyás ebben a vonatkozásban inkább a riasztások számának hosszabb időszakra elhúzódó, de alapvetően lépcsőzetes csökkenésében jelenik majd meg.

1.2.1 A riasztások éves és havi bontásban készült adatainak elemző vizsgálata

Fontosnak tartom megvizsgálni a MH Tűzserész Ügyeletén rögzített bejelentések alakulását annak érdekében, hogy értelmezhető kép alakuljon ki az esetszámok dinamikájáról, illetve az

esetlegesen beazonosítható indikátorok vonatkozásában. A 2019 és 2021 közötti időszak részletes elemzésével fogom elvégezni a vizsgálatot, mely során a budapesti és vidéki bejelentéseket elkülönítve elemzem és vetem össze, annak érdekében, hogy beazonosíthatók legyenek a különböző hatások forrásai, mint a mezőgazdaság és az építőipar. Ezt követően a vármegyék tekintetében is elemzem majd a fenti időszakot, hogy beazonosíthassam, igazolhassam a korábbi állításokat, feltételezéseket a robbanótest-szennyezettség vonatkozásában. Természetesen a robbanótestek tekintetében is ellenőrizni fogom a trendeket és megállapítom majd a leggyakoribb kategóriákat.

Az építőipari vonatkozás mellett a másik folyamatos bejelentést generáló gazdasági terület a mezőgazdaság. Ha a gazdálkodásba új, korábban nem művelt területeket vonnak be, ott is számítani lehet majd robbanótestek felbukkanására. Ezek az állítások természetesen nem minden kétséget kizáróak, előfordulhat olyan projekt vagy földművelésbe bevonás, ahol egyetlen veszélyes eszközt sem kell hatástalanítani, de Magyarország tekintetében nehéz olyan országrészt meghatározni, ahol jellemzően nem fordulnak elő robbanótestek.



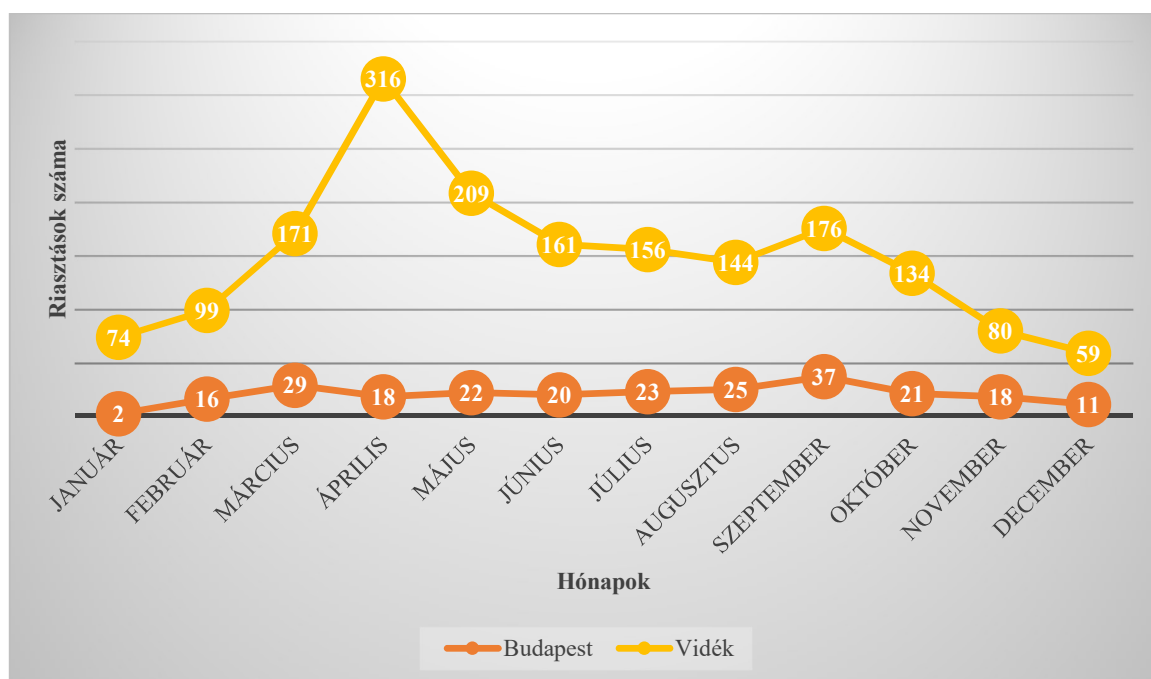
2. ábra: Tűzserész riasztások havi eloszlása 2019-ben

Forrás: KOVÁCS–EMBER 2023: 190, 2. ábra.

A 2019-es esztendőben érkezett 1.986 db riasztás havi eloszlása alapján (2. ábra) a vidék vonatkozásában szembejövő, hogy a téli időszakban kevesebb robbanótest került elő. Viszont a tavaszi időszakban, március és április hónapokban hirtelen megnövekedett a feltételezett robbanótestekkel kapcsolatos bejelentések száma. A hirtelen megugrás oka a tavaszi földmunkák megkezdése lehet, de a legtöbb építkezés földmunkáit is ebben az időszakban

kezdik meg a beruházók. Ezt követően októberig kiegyensúlyozott esetszámokat láthatunk, kivéve július hónapot. Júliusban egy megmagyarázhatatlan esés mutatkozott, de ennek további elemzésére nem fordítok figyelmet, ha a későbbiekben ismétlődést tapasztalok, akkor fogom anomáliaként kezelni és tovább vizsgálni az esetet.

A főváros bejelentéseinek száma ugyanezen időszakból enyhe ívben harmonizál a vidéki bejelentések számával. A tavaszi növekedést itt is követi a júliusi visszaesés, majd szintén látszik a koherens szakasz októberig. Budapest esetében is előfordulhat, hogy a mezőgazdaság, a konyhakertek művelése hozzájárult a tavaszi bejelentési szám emelkedéséhez, de én inkább a meginduló építőipari folyamatokat tartom a fő oknak.



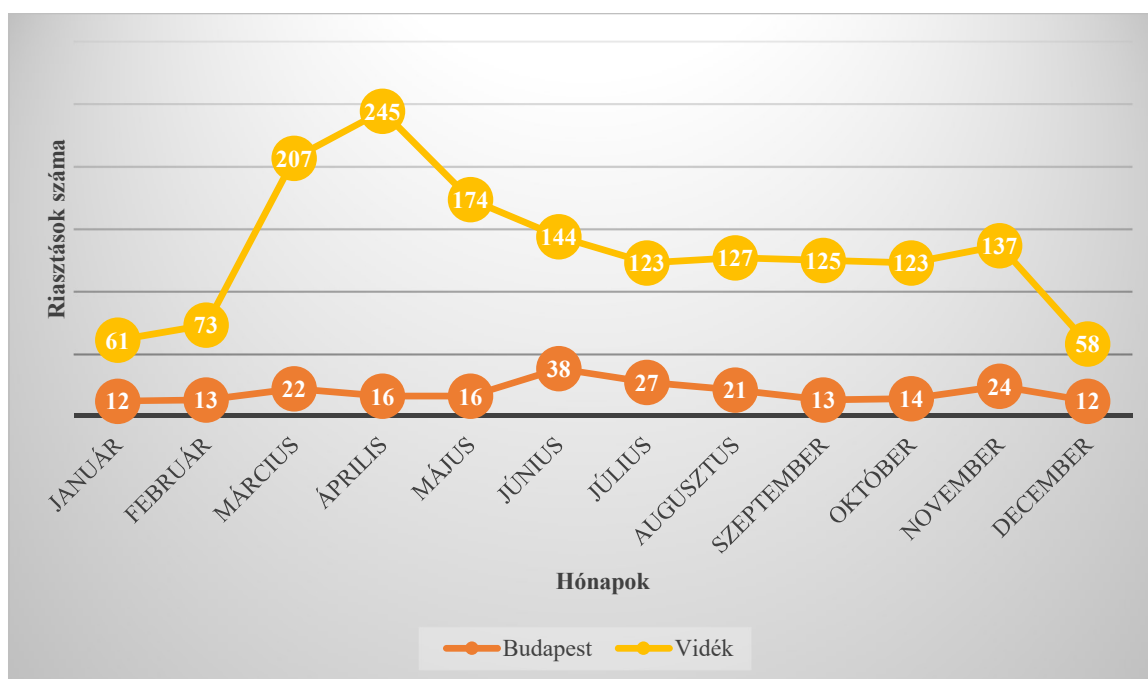
3. ábra: Tűzserész riasztások havi eloszlása 2020-ban

Forrás: KOVÁCS–EMBER 2023: 191, 3. ábra.

2020-ban az előző évihez képest 30 darabbal több riasztást regisztráltak, összesen 2.026 db esetet. A vidék vonatkozásában a havi megoszlású adatok (3. ábra) szintén alacsony számokat mutatnak a téli időszakban, és itt is jól azonosítható a tavaszi időszak hirtelen felfutása. A márciusi és áprilisi bejelentési számok jelentős növekedést mutattak, az áprilisi 316 db helyszínről érkezett riasztás kifejezetten nagy terhet jelenthetett a szakállománynak és a szakfeladatok megtervezése során egyaránt. Természetesen nem tapasztalhattunk a jogszabályi keretek között nem megvalósuló mentesítési feladatot a jelzett hónapban, de ez a dinamikus hatás egészen biztosan dinamikus munkaszervezést és végrehajtást követelt. A májusban elkezdődött lecsengés június és szeptember között normalizálódott egy közepes értéken, ezt követően októbertől visszaállt a téli időszakra jellemző mintára az esetszámok

alakulása. Különlegesnek tartható növekmény vagy csökkenés nem volt azonosítható az év során.

Budapest tekintetében a szokásosnak tartott esetszámok érkeztek. A téli időszakban itt is jellemző volt a mérsékelt bejelentési szám. A márciusi emelkedés ellenére azonban áprilisban ismét csökkenés látszik. Ezek után kiegyensúlyozott időszak következik szeptemberig, ahol egy csúcs azonosítható 37 db riasztással. Ez utóbbi harmonizál a vidéki adatokkal, majd csökkenés látszik a téli időszakot illetően. Kirívó adatokat nem azonosíthatunk, de az áprilisi esetszámok eltérő alakulása megerősíti, hogy a mezőgazdaság hatása valóban nincs jelen a fővárosból érkező riasztások számára.



4. ábra: Tűzserész riasztások havi eloszlása 2021-ben

Forrás: KOVÁCS–EMBER 2023: 192, 4. ábra.

A téli időszak 2021-ben sem okozott meglepetést a bejelentési számok alakulásában (4. ábra). A viszonylag kevés, mindösszesen 1.825 db riasztás eloszlása az év többi időszakában arányosan alakul az előző évhez képest. A márciusban kezdődő emelkedés áprilisban tetőzik 245 db esetenél, mely az éves bejelentésszám 7%-a és az átlagosnak tekinthető június–novemberi időszakban érkezettek közel duplája. Ebben az évben különös módon nem szeptember–október hónapokban volt tapasztalható az őszi tetőzés, hanem novemberben. Ez vélhetően az elhúzódó, földművelés szempontjából ideális őszi időjárás hatása miatt volt.

A budapesti riasztások a szokásosnak nevezhető szinten mozogtak, alapvető minta azonosítható be az elmúlt évekhez képest. A téli időjárás itt is csökkenést okozott a bejelentések számában, mely viszonylag egyforma képet mutatott március–november időszakban.

A novemberig elhúzódó viszonylag magas esetszám nem tekinthető kirívónak, a vidéki adatokkal ellentétben. A júniusi viszonylag nagy esetszám szintén azt igazolja, hogy a mezőgazdaság hatása csak mérsékelt a főváros esetében, itt az építőipar jelentősége vélhetően sokkal nagyobb.

1.2.2 A riasztások megyénkénti bontásban készült adatainak elemző vizsgálata

A következőkben a vármegyék szennyezettségét fogom részletesen megvizsgálni. Egy korábbi tanulmány, mely Magyarország robbanótestekkel leginkább szennyezett területeit is vizsgálta, az alábbi országrészeket, tájegységeket jelölte meg:³⁶

- a Duna vonala;
- Budapest és környéke;
- Győr és környéke;
- Székesfehérvár és környéke;
- a Balaton partszakaszai.

A fenti területek esetében kijelenthető, hogy mindegyik körzetében jelentős harcselekmények folytak a II. világháború során, azonban kutatásomban ennek az elemzésére nem térek ki, a korábban publikált és általam is hivatkozott eredményeket hitelesnek fogadom el. Ezek a térségek sok tekintetben a védelmi vonalak rendszerében kaptak nagy szerepet. Természetesen vannak olyan országrészek is, ahol szintén komoly harcok dúltak, de az eltelt több mint 70 év során, valószínűleg a mentesítési tevékenység következtében, az előkerült robbanótestek száma jelentősen lecsökkent. A vizsgált időszakból a Duna és a Balaton vonatkozásában specifikusan gyűjtött adatok nem állnak rendelkezésre, ezért ezeket az állításokat elfogadom történelmi tényekkel alátámasztott eredménynek.

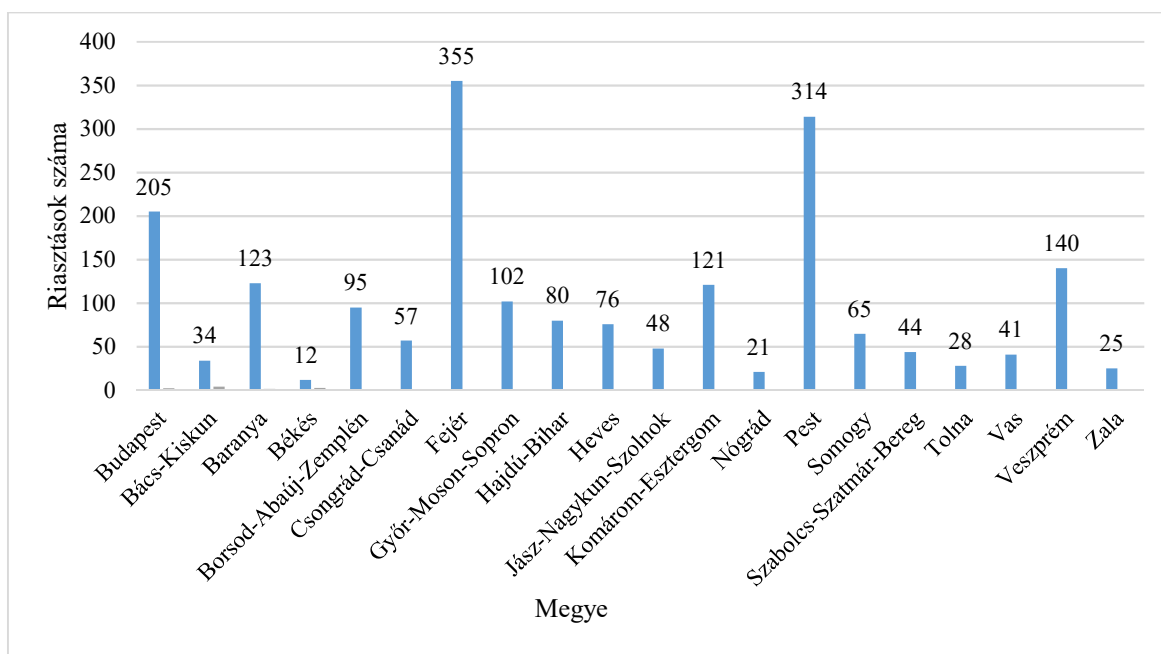
Az elemzést³⁷ ebben az alfejezetben is a 2019–2021 időszakra fogom elvégezni. Ez lehetőséget biztosít arra, hogy a továbbiakban egy teljesen átfogó képet kapjak a tűzszerész tekintetben rendelkezésre álló adatokról. Könnyen előfordulhat, hogy nem várt összefüggésekre is rávilágít majd az általam alkalmazott módszer.

2019-ben az érkezett bejelentések megyei bontása szerint (5. ábra) Fejér vármegyéből tették a legtöbb bejelentést feltételezett robbanótestekről a hivatalos szervek. Ezt a 355 db esetet Pest vármegye követi 314 db, majd Budapest 205 db veszélyes helyszínnel.

³⁶ VÖRÖS Mihály – DARUKA Norbert (2012): Tűzszerészek a közszolgálati feladatok ellátásában. *Seregszemle*, 10(2), 22–33. Online: https://honvedelem.hu/files/files/33676/seregszemle_2012_2.pdf

³⁷ A bejelentésekkel kapcsolatban a gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy az éves riasztások 5–10%-a nem robbanótest. Ezt statisztikai adatok nem igazolják, ezért a kutatásomban nem tekintem vizsgálálandónak.

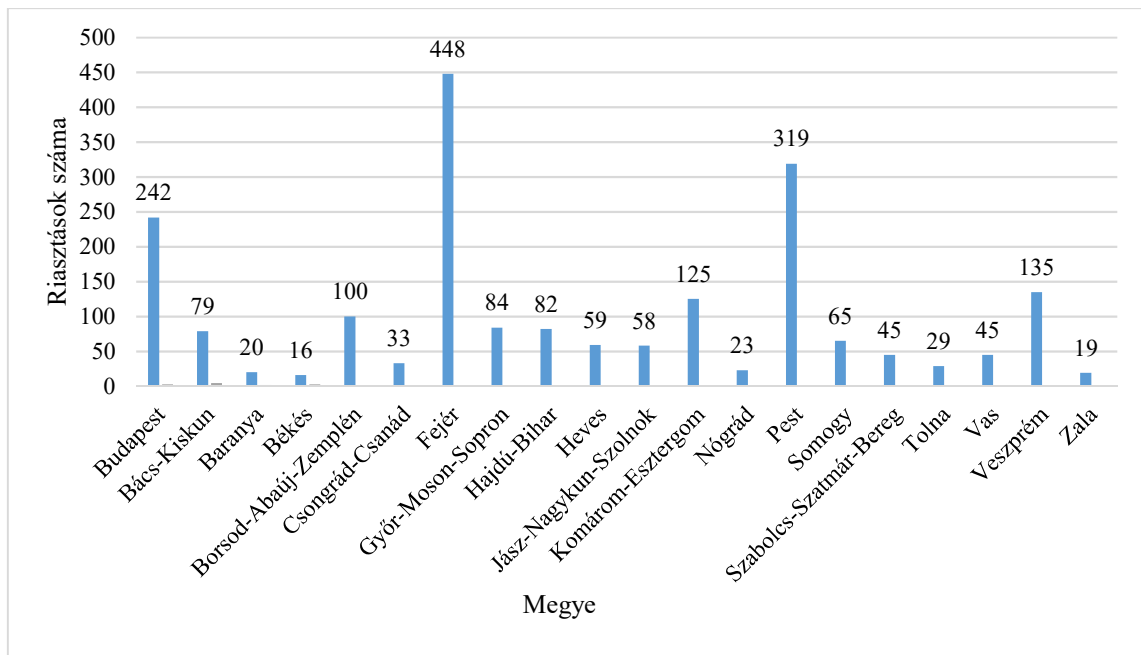
Ez az összesen 847 db riasztás az éves adat 44%-át teszi ki. A kevésbé érintett területek Békés vármegye 12 db, Nógrád vármegye 21 db, illetve Zala vármegye 25 db riasztással. Ez a három terület az összesen 58 db bejelentésével az éves adatoknak mindössze 3%-át érte el. Mivel a Duna és a Balaton vonatkozásában nem folytatok elemzést ebben a részfejezetben, ki kell jelentenem, hogy a fenti kutatás tekintetében az adatok jelentős része igazolást nyert. Budapest és Székesfehérvár valóban szennyezett területnek tekinthető a rendelkezésre álló adatok alapján, azonban Győr esetében nem nevezhető átlagosnál nagyobbak a riasztások száma, ha a vármegyei összevetést vizsgáljuk. Ennek oka lehet a csökkenő építőipari beruházások száma, vagy a beruházások már túlhaladtak az alapozási és talajrendezési feladatokon. Ez az eltérés azonban a továbbiakban figyelmet követel majd.



5. ábra: Tűzserész riasztások megoszlása vármegyénként 2019-ben

Forrás: KOVÁCS–EMBER 2023: 193, 5. ábra.

2020-ban az érkezett bejelentések vármegyei bontása szerint (6. ábra) ismét Fejér vármegyéből a legtöbb riasztás a MH Tűzserész Ügyeletére. Ezt kiemelkedően magas szám volt 448 db, melyet Pest vármegye követi 319 db, majd Budapest 242 db bejelentéssel. Ez az összesen 1.009 db riasztás az éves adat közel 50%-át teszi ki. A kevésbé érintett területek Békés vármegye 16, Baranya vármegye 20 db, illetve Zala vármegye 19 db bejelentéssel. Ebből a három vármegyéből összesen 54 helyszínt jelentettek, mely az éves adatoknak a 3%-át sem érte el. Budapest és Székesfehérvár ebben az évben is igazolta, hogy nem véletlenül tartozik a szennyezettnek vélt területek közé, de Győr 2020-ban sem igazolta a fenti állítást a vármegyei bontás alapján.

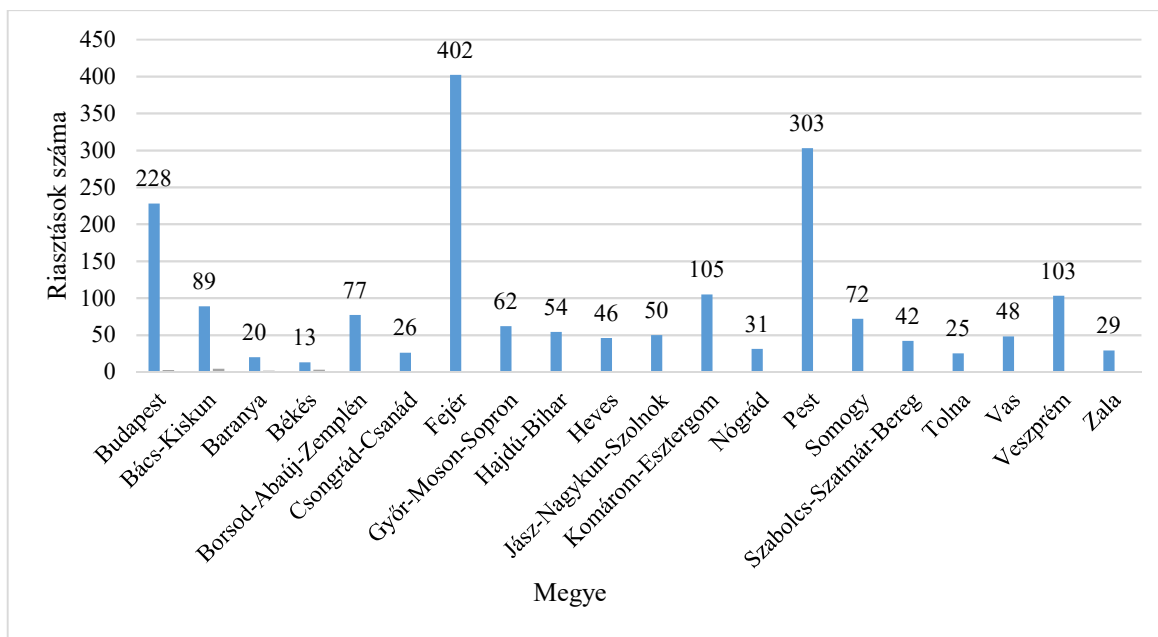


6. ábra: Tűzserész riasztások megoszlása vármegyénként 2020-ban

Forrás: KOVÁCS–EMBER 2023: 194, 6. ábra.

2021 sem okozott nagy meglepetést a lista éllovasaiban. A vármegyénkénti bontás (7. ábra) alapján Fejér vármegye az első 402 db, melyet Pest vármegye követ 303 db, majd Budapest 228 db veszélyes helyszínnel. Az összesen 933 db riasztás az éves adat 51%-a. A kevésbé érintett területek Békés vármegye 13 db, Baranya vármegye 20 db, illetve Tolna vármegye 25 db bejelentéssel. Erről a három területről összesen 58 db helyszínt jelentettek, mely az éves adatoknak a 3%-a. Budapest és Székesfehérvár esetében továbbra is igazolt, hogy a legszennyezettebb országrészeink. Győr-Moson-Sopron vármegye viszont matematikailag átlagos a nyilvántartott bejelentési számával, és nem tartozik a kirívó országrészek közé.

A fentiek alapján egyértelműnek tekinthető a kép a legszennyezettebb régió tekintetében: Magyarország szíve, a Budapest–Székesfehérvár vonal. Az érintett vármegyék: Budapest, Pest vármegye és Fejér vármegye. Itt a II. világháborúban elkeseredett harcok folytak, melyet igazol a regisztrált riasztások száma majdnem 80 év távlatából is. Erről a területről érkezik tehát a feltételezett robbanótest bejelentések 44–51%-a, mely arány egyértelmű növekedést mutatott a 2019–2021 időszakban. Ebben a térségben jelentős mennyiségben folynak építőipari beruházások is, melyek minden bizonnyal jelentősen emelik a riasztások számát, de a mezőgazdaság sem elhanyagolható, ha a fővároson kívüli területeket vizsgáljuk.



7. ábra: Tűzserész riasztások megoszlása vármegyénként 2021-ben

Forrás: KOVÁCS–EMBER 2023: 195, 7. ábra.

A legkevesebb riasztás egyértelműen Békés vármegyéből érkezik, de Tolna vármegye, Nógrád vármegye és Zala vármegye is kitűnik a viszonylag alacsony számban előkerült robbanótestek miatt. Ez bekövetkezhet a mérsékelt számú építőipari beruházás miatt is, viszont a mezőgazdaságnak ettől függetlenül produkálnia kellene a veszélyes helyszíneket. Ebből kiindulva mindenképpen a legkevésbé robbanótesttel szennyezett területek közé tartoznak a fenti vármegyék.

Az egyik legfontosabb tény, hogy Győr-Moson-Sopron vármegye vonatkozásában érdemes lenne tovább vizsgálni az éves bejelentési számok megoszlását. Akár néhány év tekintetében 2019 előtt és a következő 2–3 esztendő is. Ha az átlagos bejelentési számok akkor is mutatkoznak, akkor érdemes lenne felülvizsgálatra a szakmában alapvetésként elfogadott tény, hogy Győr és környéke a legszennyezettebb országrészek egyike. Mivel nehezen, de elképzelhető olyan hatás, mely akár ideiglenesen is, de megváltoztathatta a fent nevezett trendet, ezért gondolom, hogy szükség lehet a vizsgálat további szélesítésére. Ezt azonban dolgozatomban nem kívánom tovább vizsgálni, mert az eltérne a fő kutatási irányoktól.

1.2.3 A hatástalanított robbanótestek statisztikai adatainak elemző vizsgálata

Mivel a II. világháború hazánk területén folyó harci cselekményei során a visszavonuló magyar és német csapatok a szovjet erők megállítására vetették be minden eszközüket és erőforrásukat, nem meglepő, hogy műszaki zárat, aknamezőket telepítettek minden közlekedési

szempontból fontos műtárgy és védett objektum környékén. A hadseregek minden létező robbanásra képes eszközkategóriát felhasználtak katonai céljaik elérése érdekében, ezért a légibombától az aknákon át a kézigránátokig mindenféle életveszélyes háborús maradvány előfordulhat Magyarország területén. Többmillió robbanótest hevert szerteszét az ország területén és a védelmi vonalak, az erődített terepszakaszok mentén döbbenetes mennyiségben maradtak hátra telepítettek aknamezők.³⁸

Ennek az elképesztő mennyiségnek a hatástalanítása kifejezetten nagy feladat volt a II. világháború lezárását követően. Ahogyan feljebb már jeleztem, az elvégzett munka jelentőségét az is növelte, hogy nagyban hozzájárult a mezőgazdaság, ezzel pedig a nemzetgazdaság mielőbbi beindulásához. A tüzserész katonák közül több mint 300 fő veszítette életét és került a hősi halottak nyilvántartásába.³⁹ Életüket adták, „hogymások élhessenek.”⁴⁰ Legtöbbjük főként a tüzserész hivatás kialakulásának hőskorában, amikor az elvégzett feladatok nagyságrendileg szinte felfoghatatlanok voltak és a mai technológiák, eljárásrendek még nem segítették a szakemberek munkáját.

A kutatásomban mindenképpen szeretném a fentebb már részletesen elemzett 2019–2021 időszak esetében megvizsgálni az előkerült robbanótestek statisztikai adatait is. Ebben a vizsgálatban nem kapott szerepet az eszközöket gyártó nemzet, ez meghatározó többségben egyébként német, szovjet és magyar. Természetesen előfordul, hogy román, francia, angolszász, olasz és akár bolgár robbanótestekkel kell a tüzserész szakembereknek megbirkózniuk. Ezek az adatok nem adnak hozzá vagy vesznek el a kutatásom céljaiból, ezért az adatokat ilyen információktól mentesen mutatom be. Azt is fontosnak tartom megjegyezni, hogy az eszközök csoportjait tovább bontva nacionalitásra, számos további adat jelentkezne, de ez megnehezítené egyes következtetések levonását és az adatok elemzését.

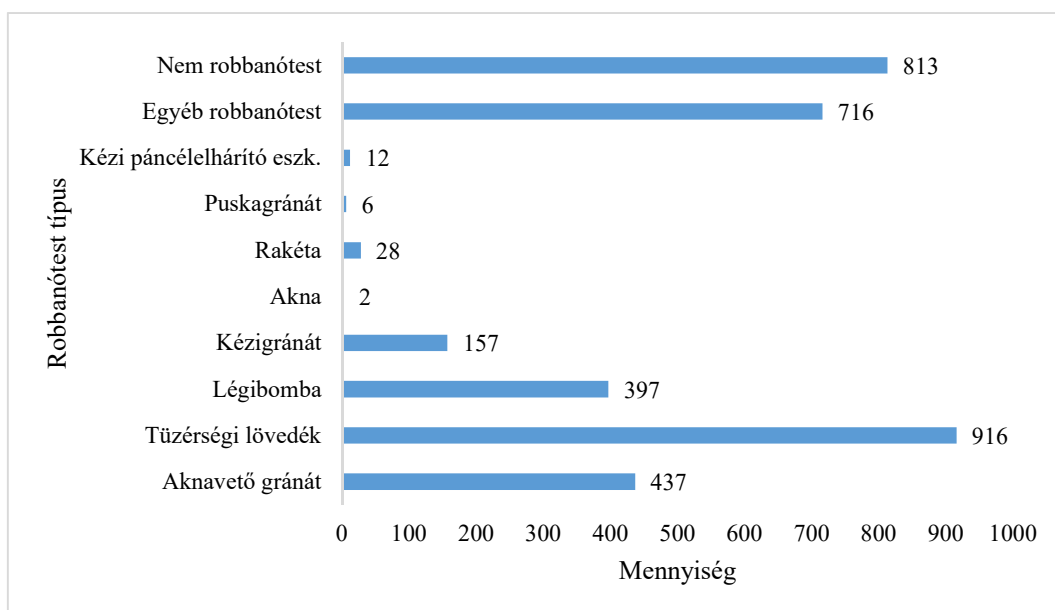
Mielőtt belekezdenék a 2019-es év elemzésébe (8. ábra), fontosnak tartom tisztázni, hogy a nem robbanótest kategória milyen részleteket takar. Ebbe a csoportba soroljuk azokat az eszközöket, melyek a tüzserész járőrök parancsnokai robbanóanyagtól és pirotechnikai anyagtól mentesnek találhatnak. Ez nem azt jelenti, hogy ilyen kiemelkedő számban érkeznének téves riasztások, hiszen egy korábban robbanóanyagot tartalmazó robbanótestből is kikerülhetnek a veszélyes anyagok. Például az időjárás, a természet is képes egy-egy ilyen eszközből eltüntetni a veszélyes anyagokat, de előfordulhat az is, hogy már a gyártás során sem

³⁸ GELLÉRT Tibor (1981): *Tüzserészek és aknakutatók. Csapatörténet*. Budapest: Zrínyi, 5–18.

³⁹ BUCSÁK et al. 2015: 155–161.

⁴⁰ Tüzserész jelmondat.

került bele, mivel a hatékony működését nem a robbanás biztosítja. Ilyen besorolásba kerülhetnek azok a korábbi robbanótestek is, melyek a becsapódásukkor nem megfelelő intenzitással működtek el, a fő töltetük alapanyaghiba miatt csak kiégett, nem detonált.

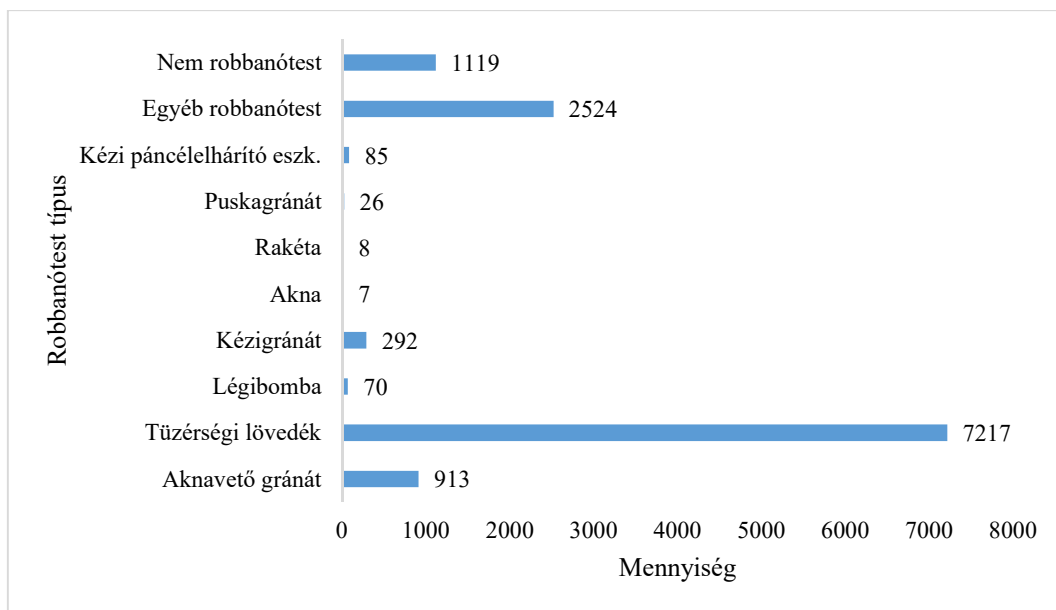


8. ábra: Hatástalanított robbanótestek megoszlása 2019-ben

Forrás: KOVÁCS–EMBER 2023: 197, 8. ábra.

A másik tisztázandó kérdés az egyéb robbanótest kategória. Ebbe a csoportba sorolják a szakemberek a gyalogsági lőszeret, a robbanóanyagokat, gyújtószerkezeteket és egyéb maradványokat, melyek robbanóanyagot vagy pirotechnikai anyagot hordoznak. A gyalogsági lőszeret miatt ez a kategória megtévesztő jelentőségű lehet, azonban nem tervezem részletesebben vizsgálni vagy döntően figyelembe venni az elemzés során.

A fenti évben tehát megállapítható, hogy a tüzérségi fegyverek lőszereti, gránátjai alkották a tüzérségi szakfeladatok során azonosított robbanótestek igen jelentős hányadát. A 916 db megsemmisített tüzérségi eszközt 437 db aknavetőgránát követi. A sorban a következő 397 db légibomba, mely meglepő statisztikai adat. Természetesen ez nem feltétlenül jelenti ennyi többszáz kilós veszélyes eszköz kezelését, mert ezekből is lehet akár 1–2 kg-os szórt változatokat találni hazánkban. Esetünkben vélhetően ez utóbbi típus szolgáltatta a meglepő adatot. Ki kell azonban emelnem egy másik tény is. A fenti történelmi áttekintésben ismertetett tevékenységek tökéletes összhangot mutatnak a hatástalanított aknák számával, mivel ezek az eszközök elenyésző mennyiségben kerültek elő, mindösszesen 2 db.



9. ábra: Hatástalanított robbanótestek megoszlása 2020-ban

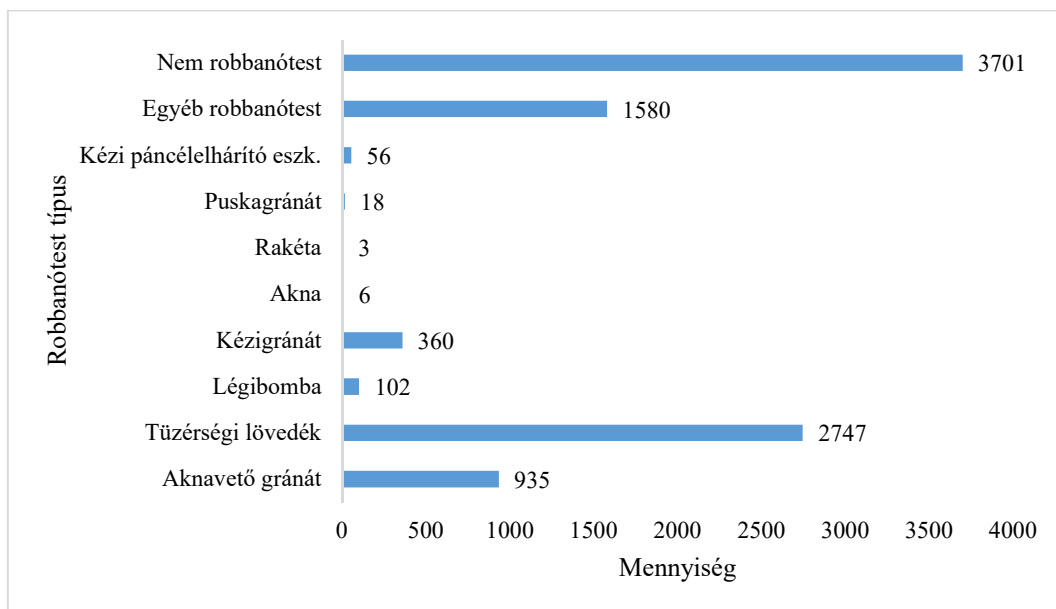
Forrás: KOVÁCS–EMBER 2023: 199, 9. ábra.

2020-ban sem alakult máshogy (9. ábra), a legmagasabb számban tüzérségi eszközök kerültek elő. A több mint 7.700 db robbanótest önmagában is egy jelentős mennyiség, még akkor is, ha ez a kategória is tartalmaz eléggé kisméretű és tömegű eszközöket. Az azonban jól látszik, hogy nyolcszor annyit kellett hatástalanítani belőlük, mint egy évvel korábban. Az aknavetőgránátok száma a duplájánál is nagyobbra nőtt, mindösszesen 913 db került elő. A légibombák esetében normalizálódott a helyzet, számuk majdnem a hatodára csökkent, 70 db-ra. Az aknák száma itt sem okozott meglepetést, a 7 db hatástalanított eszköz továbbra is igazolja fenti állítást.

Ahogy korábban jeleztem, a 2021-es év (10. ábra) esetében sem fogom nagy jelentőséggel kezelni a nem robbanótest kategóriát. A tüzérség által alkalmazott és ebben az évben hatástalanított eszközök darabszáma 2.747 db volt, mely töredéke a 2020-as adatnak. Ez azonban még mindig elegendő, hogy meghatározó kategória legyen. Az aknavetőgránátok tekintetében 935 db került elő, mely arányait tekintve nem mutat eltérést. A légibombák ebben az évben is mérsékelt számban vannak jelen, mindösszesen 102 db. Az aknák csekély száma pedig továbbra is igazolja, hogy az elvégzett aknamentesítési feladatok jó hatásfokkal zajlottak le a II. világháborút követő években.

Az adatokból jól látszik, hogy nem csak az aknamezők felszámolása sikerült jó hatásfokkal, hanem a légoptalom szakemberei is kiemelkedő munkát végeztek. A bombázások célpontjai döntően urbanizált területek voltak, ahol fontos volt az élet és vagyonbiztonság mielőbbi visszaállítása a hátszágban, ezért elengedhetetlen volt a fel nem

robbant légibombák azonnali hatástalanítása. Vélhetően ennek is a köszönhető, hogy ma viszonylag kis számban kerülnek elő. A háború során kiemelkedően nagy szerep jutott a harckocsiknak és a tüzérségnek, mely jól látszik a fel nem robbant tüzérségi lövedékek és lőszer⁴¹ számában. Ezek mellett aknavetőgránátokkal találkozhatnak kellően sűrűn a szakemberek unalmasnak nem nevezhető hétköznapi során.



10. ábra: Hatástalanított robbanótestek megoszlása 2021-ben

Forrás: KOVÁCS–EMBER 2023: 199, 10. ábra.

Minden évben több ezer, akár több mint tízezer veszélyes eszközt kell a tüzérsz katonáknak hatástalanítani. Ez a darabszám azonban nem harmonizál a bejelentések számával, annak a többszöröse. Ez nem téves adat, hanem rámutat, hogy még mindig jelentős számban vannak olyan bejelentett helyszínek, ahol akár többszáz robbanótest kerül elő egyszerre.

1.3 AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS EGYES HATÁSAI A TŰZSERÉSZ SZAKFELADATOK TERVEZÉSÉRE

Az éghajlatváltozásnak természetesen sok tekintetben lehet direkt vagy közvetett hatása a tüzérsz életére, hiszen a környezeti hatások nagy befolyással bírnak az egyes szakfeladatok végrehajtására. Az egyre többször előforduló extrém magas hőmérsékletű, elhúzódó kánikula időszakok esetében ezt nem is kell túlságosan magyarázni. Ilyenkor a munkaszervezés komplex feladatai még bonyolultabbá válnak. A kutatásom szempontjából azonban kizárólag egy ilyen vonalat kívánok vizsgálni, mégpedig a hazánkban egyre gyakoribb

⁴¹ A harckocsik ágyúhoz alkalmazott gránátok és lőszer⁴¹ szintén ebben a kategóriában vannak nyilvántartva.

alacsonyvízi helyzetet. Az ilyen aszályos állapotok esetén – mivel hazánk bővelkedik felszíni vizekben – több tekintetében is érdekes, a később bemutatottakhoz hasonló eredményt kaphatnánk felszíni folyóvizeinkkel kapcsolatban. A vizsgálat tárgyának azonban a Dunát választottam. Folyamunk nemzetközi víziút, ezért az év minden napján nagy jelentőséggel bír és a turizmus sem jelenthet az eredményeket illetően számottevő torzulást. Ennek az érkezett feltételezett robbanótestekkel kapcsolatos bejelentések vizsgálata esetében lehet jelentősége.

A Duna országunk legnagyobb folyóvize, egyben a második legnagyobb Európában, kizárólag Volga hosszabb nála. Tíz országot érint útja során a Fekete-erdőtől a Fekete-tengerig. Miközben átkanyarog Európán, 2.860 km-t tesz meg. Ami kifejezetten fontossá teszi, hogy a folyami hajózásban jelentős szerepe van kontinensünkön. A vízi útvonalon döntően mezőgazdasági terményeket, építőanyagokat és egyéb ipari alapanyagokat szállítanak, mert ez egy viszonylag olcsó megoldás. Természetesen az ivóvízellátásban is jelentős szerepe van, de az ipar és a napjainkban felértékelődő energia termelésében is fontos a szerepe.⁴²

Bár a témához kapcsolódva akár a katasztrófhelyzeteket is elemezhetném disszertációmban, azok hatásait vizsgálva a tűzszerész tevékenységre, de az áradó folyó vagy a torlódó jégtáblák okozta problémakört nem vizsgálom. Ezek a helyzetek sok esetben robbantási feladatokkal oldhatók meg nagy hatásfokkal,⁴³ mely feladatokat akár tűzszerész szakemberek is képesek lehetnek elvégezni, ennek ellenére nem fogom a vizsgálatom tárgyaként elemezni őket.

Visszakanyarodva a vízállás jelentőségéhez, meg kell említeni, hogy az árvizek mellett az extrém alacsony vízszint szintén hatalmas probléma forrása lehet. Ha csak arra gondolunk, hogy a paksi atomerőmű hűtési eljárásában meghatározó szerepe van a Dunának, nem nehéz levonni a következtetést, hogy a víz elapadása itt akár az országos energiaellátásra is jelentős hatással lehet. Természetesen egy ilyen aszályos helyzetben az áruszállítás szintén szünetelhet, ha a folyó hajózási útvonalában is lecsökken a vízmélység a meghatározott szint alá. Az ilyen kisvízi⁴⁴ helyzetek az ivóvízellátásra is hatással lehetnek, ezért több kutató foglalkozott már ezek elemzésével.

⁴² Vízügyi Főigazgatóság (2009): *Duna*. Online: <https://www.vizugy.hu/print.php?webdokumentumid=33>

⁴³ DARUKA Norbert (2011): *A katasztrófák elleni védekezés robbantástechnikai vonatkozásai*. Budapest: Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem. Online: <https://docplayer.hu/12325354-A-katasztrofak-elleni-vedekez-es-robbantastechnikai-vonatkozasai-1.html>

⁴⁴ Az értekezés tekintetében a 100 cm-nél kisebb vízállásra értelmezendő, a budapesti adatok vonatkozásában.

A Duna vízállási adatait a jelenlegi és az előző évszázad tekintetében elemezve olyan információkhoz juthatunk, melyek a vizsgált kisvízi szempontból nem adnak okot a bizakodásra. A 20. század vízállásai alapján az első hét évtizedben 100–300 napnyi alacsonyvízi állapot mutatkozott, mely hirtelen megugrott és elérte az 1.000 napot Nagymaros térségében. Az emelkedés nem állt meg, folyamatos volt és 2010–2016 között, 7 év alatt már 1.500 napnyi aszályos állapot mutatkozott. Ebben a hétéves időszakban Budapest viszonyában 200 napig volt kisvízi állapot, mely Nagymaros adataihoz képest elenyészőnek tűnhet, azonban figyelembe véve, hogy például 1910 és 1940 között egyetlen alkalommal sem alakult ki ilyen vízállás már jóval lehangolóbb az eredmény. Ezt a tendenciát a Duna vízállásának általános állapota szintén igazolja. 1970-től elkezdődött egy jelentős csökkenési folyamat, mely napjainkban sem csillapodik. A folyamatosan csökkenő vízszint következménye, hogy egyre több alkalommal alakul ki a vizsgált kisvízi helyzet.⁴⁵

A folyóvizek tekintetében van egy fontos környezeti hatás, mely nem csak a vízszintre, hanem a mederben található robbanótestek számára is hatással lehet. A hirtelen bekövetkező nagy mennyiségű eső hatására előfordulhat, hogy a talaj felső rétegei bemosódnak egy-egy vízfolyásba és ilyenkor lehetséges, hogy vizik magukkal a bennük rejlő robbanótesteket. Ez önmagában jelentheti azt is, hogy a folyóvizekbe folyamatos lehet a robbanótestek bekerülése, másrészt azt is, hogy egy robbanótest-mentesítésen átesett mederszakasz könnyen ismételt szennyezetté válhat. Ezt másrészt egy különösen súlyos jégzajlás, egy jelentősebb áradás szintén fokozhatja, ha a sodrás képessé válik a veszélyes tárgyak elmozdítására a mederben.⁴⁶

A vízből előkerült robbanótestek hatástalanítása sok esetben csak jelentős erőforrások felhasználásával lehetséges. Ezeket a feladatokat esetenként bűvár tűzszerészek alkalmazásával és hadihajós biztosítással kell megtervezni, mely a bevont technikai eszközök és személyi állomány vonatkozásában jelentős növekményt jelent. A fent bemutatott kisvízi helyzet azonban kiváló lehetőséget biztosít, hogy az előkerült feltételezett robbanótesteket a partról szárazon megközelítve azonosítsák és szükség esetén hatástalanítsák a szakemberek. Ez azonban hátrányokat is hordoz. Amennyiben az alacsony vízállás ellenére a háborús maradvány továbbra is víz alatt található, előfordulhat, hogy a mentesítés végrehajtásával meg

⁴⁵ NAGY-KOVÁCS Zs. –TAKÁCSNÉ GYÖRGY K. (2016): A Duna Vízszint-Változásainak Vizsgálata Nagymaros és Budapest Vonatkozásában. *Proceedings of 8th International Engineering Symposium at Bánki*. Online: <http://bgk.uni-obuda.hu/iesb/2016/publication/30.pdf>

⁴⁶ EMBER István (2019): A dunai alacsony vízállások tűzszerész tapasztalatai 2018-ban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 29(3), 67. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2019.3.5>

kell várni a folyó hajózható vízszintjét. Erre főleg nagyméretű légbombák esetében lehet szükség. Másrészt a különösen alacsony vízállás következtében a felszínre kerülnek a mederben található robbanótestek, melyek ilyenkor nagy számban kerülnek bejelentésre.⁴⁷

Az utolsó szempont jelenti a vizsgálataim egyik fontos elemét. A 2018-as esztendő kisvízi helyzetei a Dunán rávilágítottak, hogy elengedhetetlen ezekre a helyzetekre felkészülni. A hirtelen megemelkedő riasztási számok önmagukban nem tűnnek jelentős kihívásnak, de ilyen esetben mégis fontos a mielőbbi intézkedés ezek felszámolására. Ha a vízszint ilyenkor váratlanul megemelkedik, már csak a fent bemutatott jóval nagyobb erőforrások árán lehet a vízből kiemelni a feltételezett robbanótesteket. Sok esetben ilyenkor még a pontos helyüknek a megtalálása is komoly problémába ütközik.

1. táblázat: Riasztások alakulása a 2016–2018 időszakban

Fsz.	Riasztások	2016		2017		2018	
		Éves (db)	Dunai (db)	Éves (db)	Dunai (db)	Éves (db)	Dunai (db)
1.	Összes	2069	7	1955	5	2000	95
2.	Soron kívüli	525		526		526	

Forrás: a szerző szerkesztése a MH 1. TFE adatbázisa alapján.

Meg kell említeni, hogy a vízből kiemelt robbanótestek esetében adódhatnak olyan problémák is, melyek azok állapotából fakadnak. Az eltelt évtizedek száraz körülmények között is okozhattak nem várt és veszélyes kémiai átalakulást a robbanóanyagok szerkezetében, és ez a vizes környezetben még inkább lehetséges. Ezért fokozott elővigyázatosságot és körültekintő eljárást követel a szakemberektől az ilyen robbanótestek hatástalanítása. Másrészt a korrózió is komoly problémákat okozhat, amikor a robbanótestek szerkezeti elemeit el kell távolítani. Ilyen eset lehet a különböző gyújtószerkezetek kiszerelése, hogy a robbanótest biztonságosan szállítható legyen a későbbiekben. Ilyen esetekben előfordulhat, hogy a körültekintő eljárás mellett a rozsdá tovább nehezíti a tevékenységet. Ennek a problémának a margójára meg kell jegyezni, hogy a vízből előkerülő robbanótestek sok esetben teljesen hermetikusan, vízmentesen zártak és a gyújtószerkezet eltávolításakor, amikor a légcserelesség megszűnik, egy jellegzetes „szisszenő” hang jelentkezik. Ettől függetlenül azonban számolni kell azzal, hogy a víz a csavarmenetekbe bejutott és korróziót indított, ami akár teljesen

⁴⁷ EMBER 2019: 67–68.

lehetetlenné teheti a működtető szerkezet eltávolítását hagyományos módszerekkel és eszközökkel.⁴⁸

Azt azonban mindenképpen alá kell húznom, hogy a kisvízi állapotok okozta dinamikus növekmények a feltételezett robbanótestek bejelentésében komoly terheket jelenthetnek, melyeket kellő előrelátással, az indikátor adatok monitorozásával jól felkészülve lehet kezelni. Ebben a vonatkozásban a körültekintő és előrelátó munkaszervezés komoly erőforrásokat takaríthat meg, mely üzemanyag felhasználásban, munkaórában és ebből fakadóan munkabér megtakarításban is realizálódhat. Természetesen nem elhanyagolható szempont a technikai eszközök kopásából, elhasználódásából fakadó költségek csökkentése sem, ami a szervíz és karbantartási ciklusok elnyújtására is pozitív hatással lehet.

2. táblázat: Hatástalanított robbanótestek a 2016–2018 időszakban

Fsz.	Megnevezés	2016. év (db)	2017. év (db)	2018. év (db)
1.	Gyalogsági lőszer	5965	34333	28526
2.	Kézigránát	294	423	470
3.	Aknagránát	863	869	893
4.	Tüzérségi lövedék, lőszer	3708	1221	3575
5.	Légibomba	361	361	158
6.	Akna	18	16	7
7.	Egyéb robbanótest	1432	4270	2437
8.	Nem robbanótest	742	552	2506
Összes robbanótest		12641	41493	36066

Forrás: a szerző szerkesztése a MH 1. TFE adatbázisa alapján.

Ahogy feljebb már említettem, a 2018-as év extrém kisvízi helyzetei a Dunán alkalmat biztosítanak, hogy mélyreható vizsgálatokat lehessen végezni. A kialakult éves helyzet kontrasztjaként a 2016–2017 időszakot részlegesen szintén vizsgálni fogom, így az adatok megfelelő képet mutatnak majd erről a kihívásokat jelentő helyzetről. A fenti elemző vizsgálatokhoz hasonlóan ebben a három évben is hozzávetőleg 2.000 db riasztás érkezett évente a MH Tűzszerész Ügyeletére (1. táblázat). Ezek közül 525–526 db esetet soroltak minden évben a vezető szakemberek soron kívüli kategóriába. Ez azt jelenti, hogy viszonylag kiegyensúlyozott időszakról beszélhetünk, ami az elemzés szempontjából egy nagyszerű

⁴⁸ EMBER 2019: 67–68.

egységes alapot biztosít. Éppen ezért az eltérés a Dunához kapcsolódó bejelentésekben jól kirajzolódik, hiszen az első két vizsgált évhez képest 14-szer, illetve 19-szer több esethez kellett kivonulniuk a MH tűzserész katonáinak. Ebben a tekintetben azokat a riasztásokat vettem alapul, melyek a Duna medréről vagy partjáról érkeztek. A helyszín tekintetében nem vizsgáltam tovább, hogy ideglenesen kiszáradt mederben megtalált vagy víz alatt lévő feltételezett robbanótesteket jelentettek be. Ez utóbbi nem lehet hatással a vizsgálat eredményeire, és ennyire részletes adatok sem állnak rendelkezésre az adatbázisban.

2. táblázat: Hatástalanított robbanótestek a 2016–2018 időszakban

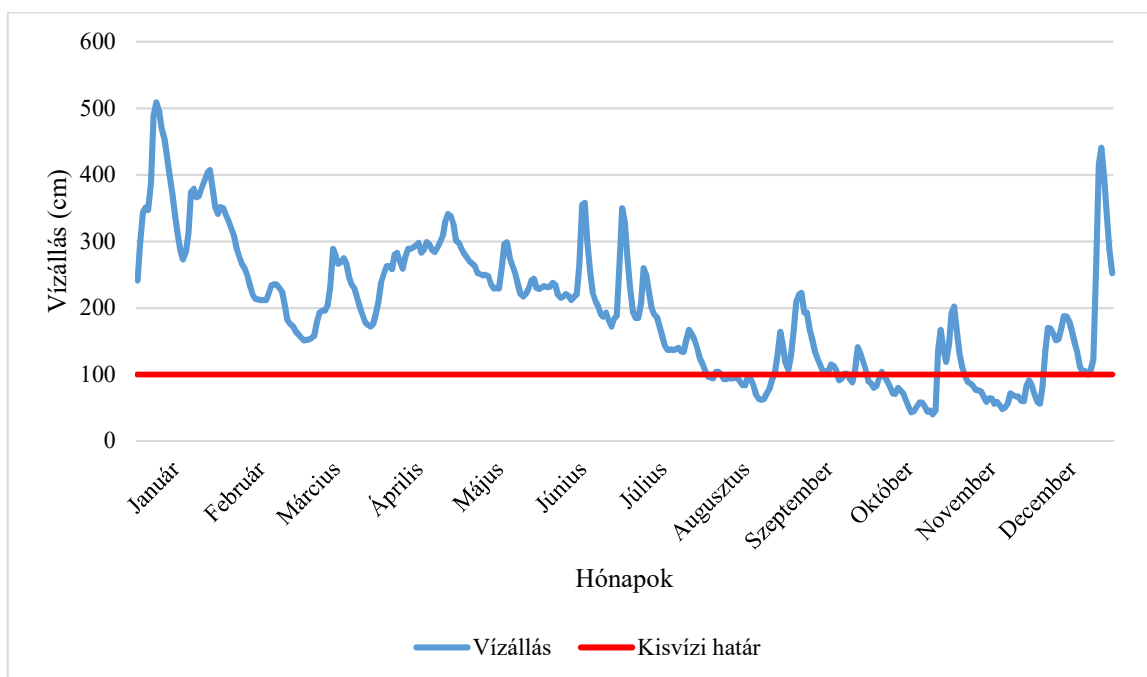
Fsz.	Megnevezés	2016. év (db)	2017. év (db)	2018. év (db)
1.	Gyalogsági lőszer	5965	34333	28526
2.	Kézigránát	294	423	470
3.	Aknagránát	863	869	893
4.	Tüzérségi lövedék, lőszer	3708	1221	3575
5.	Légibomba	361	361	158
6.	Akna	18	16	7
7.	Egyéb robbanótest	1432	4270	2437
8.	Nem robbanótest	742	552	2506
Összes robbanótest		12641	41493	36066

Forrás: a szerző szerkesztése a MH 1. TFE adatbázisa alapján.

Az már tehát azonosítható, hogy 2018 különleges év volt a Dunából előkerült feltételezett robbanótestek mennyisége tekintetében, de fontosnak tartom azt is megvizsgálni, hogyan alakult a hatástalanított robbanótestek évenkénti eloszlása a vizsgált időszakban (2. táblázat). A gyalogsági löszerek tekintetében, melyek jelentős számban terhelik a statisztikai adatokat, nem szeretnék következtetéseket megfogalmazni. Nem azért, mert nem jelent komoly feladatot a kezelésük, különösen akkor, ha több tízezer darabot kell megsemmisíteni, hanem mert a nagy ingadozás az adatokban megtévesztő lehet a tűzserészek éves teljesítményére vonatkoztatva.

A tüzérségi lövedékek, löszerek esetében ki kell jelenteni, hogy ezek a veszélyes eszközök adják a szakemberek feladatainak legnagyobb részét. Mindezek mellett az aknagránátok is jelentős számban és a vizsgált években közel azonos mennyiségben kerültek elő. A kézigránátok és légibombák is sok kihívást hordoztak és itt meg kell említenem, hogy a második kategória esetében akár kézigránát méretű eszközökről is beszélhetünk, melyeket úgynevezett szóró-konténerekből juttattak a harcmezőre. Ezeknek a mérete sok esetben nem

nagyobb egy kézigránátnál, ezért is lehetséges a több száz darab hatástalanított légibomba minden évben. Amit kifejezetten jelentős információnak érzek, hogy az előkerült aknák száma egyik évben sem volt jelentős. A kisvízi helyzet következtében várható lehetne, hogy a vízbe telepített aknák miatt ez a szám növekményt mutat, de éppen ellenkezőleg, 2018-ban kevesebb mint a fele lett hatástalanítva a tűzszerészek által az előző évi mennyiséghez képest.



11. ábra: A Duna vízszintjének alakulása 2018-ban

Forrás: a szerző szerkesztése az Országos Vízjelző Szolgálat, Központi Hidrológiai Adattár, Archivum adatai alapján. Online: <https://www.hydroinfo.hu/vituki/archivum/index.html>

A 11. ábrán a Duna vízállásának változásai láthatók 2018-ban. Jól azonosítható, hogy több esetben sikerült elérnie a csökkenő vízszintnek a kisvízi helyzetet jelentő 100 cm alatti értéket Budapestnél. Az adatok alapján három kisvízi időszakot lehet azonosítani, mely összességében közel egy hónap időtartamot ölel fel. Látható még további három időszak, amikor a vízállás csökkenése elérte vagy túlhaladta a 150 cm-es határt, mely egy indikátor szám lehet az extrém alacsony vízszintek vonatkozásában. Azért is lehetséges annak tekinteni, mert matematikailag minden második ilyen eset további csökkenéssel elérte a kritikusnak nevezhető 100 cm alatti értéket 2018-ban.

A MH Tűzszerész Ügyeletére érkezett Dunához kapcsolódó bejelentések száma 2018-ban (3. táblázat) nagyon jól lekövette ezeket a fent bemutatott eseményeket. Azokban a hónapokban, amikor a vízállás nem érte el a kisvízi állapotot 0–3 db riasztással lehetett számolni. Ehhez képest 43 bejelentés érkezett az augusztusi extrém alacsony vízállás idején,

melyet az októberi hasonló helyzetben⁴⁹ 37 db helyszínt követett és még a romló időjárási körülmények ellenére is 8 riasztást kellett kezelni a szakembereknek november hónapban. Ez a 95 db helyszínt, melyeken feltételezett robbanótesteket találtak az éves riasztási szám majdnem 5%-a. A 95 db esetből pedig 88 db kapcsolódik kisvízi időszakhoz, mely az előző adat közel 93%-a, éves vonatkozásban pedig a közszolgálati tűzszerész tevékenység 4,4%-a.

3. táblázat: A Dunához köthető riasztások alakulása 2018-ban

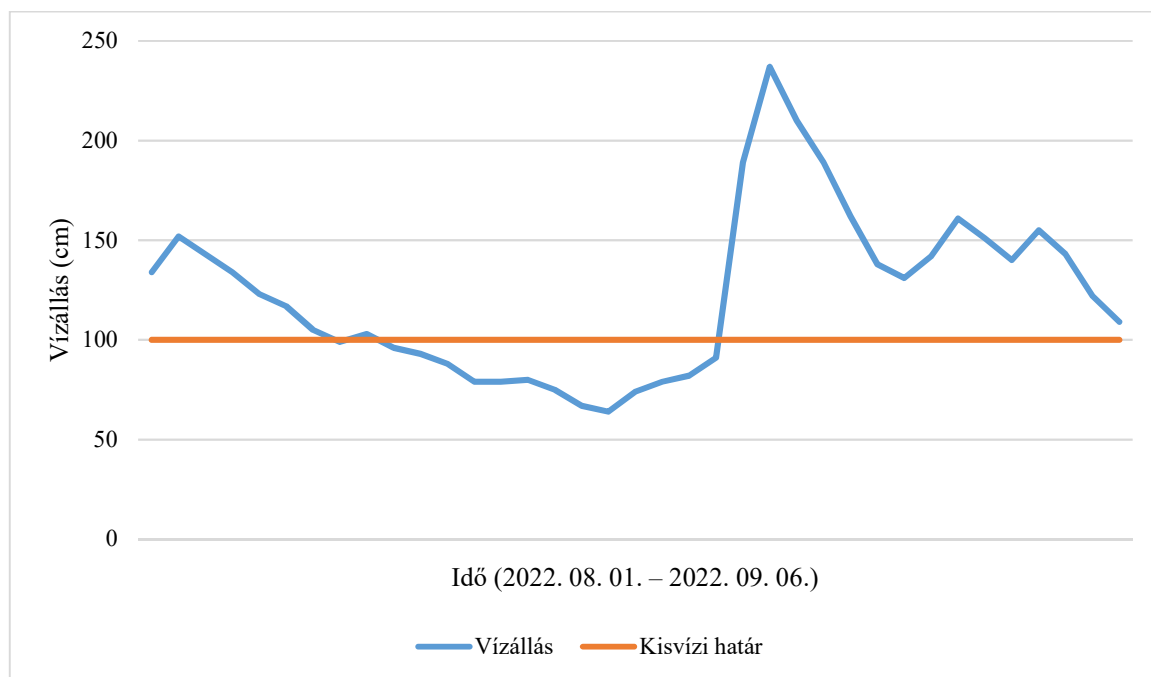
Fsz.	Hónap	Riasztások száma (db)
1.	Január	0
2.	Február	0
3.	Március	0
4.	Április	0
5.	Május	2
6.	Június	1
7.	Július	3
8.	Augusztus	43
9.	Szeptember	1
10.	Október	37
11.	November	8
12.	December	0
Összesen		95 (Az éves adat ~5%-a!)

Forrás: a szerző szerkesztése a MH 1. TFE adatbázisa alapján.

Ezek az adatok és összefüggések jól alátámasztják az összefüggést a kisvízi állapotokkal a Dunán és a hirtelen emelkedő riasztások számával, de igazolandó, hogy ez nem egy kivételes eset volt, egy másik periódust is elemzés alá vettem. 2022 augusztusában szintén kialakult egy kisvízi helyzet, ami alapvetően kettő hétig húzódott el. Az összehasonlítás miatt azonban összesen 37 naptári nap esetében (2022. 08. 01. – 2022. 09. 06.) vizsgáltam a vízszint alakulását Budapestnél (12. ábra), valamint a napi szinten érkező riasztások számát (4. táblázat). Mivel ez egy viszonylag rövid időszak, így a részletesebb, napi szintű statisztikai tételekkel tudtam a fenti eredményeket igazolni.

⁴⁹ 2018. október 25-én mérték a nyilvántartott vízállás adatok alapján minden idők legalacsonyabb vízszintjét Budapesten, 40 cm-t.

A bejelentések az érintett periódusban 0–4 esetszámban jelentkeztek naponta. A 37 napos időszakból 8 napon volt a vízállás magasabb, mint 150 cm és 14 napon volt alacsonyabb, mint 100 cm. Összesen 30 db helyszínről érkezett riasztás feltételezett robbanótestek miatt, melyből 23 db esetet a kisvízi állapot időszakában rögzítettek a szakemberek. Ez a szám önmagában igazolja, hogy jelentős növekmény alakul ki a bejelentések számában, ha a Duna vízszintje extrém alacsony.



12. ábra: A Duna vízszintjének napi alakulása 2022.08.01 – 2022.09.06. időszakban

Forrás: a szerző szerkesztése az Országos Vízelző Szolgálat, Központi Hidrológiai Adattár, Archivum adatai alapján. Online: <https://www.hydroinfo.hu/vituki/archivum/index.html>

A bejelentések dinamikája sem elhanyagolható szempont, mert a kritikus 14 napban három olyan is volt, amikor négy különböző esetet kellett a MH Tűzserész Ügyeletén kategorizálni. Ez ugyan önmagában még nem jelentős szám, de tekintve, hogy ez csak a Dunához kapcsolódó adat és az ország többi részéből is folyamatosan érkeztek riasztások, már árnyalja az eredményt. Természetesen a szakembereknek sikerült ezt a feladatot is megoldani, de vélhetően jelentkezett néhány szervezési nehézség, dilemma a feladatok végrehajtása során.

Érdeemesnek tartottam részletesen elemezni a 2018-as évben a kisvízi állapotok során a Dunához kapcsolódó riasztásokon előkerült eszközöket, robbanótesteket (5. táblázat). Itt sem tartom releváns adatnak a gyalogsági lőszereket, a folyóból kiemelt 63 db százalékosan az országos mennyiség elenyésző részét képezi. Az egyéb robbanótest kategória szintén hasonló eredményt mutat. Az aknák tekintetében viszont jelentős a százalékos arányt, 29%-ot

tapasztaltam, de ezt így is elenyészőnek ítéltém, mivel összesen 2 db eszközt kellett a tűzszerész katonáknak megsemmisíteni.

4. táblázat: A Dunához köthető riasztások 2022.08.01. – 2022.09.06. időszakban

Fsz.	Dátum	Riasztások száma (db)
1.	2022. 08. 03.	1
2.	2022. 08. 06.	1
3.	2022. 08. 10.	1
4.	2022. 08. 12.	1
5.	2022. 08. 13.	4
6.	2022. 08. 14.	2
7.	2022. 08. 15.	2
8.	2022. 08. 16.	1
9.	2022. 08. 17.	4
10.	2022. 08. 18.	4
11.	2022. 08. 19.	2
12.	2022. 08. 20.	1
13.	2022. 08. 21.	1
14.	2022. 08. 22.	1
15.	2022. 08. 24.	1
16.	2022. 09. 04.	2
17.	2022. 09. 06.	1
Összesen		30

Forrás: a szerző szerkesztése a MH 1. TFE adatbázisa alapján.

A Dunában talált eszközök bejelentései közel 5%-át tették ki az éves adatnak, a légibombák, tűzségi lőszer és lövedékek, kézigránatok szintén elmaradnak arányaiban ettől a számtól. Ami azonban szembetűnő, hogy a 2018-as évben Magyarország területén hatástalanított aknagránatok 11,6%-a dunai helyszíneken került elő. Ez számomra egy nem várt fejlemény volt, annak ellenére, hogy számítottam némi eltérésre a szárazföldön előkerülő robbanótestek arányában. Főleg azért, mert sok esetben több eszköz kerül elő, akár többszáz darab is egy-egy átlagosnak tűnő bejelentésnél és ilyen helyszínekre a Dunában nem

számítottam. Mindezek ellenére az adatok alakulása további, részletesebb kutatásra sarkallt ebben a szegmensben.

5. táblázat: 2018-ban a Dunából előkerült robbanótestek

Fsz.	Megnevezés	Mennyiség (db)	Éves adat aránya (%)
1.	Gyalogsági lőszer	63	0,2
2.	Kézigránát	18	3,8
3.	Aknagránát	77	11,6
4.	Tüzérségi lőszer, lövedék	59	1,6
5.	Légibomba	3	1,6
6.	Akna	2	29
7.	Egyéb robbanótest	51	0,2
8.	Nem robbanótest	10 db + 10 kg	Nincs adat
Összes robbanótest		273	Nem releváns adat

Forrás: a szerző szerkesztése a MH 1. TFE adatbázisa alapján.

A fenti eredmények miatt részletesen elemeztem a Dunából kiemelt robbanótestek típusait, de kizárólag azokat, melyekből legalább három egyező típusú került elő (6. táblázat). Az eredmények alapján kijelenthető, hogy főleg szovjet gyártmányok kerültek bele a listába, szám szerint 12 db különböző típus. Az egyes robbanótestek típusain belül a különböző, részben eltérő változatokat nem vettem külön kategóriába.

Ki kell jelentenem, hogy ezek a típusok és a megoszlás már nem hordozott meglepetésszerű eredményt. Az arány továbbra is meglepő, hiszen a 82 mm-es szovjet repeszhatású aknagránátokból 56 darabot semmisítettek meg a katonák. Ebben a vonatkozásban kiemelném, hogy pusztán a magas darabszám és nem a típus a meglepő, még akkor is, ha tapasztalataim szerint ez az egyik leggyakoribb fel nem robbant veszélyes eszköz hazánk területén.

Ez az eredmény fontos lehet a helyszínre érkező szakemberek számára, mert azt mutatja, hogy egyáltalán nem, vagy kifejezetten ritkán kerül elő a Dunából olyan robbanótest, amely ritkaságából fakadóan kiemelkedő kihívást jelent, esetleg további adatgyűjtést igényel a kezelése.

6. táblázat: 2018-ban a Dunából kiemelt gyakori robbanótestek

Fsz.	Típus	Gyártó ország	Mennyiség (db)
1.	82 mm-es repesz aknagránát	Szovjetunió	56
2.	120 mm-es repesz-romboló aknagránát		11
3.	30 mm-es repesz tűzérési gránát		30
4.	37 mm-es repesz tűzérési gránát		3
5.	45 mm-es repesz tűzérési gránát		13
6.	45 mm-es páncéltörő tűzérési gránát		3
7.	45 mm-es űrméret alatti páncéltörő tűzérési gránát		3
8.	76 mm-es repesz-romboló tűzérési gránát		3
9.	85 mm-es repesz-romboló tűzérési gránát		3
10.	85 mm-es légvédelmi repesz tűzérési gránát		4
11.	85 mm-es páncéltörő tűzérési gránát		4
12.	F-1M kézigránát		14
13.	81 mm-es repesz aknagránát	Németország (Nagynémet Birodalom)	6
14.	7,5 cm-es páncéltörő tűzérési gránát		5
15.	4 cm-es légvédelmi repesz tűzérési gránát	Magyar Királyság	3
16.	42M kézigránát		3

Forrás: A szerző szerkesztése az MH 1. TFE adatbázisa alapján.

1.4 A TŰZSZERÉSZ SZAKFELADATOK TERVEZÉSÉRE HATÓ TÉNYEZŐK ÉS INDIKÁTORAIK

Ahogy a korábban bemutatott adatokból is látszik,⁵⁰ a MH tűzszerezés katonái folyamatos leterheltség mellett látják el közszolgálati feladataikat. Mivel a feltételezett robbanótestek bejelentése a MH Tűzszerezés Ügyeletére azok megtalálása esetében történik, így a szervezési feladatokat nagy előrelátással érdemes tervezni a szakembereknek, de részletekbe menően nem lehetséges hosszú távú terveket készíteni. Van néhány olyan indikátor adat, melynek figyelembe vételével azonban nagyobb valószínűséggel lehetséges felkészülni az évenként ismétlődő vagy eseti kihívásokra.

Az éves ciklusok tekintetében kijelenthető, hogy a téli hónapok (december–február) viszonylag nyugodt ütemben zajlanak le. Ezt az időszakot márciusban egy hirtelen emelkedés követi, mely áprilisban csúcsosodik ki. Ilyenkor a téli átlagos adatok triplája is rögzítésre kerülhet. Ezek a számok nagyobb erőforrások alkalmazását irányozzák elő, mely vélhetően a téli időszakot követő mezőgazdasági munkálatok, illetve a tavasszal fellendülő építőipari folyamatok eredménye. Ezt követően a május hónapban kezdődő visszaesés június hónapig elhúzódik, majd kisebb hullámokkal eltart októberig vagy elhúzódó jó időjárás esetén akár novemberig is. Az őszi földmunkák időszakában előfordulhat esetenként kisebb emelkedés szeptember–október hónapokban. Ezt az időszakot követően a riasztások száma lecsökken a télen megszokott értékekre.

Ebben a tekintetben együtt kezelendő indikátor a kisvízi helyzetekhez kapcsolódó dinamikus terhelés és a tűzszerezés szakfeladatok mennyisége. 2018-ban egyhónapnyi ilyen aszályos állapot azt eredményezte, hogy a korábbiakhoz képest a Dunában talált feltételezett robbanótestek helyszíneinek a száma 14–19-szer nagyobb lett. 2022-ben két hét leforgása alatt, amikor a Duna szintje lecsökkent a 100 cm-es vízmércén mért vízszint alá 30 db riasztás rögzítettek a szakemberek, ami viszonyításképpen a teljes 2017-es adat 6-szorosa.

Meg kell jegyezni, hogy a 2018. novemberi kisvízi időszak esetében a bejelentések számában már nem volt ilyen arányú emelkedés, ami arra utal, hogy a szabadidős tevékenységre alkalmas időjárásnak és a kisvízi helyzetnek együtt van jelentős hatása az adatok emelkedésére. Mindezek ellenére arányait tekintve ez a 8 db helyszín is jelentősen több mint a 2017-ben regisztrált éves adat (5 db).

⁵⁰ Gyakorlatilag az év minden időszakában érkeznek bejelentések robbanótestekről. A korábban vizsgált hároméves időszakban a napi átlag több mint 5 db riasztás volt.

A fentiek alapján a következő megállapításokat teszem a kisvízi helyzetekre vonatkoztatva:⁵¹

- a Duna csökkenő vagy alacsony vízállása esetén fel kell készülni a mederből vagy a partról érkező bejelentések számának növekedésére, ha a Duna vízállása Budapestnél 200–150 cm;
- emelkedés lehetséges a bejelentések számában a normálisnak tekinthető adatokhoz képest, melyhez nem feltétlenül szükséges többlet erőforrás bevonása, ha a Duna vízállása Budapestnél 150–100 cm;
- kialakult kisvízi helyzet, mely hirtelen és jelentős számú riasztást generál, melyek kezeléséhez többlet erőforrások szükségesek, ha a Duna vízállása Budapestnél 100 cm alatti;
- a kisvízi helyzet önmagában képes riasztási növekményt okozni, de várhatóan csak mérsékelt számban;
- extrém nagyszámú bejelentéshez a kisvízi helyzet és a szabadidős tevékenységhez, munkavégzéshez alkalmas időjárás együttes fennállása vezet;
- tágabb értelemben a Duna vízállásához kapcsolt indikátorok egy aszályos időszakban Magyarország többi felszíni vizére is értelmezhetők, de vélhetően kisebb volumenben megfelelnek az előjelzésre, bár ez további elemzést tesz szükségessé.

A tűzszerész szaktevékenység szervezése vonatkozásában a különböző terheket okozó hatásokat az alábbi rendszerbe sorolom:

- *normál terhek*: ezek az építőiparból, a mezőgazdaságból, tágabb értelemben az ország mindennapi életéből fakadó terhek;
- *dinamikus terhek*: alapvetően előre nem tervezhető, több helyszínen felmerülő terhek, melyek viszonylag rövid idő alatt nagy leterhelést okoznak (extrém időjárás, környezeti katasztrófák stb.);
- *különleges terhek*: ezek alapvetően egy helyszíntre fókuszáltak, mely kiterjedésében jelentős méretű is lehet, de valamiért elhúzódó terheket okoznak (nagy méretű robbanótest hatástalanítása, bűvár tűzszerész tevékenység, nagyszámú robbanótest a bejelentett helyszínen stb.).

A fent jelzett terhek tehát meghatározzák a riasztások alakulását. Éppen ezért fontosnak tartom összegezni az indikátorokat a terhek tükrében. Ezek segítségével nagyobb

⁵¹ EMBER 2019: 71.

hatékonysággal lehetséges felkészülni a tűzserész szakfeladatok megszervezésére, mely optimalizálhatja az erőforrások felhasználását. Ezeket az adatokat az alábbi segédletben foglaltam össze (7. táblázat).

7. táblázat: Segédlet a tűzserész szakfeladatok szervezéséhez

Fsz.	Teher típus	Vizsgált adat	Feladat
1.	Normál	Márciusban felfutó bejelentésszám.	A téli időszakban alkalmazott erők <i>dupláját</i> szükséges betervezni szakfeladatok végrehajtására.
2.		Áprilisban tetőző bejelentésszám.	A téli időszakban alkalmazott erők <i>tripláját</i> szükséges betervezni szakfeladatok végrehajtására.
3.		Májusban csökkenő bejelentésszám.	A márciusban alkalmazott erők létszámát szükséges <i>betervezni</i> szakfeladatok végrehajtására.
4.		Június – november időszaki stagnáló bejelentésszám.	A májusban alkalmazott erők létszámát esetenként <i>csökkenteni</i> lehet, de ajánlatos tartalékot képezni.
5.		December – február időszak.	50–60 riasztás kezeléséhez szükséges szakállományt szükséges havonta <i>betervezni</i> tűzserész szakfeladatokra.
6.		Építőipar hatásai.	Kizárólag <i>egyeztetés</i> , beérkezett információ esetén lehetséges tervezni.
7.	Dinamikus	A Duna vízállása Budapestnél 200–150 cm közötti.	Fel kell készülni a vízi bejelentések számának <i>növekedésére</i> , tartalékot kell képezni.
8.		A Duna vízállása Budapestnél 150–100 cm közötti.	Továbbra is szükséges az erőforrás <i>tartalékok generálása</i> , szükség esetén alkalmazása.
9.		A Duna vízállása Budapestnél 100 cm alatti.	A napi szakfeladatokba bevont alegységek, járőrök számának <i>növelése</i> szükséges.
10.	Különleges	Különleges helyszínek.	Kizárólag <i>egyeztetés</i> , beérkezett információ esetén lehetséges tervezni.

Forrás: a szerző szerkesztése.

A fenti ábra vonatkozásában ki kell jelentenem, hogy nem minden lehetséges helyzetre tettem ajánlásokat, csupán a kutatásaim során érintett területekre. Azt kifejezetten fontosnak

tartom hangsúlyozni, hogy egyes esetekben, mint az építőipari hatások és a különleges helyszínek, nem lehetséges az alapos tervezés, ha nincsen beérkező adat a folyamatokról, az esetlegesen folyó lőszermentesítésekről. Ezt az információs hiányt a szakembereknek gyors és proaktív vezetési, szervezési manőverekkel kell pótolni a mindennapok során. Ezt a nem éppen kedvező körülményt lehetséges lenne felszámolni egy szervezet beemelésével a rendszerbe, mely betölthetni többek között az információs csatorna szerepét is. Ezt a lehetséges szervezetet a későbbiek során fogom részletesen elemezni.

1.5 RÉSZKÖVETKEZTETÉSEK

A fejezetben sikerült részletesen áttekintennem a hazai közszolgálati tűzszerész szaktevékenység katonai ágának néhány aspektusát. A történelmi áttekintés és jogi keret tisztázása fontos felvezetője volt a vizsgált területnek, mert egy alapvetően nagy tradícióval rendelkező, önálló jogszabály által keretbe foglalt tevékenységről beszélhetünk. Ezek ismeretében számos később vizsgált eredmény már könnyebben értelmezhetővé vált, különösen a robbanótestekkel szennyezett területek, valamint az előkerült és hatástalanított veszélyes eszközök típusai tekintetében.

Sikerült részletesen elemezni három év időszakára a tűzszerész statisztikai adatokat, melyek esetenként nem várt tényekre világítottak rá. Elsősorban az évenkénti bejelentési számok alakulását vizsgáltam meg, annak érdekében, hogy kialakíthassak egy tűzszerész szakfeladatok szervezését segítő adattáblát. Ezek alapján kijelenthető, hogy a vizsgált periódusban kisebb eltérésekkel, de ugyanolyan intenzitással érkeztek a bejelentések a MH Tűzszerész Ügyeletére. Ezek alapján megállapítottam, hogy a legjelentősebb terhet ebből a szempontból a tavaszi időszak jelenti, amikor március hónapban megkezdődik a riasztások számának jelentős növekedése, mely áprilisig folyamatosan emelkedik és elérheti a februári adatok többszörösét is. Ez ugyan egy dinamikus folyamat, de minden évben ismétlődik, ezért jól fel lehet rá készülni. A felfutás okának a tavaszi mezőgazdasági munkák megkezdését és a javuló időjárási körülmények miatt fokozódó építőipari tevékenységet jelöltem meg.

Az ország szennyezettsége tekintetében is folytattam elemzéseket, melyeket a fentiekkel megegyező időszakra vetítve végeztem el. A vármegyéenkénti bontásban készült adatok alapvetően nem okoztak nagy meglepetést, hiszen az adatok alapján a II. világháborúban frekvenciát országresztek lettek a leginkább szennyezettek. Magyarország központi régiója ebből a szempontból szembetűnően kiemelkedik. Budapest, Pest vármegye és Fejér vármegye az a régió, ahonnan a vizsgált három évben az éves riasztási adatok csaknem fele beérkezett.

Ez összhangban van a fentebb jelzett hadtörténelmi tényekkel és az pedig kifejezetten szerencsés, hogy a robbanótestek hatástalanítására kijelölt szervezet, az MH 1. TFE bázisa szintén ebben a régióban található. Ez komoly gazdasági, költségoptimalizációs tényező és szintén igazolja, hogy az elmúlt évtizedek átszervezései során jelentősen figyelembe vették a meghatározó szempontokat, trendeket és aktualításokat.

Ami viszont a szennyezettség szempontjából meglepetést jelentett, az Győr-Moson-Sopron vármegye. A rendelkezésre álló információk alapján várható lett volna, hogy egy kifejezetten magas bejelentési számmal jelentkező országrész, de ezt az adatok nem igazolták. Éppen ellenkezőleg, esetenként az átlagos esetszámot is csak alulról érték el az adatok, ami egy nem várt eredmény. Azt viszont meg kell jegyeznem, hogy ezt a tényét jelenleg nem vizsgálom tovább, mert jelentősen eltávolítania kitűzött kutatási céljaimtól.

A legkevésbé szennyezett országrészek tekintetében az elvárt eredmény született. Békés vármegyéből érkezik továbbra is a legkevesebb riasztás, de Tolna vármegye, Nógrád vármegye és Zala vármegye is átlag alatti adatokkal szerepel a listákban.

A közszolgálati tűzserész szakfeladatokhoz kapcsolódva megvizsgáltam az éghajlatváltozás egyik jelentős hatását, amely befolyással van a tűzserész szakfeladatok szervezésére, végrehajtására. Az egyre gyakrabban fellépő 100 cm alatti vízállás a Dunán Budapestnél, az úgynevezett kisvízi állapot egy ilyen tényező, mely dinamikus terhelést jelent a tűzserész tevékenység tekintetében. Az elemzéssel sikerült bizonyítanom, hogy jelentősen megemelkedhet az éves szinten Dunából érkező bejelentések száma, akár 19-szeresére is 30 nap kisvízi helyzet hatására. Ezeknek a helyszíneknek a felszámolása sok esetben gyors reagálást követel, hogy az emelkedő vízállás következtében ne emelkedjenek jelentősen a hatástalanítás költségei. A 2018-as kisvízi adatokat éves viszonylatban elemeztem, melyhez az azt megelőző két év adatai jó kontrasztot biztosítottak. Annak érdekében, hogy más eredménnyel is megerősítsem az adatokat, 2022. augusztus–szeptember időszakából is vizsgáltam egy periódust. Ekkor már napi bontású adatokkal is sikerült igazolnom a feltételezéseimet és az aszályos körülmények jelentette dinamikus terhelést a tűzserész alakulat felé.

A rendelkezésekre álló adatok birtokában kialakítottam a kisvízi helyzetekből fakadó dinamikus terhek kezelése érdekében a Duna vízállási adataihoz kapcsolódó indikátorokat. Mivel az MH 1. TFE hadihajós szaktevékenységet is végez a Dunán, ezek a vízállás adatok rendelkezésre állnak napi szinten, ezért azok folyamatos nyomonkövetése nem jelenthet nagy terhet a kijelölt szervezeti elemnek. Ennek ellenére viszont nagy jelentőségű lehet, ha időben

sikerül felkészülni egy ilyen helyzetre. Ezzel kapcsolatban már a 200 cm-es budapesti vízszint esetében fokozni kell a figyelmet, 150 cm alatt már tartalék erőket szükséges képezni a helyzet kezelése érdekében. 100 cm alatt pedig igen valószínű, hogy a bemutatott esetekhez hasonlóan jelentősen emelkedik a Duna medréből érkező riasztások száma, mely a bevetésre tervezett tűzszerész járőrök növekvő számát eredményezheti.

A fentiekre figyelemmel kialakítottam egy kategóriarendszert a tűzszerész szakfeladatokra nehezedő terheket illetően, melyek a feltételezett robbanótest bejelentések mennyiségével arányosak. Ezek a normál, dinamikus és különleges terhek azok, melyek alakítják a riasztási adatokat és okoznak esetenként hirtelen növekedést, mely kihívásokat jelent az MH 1. TFE állományában a tűzszerész szakfeladatokat tervező szervezeti egység számára. Ez a csoportosítás teremtette meg az alapját egy segédletnek, mely hasznos információkat tartalmaz a felfebb említett szervezeti egység számára, de szeretném kijelenteni, hogy kizárólag a kutatásaimban vizsgált területekre vonatkozó adatokat tartalmazza. Ez természetesen a jövőben tovább alakítható, bővíthető az igényeknek megfelelően, kiegészíthető új tényezőkkel a minden részletre kiterjedő szervezési feladatok megvalósítása érdekében.

2. FEJEZET

A HAZAI LŐSZERMENTESÍTÉS KIHÍVÁSAI

„Ha a katonák kiképzése szokássá válik,
számíthatsz arra, hogy jól képzett lesz a
sereged.”⁵²

Szun-Ce

A lőszermentesítés hazai vonatkozásai igen szerteágazók. Több szempont szerint érdemes vizsgálni a területet és annak esetleges hiányosságait, kockázatait. Ezen a gondolatmeneten elindulva szeretném átvilágítani a legfontosabb veszélyeket, melyek a tűzszerészekre, lőszermentesítőkre leselkednek.

Ennek a vizsgálatnak az érdekében áttekintem a robbanótestek kategóriáit, legfontosabb típusait, valamint a bennük rejlő kockázatokat. A veszélyeket ugyan nem lehet teljeskörűen megszüntetni, de törekedni kell rá, hogy minél kevesebb legyen belőlük. Azonosítani fogom a hazánkban előforduló leggyakoribb robbanótestek hatástalanítása, kezelése során fellépő robbanásveszély okait. Példákat fogok bemutatni egy-egy kifejezetten veszélyes folyamat lehetőségére, ezzel alátámasztva eredményeimet.

A civil lőszermentesítés és az építőipar kapcsolódását is elemezni fogom, valamint megvizsgálom majd a területen szolgáltató cégekre vonatkozó jogszabályok és szabványok helyzetét.

Ezt követően részletesen áttekintem a tűzszerészeti tevékenység irányítására, szervezésére és ellenőrzésére vonatkozó nemzetközi ajánlásokat. Ezek alapján pedig ki fogom alakítani az elgondolásomat egy hazánkban is alkalmazható, a meglévő rendszerbe integrálható hatósági szervezetre, amely képes javítani a kialakult helyzeten.

A fejezet tartalma tekintetében kialakított hipotézisem a következő:

Szükséges és lehetséges kialakítani egy szabályozási, ellenőrzési szervet a magyar közigazgatás struktúrájában, amely megfelelő szakmai felügyeletet gyakorol a lőszermentesítés területén és képes annak szabályozási, szabványosítási hátterét kialakítani, annak fejlesztésében részt venni.

⁵² SZUN-CE (2018): *A háború művészete*. Ford. TOKAJI Zsolt. H. n.: Helikon, 40.

2.1 ROBBANÓTESTEK RENDSZEREZÉSE

A tűzszerész szakfelkészítésben jelentős szerepet kap a robbanótest anyagismeret. Fontos a szakemberek számára, hogy akár technikai támogatás nélkül is képesek legyenek azonosítani a különböző robbanótesteket és ezzel növeljék a feladatok végrehajtásának biztonságát. Minél magasabb osztályos fokozattal rendelkezik egy tűzszerész, annál több robbanótestet és különleges helyzetet kell felismernie. Ez utóbbiak közé tartozik a sérült gyújtószerkezetek kezelése is, ami szinte lehetetlen, ha nincs pontos információ a belső szerkezet felépítéséről, működéséről. Ez a felkészülési folyamat hosszú, évekig elhúzódhat, mire egy jelölt eléri, hogy önállóan vezethessen hatástalanítási feladatot. A hazai gyakorlatban az alábbi rendszerben vannak felosztva a veszélyes eszközök:⁵³

- gyalogsági lőszer;
- kézigránátok;
- puszkagránátok;
- aknagránátok;
- páncélelhárító eszközök;
- tüzérségi gránátok és lőszer;
- rakéták;
- bombák;
- aknák.

Fontosnak tartom, hogy röviden, a mindenre kiterjedő részletességtől mentesen összegezzem a fenti csoportokat. Nem tartom a témához szorosan kapcsolódónak minden egyes csoport alapos elemzését és osztályozását, de szeretném elérni, hogy bemutatásra kerüljön egy átfogó kép a területről. Ez jó alapot biztosít majd a témám további kutatási irányainak.

Minden egyes fent említett típusnak megvannak a jellegzetességei, melyeket a szakemberek ismernek. A gyalogsági lőszer esetében sok laikus nem érzékeli a bennük rejlő veszély magas szintjét. Mindenki „ismeri” őket valamennyire, és ez hamis biztonságérzetet adhat, viszont valójában képesek halálos sérülést okozni. Vannak olyan típusok például, melyek robbanótöltetet hordoznak magukban. A 13 mm-es kaliberű német repülőgép fedélzeti lőszer egy nagyon jó példája ennek. Megfelelő szaktudás nélkül könnyen összekeverhető egy

⁵³ EMBER István (2021): The role and the risks of explosive ordnance decontamination in Hungary. *Science & Military (Veda a Vojenstvo)*, 16(1), 35. Online: http://ak.aos.sk/images/repozitar/sam/sam_1_2021/sam_1_2021_5.pdf

12,7 mm-es lövedékkel, pedig ez gyújtószerkezetet és robbanóanyagot is hordoz. Ebből a szempontból kifejezetten fontos, hogy minden előkerült robbanótest, akár gyalogsági lőszer kezelését, mozgatását bizzuk szakemberekre.⁵⁴

A kézigránátok csoportjában sokféle altípussal találkozhatunk. Alapvetően lehetnek támadó vagy védő típusok, repeszhatásuk függvényében. A nagyobb repeszhatásúak a védő változatok, mert az alkalmazásuk során a katonák a kiépített védelmi létesítményekben, erődítési objektumokban tartózkodnak, melyek számukra védelmet biztosítanak. Természetesen vannak harcokosi, páncélozott járművek elleni változatok, melyek általában kumulatív hatással rendelkeznek. Az éles típusok között a különböző köd töltetűek is megjelenhetnek, mert a harcok során ezeknek is nagy jelentősége volt. Általában a tevékenység rejtésére alkalmazták őket. Természetesen oktató, gyakorló, valamint makett változatok is lehetnek, melyek közül kizárólag az úgynevezett éles gyakorló típusok tartalmazhatnak robbanóanyagot, illetve pirotechnikai anyagot.⁵⁵

A puskagránátok gyakorlatilag a kézigránátok alkalmazási távolságának növelése céljából lettek kifejlesztve. Itt is megtalálható a repesz változat az élőerő pusztítására, kumulatív eszköz a páncélozott célok ellen és még néhány különleges változat. Ez utóbbiak lehetnek akár köd- vagy ingerlő hatású anyagokkal töltve. Az alkalmazásuk kezdetben fegyvercsőbe bevezethető pálcákkal, majd felszerelhető kiegészítő vetőcsövekkel történt. Manapság a fegyverek csövének aljához vannak rögzítve ezek a gránátvetők, de akár önálló fegyverként is alkalmazhatók.⁵⁶

Az aknagránátokat a meredek röppálya igénye hívta életre. Ezzel a módszerrel a fedezékben, takarásban lévő ellenségre is csapást lehet mérni. Az alapvető típusok itt a repesz változatok, de a kaliber növekedésével már jelentős romboló hatás is lehetséges. A romboló eszközök repeszhatása kisebb, de a kialakítása és robbanóanyag mennyisége miatt az erődítési létesítményekben képesek meghatározó károkat okozni. Az ilyen jellegű hatáshoz megfelelő gyújtószerkezet is szükséges, mely biztosítja a késleltetett gyújtást. A kettős típusok, a repeszromboló változatok ötvözik a pusztítás fentebb bemutatott két vállfaját. Tűzszerész szempontból a besorolásukat az állítható gyújtószerkezet határozza meg, hiszen a beállításnál dől el, melyik hatás lesz érvényes becsapódáskor. Ebben a kategóriában már 160 mm-es, sőt akár 280 mm-es kaliberről is beszélhetünk, melyek tömege egyes légibombákéval vetekszik.

⁵⁴ EMBER 2021a: 35.

⁵⁵ EMBER 2021a: 35.; GERSBECK, Tom (2014): *Practical Military Ordnance Identification*. Boca Raton: CRC, 116.

⁵⁶ EMBER 2021a: 36.; GERSBECK 2014: 133.

Természetesen itt is vannak egyéb speciális típusok, mint világító, gyújtó vagy köd. Érdekeség, hogy elvétve találkozhatunk kumulatív, tehát harcjárművek leküzdésére szolgáló változattal.⁵⁷

A páncélelhárító eszközök esetében alapvetően a kézi indítású, nem irányított rakéták egy csoportját érjük. Ezek a robbanótestek valamilyen kumulatív harci résszel készülnek a sikeres páncélatütés érdekében. A legtöbb változat rendelkezik valamilyen lőporos hajtóművel, hajtó töltettel, de előfordul olyan is, melyet mechanikai energia⁵⁸ juttat célba. Ez utóbbi például többször felhasználható vetőcsövet feltételez, de több típus esetében⁵⁹ ez csak egyszer használatos, vagy gyárilag lehet újra felhasználhatóvá tenni.⁶⁰

A tüzérség által alkalmazott robbanótestek, gránátok és lőszernek talán a legszélesebb csoport. Rengeteg űrméret, számtalan rendeltetés és azok tucatnyi változata lehetséges. A repesz, repesz-romboló, romboló és páncéltörő gránátok alaprendeltetésűnek tekinthetők, mert a konkrét harc megvívásához szükségesek. Előfordulhatnak vegyi töltettel készült, kifejezetten veszélyes robbanótestek.⁶¹ Több olyan változat is van azonban, melyek pusztán támogatják a fegyveres küzdelmet. Ilyenek lehetnek többek között a világító, köd és propaganda célú robbanótestek. Ezzel azonban nem merült ki a felhasználhatóság. Vannak olyan szubmuníciós lőszer, melyek szórt aknamezők létrehozására képesek. Ezek az eszközök kisméretű aknákkal vannak feltöltve, és a gyújtószerkezet hatására a röppályán a megfelelő helyen kilökődnek a gránáttestből. A sokszínű felhasználás a gyújtószerkezeteken is felfedezhető. Majdnem minden változat eltérő működésű gyújtószerkezetet követel. Gyakorlatilag fej és fenék elhelyezkedésű gyújtószerkezetekről beszélhetünk, de előfordulhat olyan, melyet a gránáton belül helyeztek el,⁶² de lehetségesek fej érzékelésű fenék elhelyezésű⁶³ alkatrészek is. Ez utóbbi kifejezetten megnehezíti a tüzérszerzők munkáját. Tapasztalataim szerint talán a tüzérségi gránátok tekinthetők a II. világháborúból visszamaradt legnagyobb kihívásnak a sokszínűségük és veszélyességük miatt.⁶⁴

A rakéták egy igen modernnek tekinthető fegyvertípus. A II. világháború során már tömegesen használták őket, bár ekkor még a föld-föld változat volt a legelterjedtebb.

⁵⁷ EMBER 2021a: 36.; Department of the Army – U.S. Marine Corps (1994): *Unexploded Ordnance (UXO) Procedures (FM 21-16)*. Washington, D.C.: Department of the Army, 2–20.

⁵⁸ A brit PIAT (Projector Infantry Anti-Tank) fegyver esetében egy erős rugó biztosítja az energiát.

⁵⁹ Pl.: a német Panzerfaust család.

⁶⁰ EMBER 2021a: 36.

⁶¹ Részletesebben a következő fejezetben.

⁶² Pl.: magyar 33M fenék gyújtószerkezet, a 15 cm-es romboló gránáthoz.

⁶³ Pl.: szovjet V-15 gyújtószerkezet, kumulatív hatású tüzérségi gránáthoz.

⁶⁴ EMBER 2021a: 36.

A sorozatvetőkből kilőtt rakéták⁶⁵ hatékonyságát sokan megkérdőjelezték, de az Ukrajnában zajló háború rávilágított, hogy napjainkban is nagy jelentőséggel bírnak. Érdekesség, hogy ez a kategória magába foglalja a modern rakétákat is, melyek pedig már igen bonyolult eszközök, részletes ismeretük kiemelkedő és célirányos felkészültséget igényel. Az ilyen irányított rakéták a legfejlettebb fegyverrendszerek részét képezik, ezért részletes ismeretük a legtöbb esetben titokvédelem alá esik. Ebben a csoportban megkülönböztethetünk az indítás helye és a céltárgy helye szerint altípusokat,⁶⁶ melyek között jelentős eltérések lehetnek. Egy másik osztályozási módszer az irányításukat veszi alapul,⁶⁷ mely nagyban függ az előző csoportban elfoglalt helyüktől az alkalmazott technológia miatt.⁶⁸

A szakemberek bombák alatt minden esetben a levegőből ejtett robbanótesteket értik. A II. világháború egyik legborzalmasabb fegyverei voltak ezek az eszközök. Mivel ekkor még a pontossága nem volt kiemelkedő, ezért egy-egy katonai szempontból fontos objektum támadásakor rengeteg civil épület is megsemmisült. Úgy tűnik, az ilyen bombázások során nem számított az elvesztett civil életek száma, kizárólag a katonai célok elérése volt a legfontosabb. Itt is azonosíthatók a fentebb már említett alaptípusok. A repesz és romboló változatokat itt is kiegészíti gyújtóhatású, világító, villanó és számtalan más típus. Érdekességként meg kell említeni, hogy az I. világháború során sokszor a személyzet ejtette a kezével a kisméretű eszközöket a célpontokra.⁶⁹

Ezek közül a robbanótestek közül tehát sokat úgy alkalmaztak, hogy felkészültek az esetleges hibákra. Számoltak azzal, hogy néhány bomba nem fog felrobbanni és a hatástalanító csoportot vették célba. Ilyenkor kiszereelés elleni biztosítást helyeztek a gyújtószerkezetbe, vagy egészítették azt ki ilyen eszközzel, de messze nem ez a legádázabb változat. Készült olyan gyújtószerkezet, mely a becsapódás vagy vetés után órákkal, esetleg napokkal robban fel. A civil lakosság számára már a bombázások, légiriadók ténye is hatalmas rémületet okozhatott. Egyes német típusokat pedig kiegészítettek olyan sípokkal,⁷⁰ melyek tovább fokozták ezt a félelmet. Manapság kifejezetten modern és drága fegyvernek számít a légibomba és elmosódnak a határok köztük és a rakéták között. A napjainkban alkalmazott precíziós eszközök már szakítottak a korábbi hagyományokkal. Nem szükséges több ezer bombát

⁶⁵ Pl.: szovjet M–8, M–13 stb.

⁶⁶ Pl.: föld-föld, levegő-levegő stb.

⁶⁷ Pl.: irányított és nem irányított.

⁶⁸ EMBER 2021a: 37.

⁶⁹ GERSBECK 2014: 155–167.; DARUKA Norbert (2014a): Robbanótestek I. – Amit a bombákról tudni érdemes. *Műszaki Katonai Közöny*, 24(4), 70–78. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2298/1565>

⁷⁰ Jerico síp.

alkalmazni, mert a modern technika lehetővé teszi a célpontok elpusztítását akár egy robbanótesttel.

Az aknák elődje az úgynevezett szárazföldi torpedó, ennek az eszköznek az alkalmazását Zubovits Fedor fejlesztette magas szintre az 1870-es években.⁷¹ Az aknák okozták világszerte a legnagyobb problémát egy-egy háború után. Az aknamezők nem tűnnek el és lehetetlenné teszik fontos utak, objektumok használatát, valamint a mezőgazdaságnak és az iparnak is fontos és meghatározó gátjai. Egy-egy konfliktus után minden esetben a gazdaság mielőbbi beindítása a cél, ezt pedig csak akkor lehet elvégezni, ha sikerül biztonságossá tenni az adott országot. Ezek a robbanótestek alapvetően gyalogság elleni és harcjármű elleni kategóriákra oszthatók fel. A harcjárművek elleni típusok nagy mérete viszonylag könnyen beazonosíthatóvá teszi őket. A gyalogság elleni változatok mérete manapság már kifejezetten kicsi is lehet. Nem az a céljuk, hogy elpusztítsák a gyanútlan katonákat, hanem a súlyos sérülések okozása, ami további erőforrásokat von el a harcoló csapatoktól. Az élőerő elleni változatok néhány meghatározó altípusa: a romboló, a repesz, irányított repesz és ugró repesz.⁷²

2.2 A ROBBANÓTESTEK BEN REJLŐ VESZÉLYEK

A hagyományos vagy katonai eredetű robbanótestekkel kapcsolatban lehetőségünk van, hogy meghatározzuk azokat a veszélyforrásokat, melyekkel a tűzszerész szakembereknek meg kell küzdenie. Ehhez előbb azonban vizsgáljuk meg, hogy milyen szempontokat kell számításba vennie egy ilyen hatástalanítás során:⁷³

- a gyújtószerkezet állapota: sérülés, törés, korrózió stb.;
- a robbanótest fizikai állapota: sérülések, törés, korrózió stb.;
- alkalmazottság: élesedett, nem élesedett működtető szerkezet (amennyiben ez mérvadó az adott típusnál);
- alkalmazott robbanóanyagok és azok lehetséges állapota: kristályosodás, bomlás stb. jelei;
- a környezetből fakadó egyéb tényezők: égésnyomok a robbanótesten, vagy annak környezetében stb.

⁷¹ LUKÁCS 2017: 21.

⁷² EMBER 2021a: 37.; GERSBECK 2014: 232.

⁷³ EMBER István (2020a): A robbanótestek, mint a talajban fekvő potenciális veszélyforrások. In: Varga et al.: *Geotechnika 2020 Konferencia*. Budapest: Konferencia Iroda, 29. Online: <http://geotechnikakonferencia.hu/achivum/>

A fentiek után kizárólag a veszélyes eszközökre koncentráltan állítottam össze az alábbi listát a lehetséges veszélyekről, nem képezi részét többek között a robbantási tevékenység, mely önmagában is egy életveszélyes feladat. A robbanótestekben rejlő veszélyforrások tehát a következők:

- a gyújtószerkezet:
 - az esetlegesen végbement élesedési folyamat;
 - az esetlegesen végbement belső korrózió és bomlási folyamatok;
 - a gyújtószerkezetben található robbanóanyag esetleges vegyi átalakulása;
 - a gyújtószerkezetben található pirotechnikai anyagok és keverékek vegyi átalakulása;
- a robbanóanyag töltet:
 - az esetleges vegyi átalakulás;
 - a mérgező hatásai;
- pirotechnikai anyagok és keverékek:
 - az esetleges vegyi átalakulás;
 - a mérgező hatásai.

2.2.1 A gyújtószerkezetek lehetséges hibáiról

A gyújtószerkezet tekintetében a leggyakoribb probléma, mellyel a szakembereknek napi szinten foglalkozni kell, az élesedés folyamata. Ebben a tekintetben elmondható, hogy a szakfeladatok során az alapvető szempont a robbanótestek alkalmazottságának a meghatározása. Az eszközök külső alkatelemeiből ez a legtöbbször nagy biztonsággal megállapítható, ilyenkor pedig a szerkezet belsejében vélhetően már lezajlott a kibiztosítás, élesedés folyamata. Ilyen esetben a szakemberek számára a legmagasabb veszélyességi kategóriába kell sorolni az esetet, persze lehetnek kivételek. Amennyiben az alkatrészek a kibiztosítás, eldobás, kilövés és vetés következtében vagy során fellépő erőhatások miatt tényleg élesedtek, akkor a veszélyes eszköz felrobbanását már csak néhány dolog akadályozhatja meg.

A gyújtószerkezet esetében a következő problémák okozhatnak ilyen helyzetet:

- összeszerelési hibák: szabotázs vagy figyelmetlenség;
- nem megfelelő minőségű alkatrészek, alapanyagok;
- nem megfelelő tervezés;

- a célközeg nem megfelelő tömörsége;
- a nem megfelelő becsapódási szög.

Ezekben a helyzetekben a szakembereknek természetesen nem kell a fenti eshetőségeket mérlegelni, a legtöbbet nem is lehetne meghatározni a helyszíni adatokból. Éppen ezért vannak a biztonsági rendszabályok és bevett gyakorlatok, melyek csökkentik a hatástalanítási feladatok során fennálló kockázatot.

A gyújtószerkezetekkel kapcsolatban van azonban néhány információ, melynek a birtokában kell lennie a katonáknak olyan helyzetekben, amikor azok kiszérése elkerülhetetlen. Fontos ismerni a működési mechanizmusát, a pirotechnikai és robbanóanyag tartalmát, a csavarmentet irányát, az egyéb rögzítési módokat, valamint azt, hogy a detonátor egy szerkezeti egységet alkot-e a működtető résszel. Ezeknek az adatoknak az ismerete elengedhetetlen, egyes helyzetekben ezeknek a birtokában vagy éppen a hiányában lehetlenné válik a mechanikai beavatkozás.

A fenti felsorolt lehetséges hibák közül több esetében aláhúzható, hogy a működésképtelen állapot évtizedekkel korábbi fennállása napjainkra jelentősen megváltozhatott a korrózió és a vegyi folyamatok miatt. Ennek ismeretében nem jelenthető ki az az egyértelműnek tűnő tény, melyet a hatástalanítást végzők szinte naponta hallanak országszerte, hogy "ami a háborúban nem robbant fel, az már nem is fog". Sajnos ez a hozzáállás vezethet olyan balesetveszélyes helyzetekhez, melyek időnként megnehezítik a közszolgálati tüzésersz tevékenység végrehajtását.

A nem megfelelő tervezés szintén egy kifejezetten fontos szempont lehet a hatástalanítások során, melynek egyes esetekben akár látható jele is lehet. A szovjet csapatok tüzérségi gránátjainál több űrméret esetében alkalmazták a KTM-1 típusú működtető szerkezetet. A belsejében egy lapos „csillag” alakú alkatrész hivatott biztosítani, hogy alkalmazás előtt a belső elmozduló egységek ne érhesék el egymást. Ez szavatolta a biztonságos tárolást, szállítást és mozgatót. A korabeli adatok alapján azonban egyes gránátok kézmagasságból elejtve is képesek voltak felrobbanni. Ezt a hiányosságot a mérnökök kiküszöbölték és kicserélték egy, a feladatára alkalmas változattal a biztosító testet. Ezt az azonosíthatóság érdekében a gyújtószerkezeten a sorozatszám előtt egy „P” beütéssel jelezték.⁷⁴

Ez a fenti folyamat rávilágít, hogy esetenként jelentős adatokat hordozhatnak súlytalannak tűnő jelek is. Ezek ismeretében nagyobb biztonsággal lehet kiválasztani a

⁷⁴ TÚFE/107 Tüzérségi gyújtók (1969). H. n.: Honvédelmi Minisztérium, 27.

megfelelő módszert az előkerült robbanótestek kezelésére. Az említett jelzés hiányában minden esetben kifejezetten veszélyesnek kell tekinteni az adott eszközt, még tárolási helyzetben is. Arról nem is beszélve, hogy egy korróziós folyamat a kérdéses alkatrészt roncsolhatta az évtizedek alatt, mely akár a funkciója teljes megszűnését is eredményezhette.

A vegyi folyamatokat itt is meg kell említeni, mint lehetséges veszélyességet fokozó forrást. Mivel a gyújtószerkezetben is lehetnek a mechanikai, elektronikai alkatrészekon kívül pirotechnikai anyagok, keverékek és robbanóanyagok egyaránt, számítani kell azok kémiai átalakulására is. Erre kifejezetten akkor kell figyelmet fordítania a szakembereknek, ha a gyújtószerkezet sérült vagy zártága valamilyen okból megszűnt. Ilyenkor a környezeti hatások elérhetik ezeket az anyagokat és beindíthatnak káros és veszélyes kémiai folyamatokat. Mivel a robbanótestek fő töltetei esetében is hasonló problémák lehetséges, ezért ezt részletesen a következőkben fogom kifejteni.

2.2.2 A robbanóanyagok és pirotechnikai anyagok fokozott veszélyei

A robbanótesteket a pusztítási képességük miatt alkalmazzák a hadviselő felek, mely hatásnak a meghatározó eleme a robbanóanyag töltet. Természetesen akadnak kivételek, ahol a lövedék pusztán a kinetikus energiájával okoz pusztítást, vagy olyan légibombák, ahol nem klasszikus értelemben vett kondenzált fázisú robbanás zajlik le. Ez utóbbi az úgynevezett aeroszol bombák családja, mely gyúlékony anyagot porlaszt a levegőbe, majd térrobbanást hoz létre. Mint minden kivétel, az ilyen esetek, eszközök is kivételes eljárásokat követelnek meg, de kutatásomban a leggyakoribb helyzetet szeretném tüzetesen megvizsgálni. Természetesen a nukleáris töltettel szerelt robbanótestek sem lesznek az elemzés tárgyai, mert nem várható, hogy hazai tűzszerész katonáknak a belátható jövőben foglalkoznia kell ilyen különleges eszközökkel.

A disszertációm szempontjából tehát a hagyományos robbanóanyag töltettel rendelkező robbanótestekre helyezem a hangsúlyt, ahol kondenzált fázisú robbanás zajlik le azok belsejében. Ezek a vegyi átalakulások rengeteg gáz képződésével zajlanak le igen rövid idő alatt, mely az extrém sebesség, a magas nyomás és hőmérséklet következtében hatalmas energiát generálnak.⁷⁵ Ilyen robbanás esetében nem kizárólag az elképesztően gyorsan végbemenő folyamat során keletkező gázok hőmérséklete és nyomása okozza majd a pusztítást, hanem a robbanótest fala, alkatrészei és/vagy az abban elhelyezett repeszek. Ezekre azért van szükség, mert maga robbanás viszonylag lokalizáltan fejt ki elsődleges (hő és nyomás) pusztító

⁷⁵ LUKÁCS 2017: 20.

hatásait. Ezzel szemben a fém repeszek többszáz méter távolságban képesek halálos sebet ejteni vagy sérülést okozni. A robbanótestek tekintetében tehát azonosítható egy fontos összefüggés a robbanóanyag hordozására szolgáló test és a töltet között. A hordozásra kialakított alkatrész nemcsak tárolja a robbanóanyagot, hanem a robbanáskor jelentősen kiterjeszti a töltet pusztítási sugarát a repeszhatás segítségével.

A repeszek tehát képesek súlyos sérülést okozni a katonáknak, de hatékonyan döntően az élőerő ellen alkalmazható ez a hatás, mert a páncélozott eszközökben jelentős kárt többnyire nem tud okozni. Vannak olyan robbanótestek, ahol a repeszképződés nem szempont a hatékonyságukat vizsgálva, mert páncélozott célok leküzdésére vagy megerősített állások építményeinek rombolására lettek kialakítva. A hagyományos, nem kumulatív hatású páncéltörő eszközök esetében a robbanóanyag töltet akár el is tűnhet az űrméret növekedésével. Ebben az esetben a vegyi átalakulás problémájával nem kell számolni. A nagyméretű légibombák tekintetében viszont már jelentős mennyiségű, akár többszáz kilogramm robbanóanyaggal kell számolni, ami már önmagában véve is jelentős kihívás lehet a szakemberek számára.

A katonai eredetű robbanótestek esetében elvárás, hogy valamilyen katonai robbanóanyagot hordozzanak. Ez jelenthet egyfajta könnyebbséget a szakemberek számára, hiszen ezekre az anyagokra szigorú előírások vonatkoznak minőségi és gyártástechnológiai tekintetben is. Azt kell azonban mérlegelni, hogy ezeket a keverékeket, vegyületeket akár több, mint 80 éve készítették, ráadásul háborús gyártási körülmények között. Ez több problémát is feltételezhet. A korabeli technológiai lehetőségek jelentősen elmaradhattak a napjainkban alkalmazottaktól és ez akár a gyártási folyamatokra is igaz lehet. A háborús körülmények esetében előfordulhatott, hogy a mennyiségi igény fontosabb volt a gyártási minőségénél. Ez megjelenhetett a robbanóanyag összetételében, minőségében és a robbanótest összeszerelése, feltöltése kapcsán egyaránt. Mindkét utóbbi eset lehetett egy vállalható kompromisszum, amikor a harcoló csapatok folyamatos ellátása volt az abszolút prioritás. Ezeknek a problémáknak, elcsúszásoknak nem igazán lehetett jelentősége, ha a robbanótesteket néhány hónapon belül felhasználták. A helyzet azonban jelentősen megváltozhatott, ha ez nem történt meg. Egy több évtizedes, a szavatossági idő többszörösét elérő öregedés koránt sem raktározási körülmények között már egészen más megvilágításba helyez egy-egy ilyen gyártósori problémát. Ilyen esetben már elindulhattak olyan vegyi folyamatok, melyek komoly veszélyt jelenthetnek a hatástalanítást végző szakállományra. Ez végső soron különleges

esetben akár minimális energiaközlés, egy végtelen mozdítás hatására is elmozdíthatja a robbanótestet.

A robbanóanyagok gyártása általában egy igen összetett folyamat, mely akár több szakaszra is bomlik. Különleges biztonsági intézkedéseket, eljárásokat és védőművek kiépítését követelheti egy-egy gyártósor. Az alábbi technológiai lépések a leggyakoribbak:⁷⁶

- préseles;
- csigapréselés;
- öntés;
- extrudálás;
- keverés;
- plastifikálás;
- stabilizálás;
- szárítás.

A fenti folyamatokból a préselést és az öntést fogom részletesen vizsgálni, mert ezeket alkalmazzák elsősorban a robbanótestek töltésére. Mindezt annak érdekében teszem, hogy beazonosítsam a gyártástechnológiai hibákból fakadó lehetséges veszélyforrásokat⁷⁷, amelyekkel a tűzszerész szakemberek szembe kerülhetnek.

A robbanóanyagok préselése során kialakuló lehetséges gyártási hibák:⁷⁸

- zárványok kialakulása;
- szerves szennyeződések bekerülése a préstestbe;
- felületi lemorzsolódás;
- keresztirányú repedések;
- élek letörése;
- a préstest szilárdságának csökkenése;
- a préstest jelentős porózussága.

A robbanóanyagok öntése során kialakuló lehetséges gyártási hibák:⁷⁹

- lunker kialakulása;

⁷⁶ DIÓSZEGI Imre (2014a): *Robbanóanyagipari technológiák – előadás*. Pannon Egyetem, Mérnöki Kar: Veszprém, 2. dia.

⁷⁷ A tevékenység munkavédelmi kérdéseivel kapcsolatban bővebben: DARUKA Norbert (2021): *A robbanóanyagipari termékek gyártásának és felhasználásának munkavédelme*. Szakdolgozat. Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar.

⁷⁸ DIÓSZEGI 2014a: 13. dia.

⁷⁹ DIÓSZEGI 2014a: 20. dia.

- zárt folytonossági hiány, vagy üreg kialakulása;
- repedések kialakulása;
- nagy kristályok növekedése;
- kristályközi kiválások;
- elszíneződés;
- zárványok kialakulása.

Ezek közül a lehetséges hibák közül több olyan is van, amelyik veszélyes következményekkel járhat. Az üregek, lunkerek esetében üres tér képződik, mely kiváló lehetőséget biztosít a kristályosodási folyamatoknak. Ezek a folyamatok minden esetben károsak, mert az érzékenységet nagyban növelhetik. Ez egy viszonylag nagy folytonossági hiány esetében nagy kristályok képződését teszi lehetővé, melyek sokkal könnyebben törnek el, könnyebben adnak akár egy iniciáló impulzust a robbanóanyagoknak.

A repedések esetében szintén veszélyes folyamatok mehetnek végbe. A zárványok kifejezetten akkor veszélyesek, ha olyan szennyeződés került a robbanóanyagba, mely képes veszélyes kémiai átalakulásokat elindítani. Ez abban az esetben is veszélyes lehet, ha a szennyeződés csak katalizálja a természetes bomlási folyamatokat, ezzel idő előtt kimerítve a robbanóanyagba kevert stabilizátorokat.

A gyártási hibákból fakadóan tehát több veszélyes folyamat is elindulhat, azonban ezek a hibák normál körülmények között kiszűrésre kerülnek vagy végbe sem mehetnek.

Az ehhez a területhez kapcsolódó hasonlóan fontos kérdés a robbanóanyagok összeférhetősége más anyagokkal. Ez kifejezetten robbanóanyag – robbanóanyag, robbanóanyag – fém, robbanóanyag – pirotechnikai anyag érintkezések esetén lehet problémás. Az esetek jelentős részében a megfelelő anyagválasztással elkerülhető a káros és veszélyes kémiai folyamatok elindulása, de néhány esetben ez nem megvalósítható. Ez kifejezetten a fémekkel való érintkezésre⁸⁰ vonatkozó probléma, mert a különböző robbanótestek döntően ilyen anyagból készülnek.

Adott tehát egy elkerülhetetlen kontaktus, melyre a gyártástechnológusok már régen találtak megoldást. A fém felületek lakkozása⁸¹ megakadályozza az érintkezést, de mégis vékony és nem foglal el jelentős helyet a robbanótest belsejében. Ez a vékony válaszréteg alapvetően elegendő, de előfordulhatnak olyan esetek, amikor megsérül, és nem tudja

⁸⁰ Ilyen folyamatok során fémsók és amalgám vegyületek keletkezhetnek, melyek jelentősen érzékenyebbek, mint egy brizáns robbanóanyag.

⁸¹ Pl.: shell lakk, aszfalt lakk.

megakadályozni a kémiai folyamatok beindulását. Ez a folytonossági hiány a lakkozásban akár a gyártáskor is kialakulhat, de a robbanóanyagban bekövetkező változások eredménye is lehet akár a tárolás során is.

Vizsgálni szükséges néhány egyéb aspektust is. A robbanóanyagok vegyi átalakulása, bomlása akár meg is könnyítheti a tűzszerészek munkáját, amennyiben annak hatásfoka csökkent vagy az expozív tulajdonságai teljesen megszűntek. A robbanóanyagok a környezetben fokozott bomlásnak indulnak. A fotokémiai bomlás a trinitro-toluol⁸² (TNT) barnulását okozza, mely hatására hatóereje csökkenhet. A talajban élő baktériumok és gombák közül néhány bontja a robbanóanyagokat.⁸³ Az állatvilág számára eltérő intenzitással mérgezők ezek az anyagok, de mindenképpen veszélyes a jelenlétük a környezetben.⁸⁴ Ezek fontos részletek a szabadban folyó bomlási folyamatokról, de azt is le kell szögezni, hogy a robbanótestek belsejébe csak akkor képesek ezek a baktériumok és gombák bekerülni, ha az jelentős sérülést szenvedett el. Ebben az esetben sem lehet feltétlenül azok teljes lebomlásával számolni.

A fenti bomlási folyamatok jelentősen biztonságosabbá tehetik a hatástalanítás mozzanatait, de nem lehet figyelmen kívül hagyni azokat a korábban már említett kémiai átalakulásokat, melyek éppen az ellenkezőjét eredményezik. Ennek alátámasztására bemutatok néhány lehetséges veszélyes folyamatot egy széles körben napjainkban is alkalmazott katonai robbanóanyag esetében.

A TNT egy alap katonai robbanóanyag, melyet önmagában töltésként vagy robbanótestekbe töltve és keverékekben⁸⁵ is alkalmaznak. Az előállítása alapvetően a toluol nitrálásával történik és először 1863-ban sikerült elkészíteni. Kezdetben a festékipar alkalmazta, 1891-től Julius Wilbrand és Carl Hausermann vezette be robbanóanyagként. Legfőbb előnye, hogy a mechanikus hatásokra nem jelentősen érzékeny, annak ellenére, hogy brizáns robbanóanyag, kiváló expozív tulajdonságokkal (8. táblázat). A kémiai stabilitása

⁸² Másik közismert néven: trotil.

⁸³ FRITSCHÉ, Wolfgang et al. (2000): Fungal Degradation of Explosives: TNT and Related Nitroaromatic Compounds. In SPAIN, Jim C. – HUGHES, Joseph B. – KNACKMUSS, Hans-Joachim (szerk.): *Biodegradation of Nitroaromatic Compounds and Explosives*. Boca Raton: CRC, 213–237.; AHMAD, Farrukh – HUGHES, Joseph B. (2000): Anaerobic Transformation of TNT by Clostridium. In SPAIN, Jim C. – HUGHES, Joseph B. – KNACKMUSS, Hans-Joachim (szerk.): *Biodegradation of Nitroaromatic Compounds and Explosives*. Boca Raton: CRC, 185–212.

⁸⁴ JOHNSON, Mark S. – SALICE, Christopher. J. (2009): Toxicity of Energetic Compounds to Wildlife Species. In SUNAHARA, Geoffrey I. et al.: (szerk.) *Ecotoxicology of Explosives*. Boca Raton: CRC, 171.

⁸⁵ Két önmagában is robbanásképes vegyület keveréke, nem azonos a bináris robbanóanyag kategóriával, ahol az összetevők alapvetően nem robbanásképesek önmagukban.

lehetővé teszi akár több évtizedes tárolását is, valamint a fent említett keverék robbanóanyagokban történő alkalmazását.⁸⁶

Ez a robbanóanyag a gyártása során elszenvedhet többféle mechanikai szennyeződést, melyek mindegyike káros lehet, azonban vizsgálatomban a kémiai szennyeződésre szeretném helyezni a hangsúlyt. A TNT esetében fennáll az úgynevezett izomer⁸⁷ szennyeződés, mint egy lehetséges gyártástechnológiai hiba. Ez akár egy hosszabb tárolás esetén is okozhat veszélyes állapotot, mert ilyenkor a robbanóanyagból kiválik az úgynevezett „trotilolaj”.⁸⁸ A megváltozott anyagterefogat miatt a robbanótestben légrés alakulhat ki a belső falnál. Ha ez a belső lakkozás sérülésével együtt történik, akkor a fém és a robbanóanyag egy része képes lehet kifejezetten érzékeny vegyületté átalakulni (egyéb feltételek teljesülése esetén, lásd lejjebb), valamint a légrésben nagyméretű kristályok is képződhetnek, melyek szintén növelhetik az érzékenységet. Az ilyen robbanótest kezelésbiztosága megszűnik, fokozottan veszélyesnek kell tekinteni és szakemberre kell bízni a hatástalanítását, megsemmisítését.

8. táblázat: A TNT tulajdonságai

Fsz.	Tulajdonság	Érték	Mértékegység
1.	Gyulladáspont	290	°C
2.	Expanzió (Trauzl)	285	ml
3.	Brizancia (Hess)	16	mm
4.	Brizancia (Kast)	3,8	mm
5.	Sűrűség	~ 1,62	g/cm ³
6.	Detonációsebesség	7000	m/s
7.	Robbanáshő	4228	kJ/kg
8.	Keletkezett gázok	730	l/kg

Forrás: ORLOVA 1986: 92.

Mivel kémiailag stabil vegyületről beszélünk, így a fémekkel sem mutat mérvadó reakciót. Gyenge reakcióképessége teszi alkalmassá robbanótestek fő töltetének. A fémekkel nem reagál, ahogy feljebb olvashattuk, de vizes lúgoldatok képesek ebben változást okozni. Ilyenkor úgynevezett Meisenheimer-komplex keletkezik. Az így kialakuló fémvegyületek

⁸⁶ ORLOVA, J. J. (1986): *Brizáns robbanóanyagok kémiája és technológiája*. Budapest: Műszaki, 83–84.

⁸⁷ Azonos összegképletű, de eltérő struktúrájú molekulák.

⁸⁸ ORLOVA 1986: 93.

érzékenysége már jelentősen meghaladhatja a brizáns robbanóanyagokét és kifejezetten instabilak.⁸⁹

Általános érvényű veszély a robbanóanyagoknál, ezért ebben az esetben is ki kell emelni, hogy az emberi szervezetet képesek megmérgezni. A TNT súlyos mérég a bőrnek, az emésztőrendszernek és a vérképző szerveknek.⁹⁰

Fontosnak gondolok a robbanóanyagok témakörében kiemelni egy részterületet, mégpedig a lőporokat, ezen belül pedig a különböző lőszerekben meghatározóan alkalmazott nitrocellulóz alapú, egy- vagy több bázisú változatokat. Ezek az anyagok a robbanóanyagokhoz hasonlóan valamilyen stabilizáló szerrel⁹¹ készülnek. Általában több félével, mert a feladatuk a természetesnek tekinthető szerves bomlás termékeivel semleges vegyületeket létrehozni. Erre azért van szükség, mert a bomlás termékei öngerjesztő hatással vannak a folyamatra. Az alkalmazott típusok közül az egyik gyorsabban reakcióképes, éppen ezért gyorsabban elfogy, mint a másik, amelyik így hosszabb ideig, évtizedekig jelen lesz a lőporban. Itt megjegyzem, hogy jelenlegi ismereteink szerint a stabilizátor anyagok nélkül készített nitrocellulóz lőpor 72 óra tárolás után, 50°C-on önrobbanást produkál.⁹²

Mivel a tüzserész szakemberek rengeteg esetben találkoznak ilyen lőporokat hordozó lőszerrel, adja magát a kérdés, vajon a gyártásuk óta eltelt akár több mint 8 évtized során mennyire csökkent le bennük a stabilizátor anyagok szintje. Mivel erre nincsenek mérési eredmények, ezért minden ilyen esetet, ahol nitrocellulóz lőporok kerülnek látókörbe fokozott körültekintéssel kell kezelni, kifejezetten akkor, ha huzamos idejű és viszonylag jelentős hőfelvétel történhetett. Ez utóbbira akár egy nyári időszak közvetlen napsugárzása esetén sor kerülhet. Ilyen esetben javasolt lehet valamilyen flegmatizáló anyag hozzáadása a lőporhoz. Erre a legkézenfekvőbb megoldás a víz lehet, amennyiben ez nem megvalósítható a lehető legkevesebb ráhatással, mozgatással kell megoldani azok megsemmisítését.

Itt természetesen szintén érdemes felemlíteni a fenti gyártástechnológiai problémát. Egészen biztos, hogy a háborús gyárakban minden az előírásoknak megfelelően történt? Véleményem szerint erre nem valószínű, hogy valaha választ kapunk, de valószínűsíthető, hogy

⁸⁹ ORLOVA 1986: 89.

⁹⁰ ORLOVA 1986: 92.; HERNÁD Mária (2013): *A robbanás és a robbanóanyagok emberi szervezetre gyakorolt hatásai és megelőzésének lehetőségei*. PhD disszertáció. Nemzeti Közszerológiai Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, 45–49. Online: [10.17625/NKE.2014.035](https://doi.org/10.17625/NKE.2014.035); HERNÁD Mária (2007): *Robbanóanyagok toxikológiája – I. Műszaki Katonai Közöny*, 17(1–4), 191–198. Online: <https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2007.pdf>

⁹¹ Pl.: etil-centralit, metil- centralit, akardit, difenilamin, trifenilamin stb.

⁹² DIÓSZEGI Imre (2014b): *Robbanóanyagok bomlása a környezetben – előadás*. Pannon Egyetem, Mérnöki Kar: Veszprém, 7–13. dia.

csúszhatott hiba a technológiai folyamatokba, akár a bevitt stabilizáló anyagok mennyiségébe is.

A fentiekre tekintettel, minimális kockázatvállalás mellett, az éles robbanótestek jelentős mértékű szerelése nélkül vagy azok számának minimalizálásával érdemes lenne mintavétel után vizsgálati laborban meggyőződni a különböző nemzetek lőporainak stabilitásáról, egyéb kritikus paramétereiről. Ez hasonlóan igaz lehet a robbanóanyagokra is, bár ott főleg az érzékenységi adatokban bekövetkező változások lehetnek mérvadók.

A környezet egyes hatásait feljebb már említettem, de sokszor kikerül a látószögből a tűz, mint veszélyes tényező. A különböző erdőtüzek következményeként a robbanótestek akár fel is robbanhatnak. „A primer robbanóanyagokat nem tekintve a feketelőpor az egyedüli olyan robbanóanyag, mely valóban láng hatására közvetlenül felrobbantható.”⁹³ Természetesen feketelőpor is előfordulhat ezekben a hazánk területén előkerülő robbanótestekben, ami ebben az esetben egy fokozott veszélyfaktor, de a többi robbanásképes vegyület számára is káros, ha ilyen jellegű hőhatás éri. Nyilván ez az adott típustól, a felvett hőmennyiségtől egyaránt függ, de mindenképpen kijelenthető, hogy az ilyen eseményen átesett robbanótesteket veszélyesebbnek kell tekinteni.

2.3 A LŐSZERMENTESÍTÉS ÉS AZ ÉPÍTŐIPAR KAPCSOLATA

Ahogy az első fejezetben bemutattam, a mezőgazdaság mellett az építőipari beruházások jelentik az egyik legnagyobb forrását a különböző robbanótestek bejelentésének. Éppen ezért fontos kérdés foglalkozni az ilyen jellegű beruházásokat megelőző lőszermentesítés végrehajtási módozataival. Természetesen nem a különböző alkalmazható műszer típusok oldaláról fogom a lehetőségeket vizsgálat alá vonni, hanem a végrehajtásba bevont szereplők oldaláról.

Sok tekintetben a leginkább érintett beruházások azok, ahol korábban még nem volt semmilyen építmény, a talajt nem művelték, bolygatták. Természetesen egy építkezésnél előfordulhatnak olyan építési mélységek, melyeket a mezőgazdasági tevékenység nem ért el, az alapozási feladatok során pedig előbukkannak ezek a többnyire nagyobb tömegű robbanótestek. Ezért tehát nem lehet kizáró ok a lőszermentesítés alól, ha korábban művelés alatt állt egy terület.

⁹³ LUKÁCS László (2013): Bombafenyegetés – robbantószerkezetek a honi katonai robbantástechnikában. *Repüléstudományi Közlemények*, 25(2), 124. Online: http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-09-Lukacs_Laszlo.pdf.

A másik eset, hogy egy már meglévő építmény helyére terveznek újat felépíteni. Ha az előd már állt a II. világháború során, érdemes figyelembe venni, hogy a régi, többszáz éves budapesti „bérházak” kifejezetten vastag földemzete képes elrejtteni egy-egy akár nagyobb tűzérési gránátot vagy légibombát is.

Erre a kissé hihetetlennek tűnő helyzetre szinte minden évben akad példa. Ezek közül talán az egyik legkülönösebbet személyesen tapasztaltam meg. Egy régi, a fenti mintába illő budapesti épületet lebontottak és törmelékét egy főváros közeli telephelyen deponálták. A törmelékeket ezen a helyszínen aprították, zúzták össze, hogy további építőipari műveletek során felhasználható legyen. Ezen a telephelyen volt szerencsém hatástalanítani egy FAB-100 típusú szovjet légibombát, APUV típusú gyújtószerkezettel. A hatástalanítást a törőgép futószalagján kellett elvégezni, hozzávetőleg 1,5 m-re a törő munkaszervtől, itt vették észre – gyakorlatilag az utolsó pillanatban – a veszélyes eszközt.⁹⁴

A probléma érzékeltetésére összeállítottam, mennyi lehetséges alkalom volt, amikor a robbanótest működésbe léphetett volna:⁹⁵

- az épület bontása, omlasztása során;
- a bontási területen folyó deponálás során;
- a törmelék elszállításakor történt rakodás, anyagmozgatás során;
- a szállítás során;
- a feldolgozás helyszínen a lerakodáskor során;
- a telephelyen folyó deponálás során;
- a törőgépbe történő betöltés során.

Ez az eset is megmutatja, hogy a lőszermentesítés és az építőipar nagyon fontos kapcsolatban áll egymással. Egy jól elvégzett mentesítés megteremti a biztonságos helyszínt a munkálatokhoz és a személyi biztonságon túl megkímélhet komoly anyagi terhektől. Ezek a terhek főleg a munkafolyamatok során lehetnek jelentősek, amikor egy nem várt hatástalanítás felborítja akár órákra, napokra a kidolgozott ütemterveket, vagy korlátozza a munkaterület teljes felhasználását.

Az említett problémák elkerülésére több lehetőség adódik, attól függetlenül, hogy a lőszermentesítést igénylő magánszemély vagy szervezet. Annak sincs hatása a lehetőségekre, hogy az igény előírás nélküli, önként vállalt költségű, esetleg önkormányzati rendeletben előírt

⁹⁴ EMBER István (2020d): A lőszermentesítés szerepe az építőiparban. *Építőanyag*, 72(2), 62. Online: <https://doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2020.9>

⁹⁵ EMBER 2020d: 62.

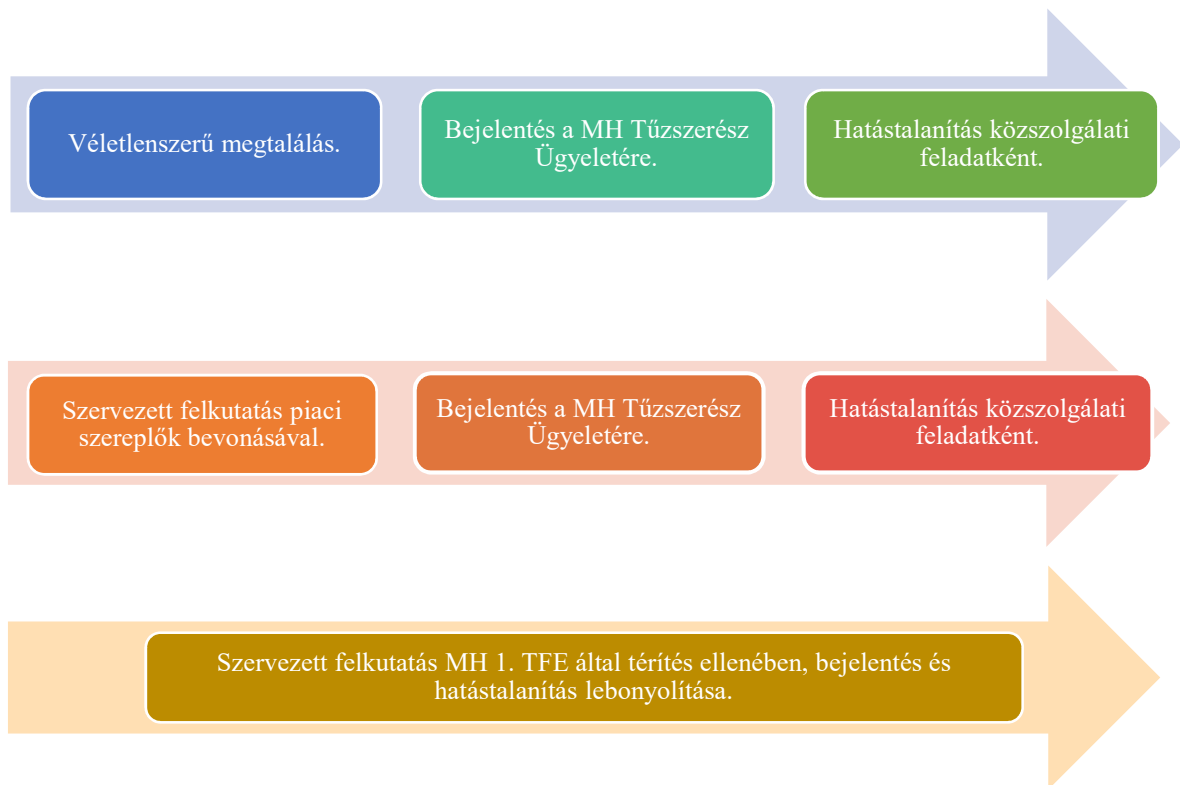
feladat, vagy állami finanszírozású projekt esetében a pályázat kiírásában szereplő vállalandó tétel.

Alapvetően három folyamatváltozat azonosítható (13. ábra), melyek végén egy építési területen előkerült robbanótestet hatástalanítanak a szakemberek. Az első folyamatban nem végeznek műszeres átvizsgálást a talajmunkák megkezdése előtt. Ilyenkor értelemszerűen tűzserész szempontból veszélyesebb a tevékenység és az I. fejezetben bemutatott statisztikai adatok alapján általánosságban kijelenthető, hogy hazánkban felmérés nélkül kevés eséllyel kizárható a robbanótestek előkerülésének lehetősége. Itt fokozza a veszélyt, hogy az esetlegesen előkerülő robbanótestet nem szakemberek tárják föl és sok esetben a földmunkagépek közvetlen erőhatásainak következtében kerülnek elő a talajból. Ezek szintén további veszélyeket hordoznak. Ebben a folyamatban a következő lépés a korábban bemutatott feltételezett robbanótest bejelentése, melynek a következményeként a tűzserész szakemberek soron kívül vagy 30 napon belül elhárítják a problémát. Az itt felmerülő késlekedés a munkálatokban, a munkaterület egyes részeinek esetleges ideiglenes szeparálása jelentős költségeket hordozhat. Erre ugyan nem lehet pontos adatok hiányában kielégítő választ adni, mert helyszínenként és feladatonként eltérhetnek az eredmények, de egy kisebb projekt esetében predesztinálható a tény, hogy több felszínre került veszélyes eszköz esetén a keletkezett anyagi kár akár a lőszermentesítés költségeit is meghaladhatja. Persze ilyenkor is közszolgálati tevékenység keretében, ingyenesen hatástalanítják az MH 1. TFE szakemberei a robbanótesteket. Az már jól látszik, hogy biztonsági szempontból nem az első változat a legjobb és anyagi vonatkozásban felmerülhetnek akár jelentős járulékos költségek.

A második változatban a megrendelő egy piaci szereplőt, egy lőszermentesítéssel foglalkozó vállalkozást bíz meg a feladat elvégzésével. Ez természetesen költségekkel jár és az általuk alkalmazott eszközök és eljárások viszonylag nagy szórást mutatnak. Ez utóbbi meghatározhatja ezeket a költségeket és a végrehajtás minőségét egyaránt. Mindezekről függetlenül egyértelműen kijelenthető, hogy a biztonság nagyobb, hiszen a tevékenységre felkészített szakemberek⁹⁶ végzik el a robbanótestek felkutatását, detektálását és részleges feltárását. A teljes feltárás ilyen esetben nem is igazán lehetséges, mert a 142/1999. (IX. 8.) Kormányrendelet értelmében nincs nagyobb lehetőségük a feltételezett robbanótestek kezelésére, mint egy átlag magyar állampolgárnak, mivel nem a MH feladatra kijelölt tűzserészei. Ezt értelmezve, nem mozdíthatják el őket és ezeket a vállalkozásokat is terheli a

⁹⁶ Általánosságban elmondható, de nem kizárólagosan, hogy legtöbbször a nyugállományba vonult vagy egykor tűzserészként szolgáló rendőrök és katonák végzik ezt a tevékenységet.

bejelentési kötelezettség az illetékes rendőri szerv felé. A bejelentést követően ebben az esetben is közszolgálati kereteken belül hatástalanítják a szakemberek a veszélyes eszközt, ami nem jelent anyagi terhet a beruházónak. Ezt a változatot összegezve kijelenthető, hogy a biztonság nagyobb, a költségekben megjelenik a lőszermentesítés, de ez végül nem feltétlenül jelent veszteséget az esetlegesen előkerült háborús maradványok tükrében.



13. ábra: A lőszermentesítés változatai

Forrás: a szerző szerkesztése.

A harmadik változat a legegyszerűbb és talán a legköltségesebb. Az MH 1. TFE számára a 142/1999. (IX. 8.) Kormányrendelet lehetőséget biztosít, hogy térítés ellenében végezzen robbanótest felkutatást. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy megkeresés esetén a végső hatástalanítást végző szervezet is elvégezheti ezt a tevékenységet, azonban ennek a költségeit kiszámlázzák a megrendelőnek. Ez a tevékenység nem profitszerzési céllal folyik, kizárólag a felmerülő költségeket kell ellentételezni, ezek azonban jelentősen nagyobbak lehetnek, mint egy vállalkozás profitalapú munkavégzése. A különbség az eltérő végrehajtási feltételekből fakad, a katonáknak ilyen feladatok során is be kell tartaniuk a rájuk vonatkozó általános és szakmai szabályzókat. A várhatóan nagyobb költségek viszont azonnali hatástalanítást vagy a veszélyes eszközök elszállítását is jelentik, hiszen ilyenkor nem kell megvárni a kategóriába sorolást és az abból fakadó elintézési időt. Ez egy egyértelmű előny, mert ez jelenti legtöbbször a legnagyobb kihívást az építési projektek során.

9. táblázat: Előny-hátrány vizsgálat a lőszermentesítés változataihoz

Típus	Előnyök	Hátrányok
1. változat	nincsenek direkt költségek a projekt előtt;	a biztonságos munkavégzés esetleges hiánya;
	azonnal elkezdhető a projekt;	esetleges járulékos költségek a projekt közben;
	-	esetleges fennakadások a munkaszervezésben.
2. változat	a végrehajtás (felkutatás) viszonylag gyors lehet;	direkt költségek a projekt előtt;
	járulékos költségek ritkán merülhetnek fel;	a hatástalanítás időigényes lehet.
	a munkaszervezésben nem jellemző a későbbi fennakadás;	-
	biztonságosabb munkavégzési feltételek.	-
3. változat	teljeskörű végrehajtás (felkutatás és hatástalanítás);	direkt költségek (viszonylag nagyok) a projekt előtt;
	járulékos költségek ritkán merülhetnek fel;	a végrehajtás (felkutatás) elhúzódhat;
	a munkaszervezésben nem jellemző a későbbi fennakadás	-
	biztonságosabb munkavégzési feltételek.	-

Forrás: a szerző szerkesztése.

Általánosságban ehhez a tevékenységhez kiegészítésként fontosnak tartom megjegyezni, hogy a partner technikai felszereltsége nagyban meghatározhatja a végrehajtás sikerességét és időigényét. Az alkalmazott műszerek igen sokfélék lehetnek, kutatási mélységük, pontosságuk szintén széles skálán mozog.⁹⁷ Ez azonban a talaj fémszennyezettségén is múlik, előfordulhat olyan helyzet is, hogy a műszeres átvizsgálás kiegészül helyszíni felügyelettel a fenti változatok során. Ilyenkor az növeli a biztonságot, hogy egy folyamatosan jelen lévő szakember figyelemmel követi a földmunkákat, hogy elkerüljék a fel nem ismert robbanótestek véletlen megmozdítását.⁹⁸

A három különböző folyamat előnyeit és hátrányait összegezve (9. táblázat) jól látszik, mivel számolhatnak az építőipari projektek beruházói, kivitelezői. A tudományos és a szakmai megközelítés együttes elemzésével az első lehetőséget mindenképpen kizárom. Egy komoly

⁹⁷ SZATAI Zsolt József (2019): Fémtartalmú robbanótestek felderítéséhez alkalmazott technikai eszközök. *Műszaki Katonai Közöny*, 29(1), 121–138. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2019.1.10>

⁹⁸ EMBER 2020d: 62.

projekt esetében a biztonság nem lehet kérdéses tényező, különösen akkor, ha a lőszermentesítés csak az összköltség elenyésző részét teszi ki.

A másik két lehetőség közül pedig már a megrendelőnek kell döntenie. Mindkét változat hozzájárul a földmunkák biztonságosabb végrehajtásához. A költségek és a lebonyolítási idő ebben a vonatkozásban nyilvánvalóan meghatározzák majd ezt a döntést. A MH bevonásának költségei és esetleg időigényesebb tevékenysége megtérülhet a robbanótestek azonnali hatástalanításán. Ezzel ellentétben a rövidebb végrehajtási idő és a kisebb kiadások a piaci szereplők bevonása mellett szólnak.

2.4 A LŐSZERMENTESÍTÉS PIACI SZEREPLŐI

A hazánkban fellelhető vállalkozások, melyek a lőszeres, légibombák és különböző gránátok felkutatására alakultak, vagy ilyen jellegű tevékenységet folytatnak, nincsenek könnyű helyzetben. Ez persze relatív megközelítése a problémának, melyet a terület alulszabályozottságának köszönhetünk. Természetesen klasszikus vita is kibontakozhat arról, hogy szükséges-e részletesebb szabályozás, ha egy tevékenység eredményesen folyik. Nézőpontként eltérő lehet a válasz, azonban megpróbálom a helyzet bemutatásán túlmenően javaslatot tenni a további szabályozás lehetséges irányaira.

A konkrét elemzés előtt szeretném nyilvánvalóvá tenni, hogy egyetlen lőszermentesítéssel foglalkozó piaci szereplőnek sem szeretnék előnyt szerezni vagy hátrányt okozni. A vizsgálat tárgya a helyzet javítása, az optimalizálás, nem pedig a meglévő állapot minősítése.

Először is be fogom mutatni, hogy milyen jogszabályi előírásoknak kell megfelelnie egy vállalkozásnak hazánkban ahhoz, hogy lőszermentesítést végezhesen. Egy ilyen vállalkozást megalapítani korántsem egyértelmű, mert nincsen egyetlen konkrét szakmai iránymutatás sem, ezért jobb híján az általános követelmények felől közelítem meg a tevékenységet.

Hazánkban minden vállalkozásnak meg kell választania a tevékenységi körét, melyben működni szeretne. A tevékenységi körök a Gazdasági tevékenységek egységes ágazati osztályozási rendszerében (TEÁOR'08), – melyet Az Európai Parlament és a Tanács 1893/2006/EK rendelete (1893/2006/EK) alapján alkalmaznak – rengeteg lehetőséget kínálnak, azonban sajnálatosan nem fogunk ehhez a feladathoz illeszkedő elnevezésűt találni. Azonban

olyat, mely kifejezetten egy be nem sorolható különleges tevékenységre vonatkozik, vagy részben megfelel, már azonosíthatunk. Ezek a következők lehetnek:⁹⁹

- 71.12 – Mérnöki tevékenység, műszaki tanácsadás;
- 39.00 – Szennyeződésmentesítés, egyéb hulladékkezelés;
- 74.90 – M. n. s. egyéb szakmai, tudományos, műszaki tevékenység.

A sorban első tevékenységi kör esetében a talajszint alatti felmérésre hivatkozva lehet kapcsolódási pontot találni, bár ez a többi ide sorolt mérnöki feladat mellett kissé erőszakosnak tűnhet. A második esetében szintén nagyon kell keresni az illeszkedést, de végül is megmagyarázható, hogy a robbanótestek eltávolítása a talajból valamilyen speciális szennyeződés csökkentő tevékenységként is értelmezhető. A harmadik soron a műszaki és nem műszaki jellegű, valamint a biztonsági témájú tanácsadás lehet az összekötő pont, ahol a tevékenység illeszkedhet a rendszerhez.

A következő fontos szempont, hogy a lőszermentesítés vagy műszeres talajkutatás az előkerült és feltárt feltételezett robbanótestek, valamint az alkalmazott technikai eszközök miatt haditechnikai engedélyköteles tevékenység. A haditechnikai engedély kiállítása alapvetően három jogszabályon alapul és a fent bemutatott bejegyzett tevékenységi körök végzésére állítja ki az illetékes Kormányhivatal:

- 2005. évi CIX. törvény a haditechnikai termékek gyártásának és a haditechnikai szolgáltatások nyújtásának engedélyezéséről (2005. CIX.);
- a 156/2017. (VI. 16.) Kormányrendelet a haditechnikai tevékenység engedélyezésének és a vállalkozások tanúsításának részletes szabályairól [156/2017. (VI. 16.)];
- a 32/2007. (III. 19.) GKM rendelet a haditechnikai termékek jelöléséről, valamint a haditechnikai termékek és szolgáltatások nyilvántartásáról [32/2007. (III. 19.)].

Az engedélyköteles hadiipari termékek és szolgáltatások jegyzékében több illeszkedési pont azonosítható egy lőszermentesítéssel foglalkozó vállalkozás számára, mely valóban szükségessé teszi a fent jelzett engedély beszerzését. Ezek az alábbi fejezetekben biztosan megtalálhatók:¹⁰⁰

- III. Fejezet (ML3) - Lőszeres és mechanikus gyűjtőszerkezetek, és az azokhoz tervezett különleges részek;

⁹⁹ Az Európai Parlament és a Tanács 1893/2006/EK rendelete a gazdasági tevékenységek statisztikai osztályozása NACE Rev. 2. rendszerének létrehozásáról és a 3037/90/EGK tanácsi rendelet, valamint egyes meghatározott statisztikai területekre vonatkozó EK-rendeletek módosításáról.

¹⁰⁰ 156/2017. (VI. 16.): 1. melléklet.

- IV. Fejezet (ML4) - Bombák, torpedók, nem irányított és irányított rakéták, más robbanó eszközök és töltetek, valamint a hozzájuk tartozó berendezések és tartozékok a következő felsorolás szerint, továbbá a kifejezetten azokhoz tervezett részegységek;
- XXIV. Fejezet (HUML24) - Kifejezetten katonai célú szolgáltatások.

Az eddig bemutatott kötelező elemeken túl szükség lehet a konkrét szakmai tevékenységhez kapcsolódva tanúsítani, hogy a munkafolyamatok megfelelnek a különböző szabványoknak.

Ezek a munkafolyamatokat irányító rendszerek a következők lehetnek:

- MSZ EN ISO 9001:2015 – Minőségirányítás Rendszer;
- MSZ EN ISO 14001:2015 – Környezetközpontú Irányítási Rendszer;
- MSZ 28001:2008 – Munkahelyi Egészségvédelem és Biztonság Irányítási Rendszer.

Annak ellenére, hogy a fenti okmányok, engedélyek elengedhetetlenek vagy szükségesek egy vállalkozás szabályos működtetéséhez a lőszermentesítés területén, sok tekintetben nincs részletesebb szakmai jellegű szabályozás. A tevékenység nem követeli meg, hogy tüzserész szakemberek végezzék, mert a feladatuk során kizárólag a feltételezett robbanótestek feltárását végezhetik el a munkavállalók. Ez ettől függetlenül hordozhat veszélyeket, hiszen a nem megfelelő szerszámhasználat vagy egy munkagép munkaszerve okozhat olyan mechanikai hatást, mely következtében felrobbanhatnak ezek a veszélyes eszközök. Mindezek azt mutatják, hogy valamilyen ismerettel rendelkeznie kell az alkalmazottaknak. További probléma lehet, ha a detektáló műszerek kezelését nem szakszerűen végzik. Ebben az esetben előfordulhat, hogy robbanótestek maradnak hátra a munkaterületen. Ezt egy nem kalibrált eszköz alkalmazása szintén eredményezheti.

A fenti lehetséges problémákat figyelembe véve véleményem szerint egy lőszermentesítést végző alkalmazottnak az alábbi speciális ismeretekkel kell rendelkeznie:

- robbanótest felismerés: nem szükséges pontos típust, mert a tüzserészeknek kell azt minden kétséget kizáróan azonosítani;
- a munkavégzés biztonsági rendszabályai: az általános munkavégzésre vonatkozóak és a szakspecifikusak egyaránt;
- tevékenységi rend baleset esetén: az elsősegély nyújtásán túl a robbanásos balesetek helyszínének különlegességeit (ide értve a robbanóanyagok és a robbanás gázainak toxikus hatását is) és a keletkezett tűz kezelésének, lokalizálásának feladatait tartalmazza;

- műszerismeret: a vállalkozás által alkalmazott műszerek részletes kezelői ismerete, azok karbantartási feladatainak és alkalmazhatósági feltételeinek ismerete.

Ezek azok a nélkülözhetetlen területek, melyek minimálisan szükségesek a lőszermentesítést végzőknek. Természetesen azok az alkalmazottak, akik korábban tűzszerészként dolgoztak már túlnyomó részt ismerhetik ezeket, számukra célirányosan szükséges a felkészítést elvégezni. Bár az egységes ismeretrendszer felépítése, a korábbi ismeretek felelevenítése és az összekovácsolás érdekében javasolt az előképzettséggel rendelkezőket is bevonni ebbe az oktatásba.

Mivel azt már elemeztem, hogy a robbanótestek felkutatása során milyen szerepe és lehetősége van egy piaci szereplőnek, szeretném összegezni a lehetséges tennivalókat feltételezett robbanótestek előtálalása esetén. Ilyen esetben a vállalkozásnak is értesítenie kell az érvényes és hatályos jogszabály alapján az illetékes rendőri szervet, majd lezajlik a kategóriába sorolás folyamata, ahogyan azt korábban már bemutattam.¹⁰¹ A helyszínre érkező rendőrök munkáját a megtalálók segítik információik átadásával, a körülmények bemutatásával. Az előkerült robbanótest hatástalanítására a kikerülő szakembereknek szintén átadják a szükséges adatokat. Itt már előfordulhat, hogy a biztonságos hatástalanítás érdekében kifejezetten szakmai jellegű információk átadására is sor kerül, úgymint alkalmazott műszerek, módszerek és az átvizsgált terület paraméterei. A további feladatokban a hatástalanítás, megsemmisítés befejezéséig más hivatalos szerepük a megtalálóknak nincs, azonban a tőlük elvárható mértékig segítséget nyújthatnak a mozzanatokhoz, amennyiben ez lehetséges. Ez utóbbi csak érintőlegesen kötődik a tűzszerész szakfeladatokhoz, leginkább kapcsolattartásra korlátozódhat a beruházóval, megrendelővel.

Egy másik jelentős kérdés a műszeres talajkutatás során, amivel foglalkozni kell, az a talajból kiemelt egyéb tárgyak és maradványok. A talaj megmozgatásával előkerülhetnek nemcsak robbanótestek, hanem egyéb fontos leletek, melyek különleges elbánást igényelnek. Ezek a tárgyak a következők lehetnek:

- régészeti tárgyak;
- emberi maradványok, csontok;
- lőfegyverek.

Régészeti tárgyak előtálalása esetén a lőszermentesítést végző vállalkozás bejelenti a leleteket a régészeti területen illetékes szervnek. A lelőhellyel kapcsolatos döntésig fel kell

¹⁰¹ 142/1999. (IX. 8.).

függeszteni a további talajmunkákat, ezzel elkerülvén, hogy károk keletkezzenek az esetleges további leletekben a nem szakszerű feltárás következtében.¹⁰² Az értesítést nem minden esetben a vállalkozásnak kell elvégeznie, a beruházó vagy a kivitelező feladata egyaránt lehet.

Emberi maradványok, csontok előkerülése esetén értesíteni kell a Rendőrséget, de itt is csak abban az esetben, ha ez nem a beruházó vagy a kivitelező feladata. A helyszínre érkező rendőröknek a helyszínt és a körülményeket szintén be kell mutatni. A szakemberek a helyszínen meghatározzák, hogy hadisírról vagy bűncselekményről van szó. A hadisírgondozók munkáját vagy a rendőrségi helyszínelők tevékenységét szintén az elvárható szintig segíteni kell a szükséges információk biztosításával, ami nagyban hozzájárulhat a maradványok eltávolításának sikeréhez. Amennyiben bűncselekménnyel hozható kapcsolatba a helyszín, további munkálatokat végezni kizárólag a Rendőrség vagy az Ügyészség írásos engedélyével lehetséges.

Lőfegyver előtalálása esetén szintén a Rendőrséget kell tájékoztatni, a korábban bemutatott lehetséges csatornákon keresztül. A helyszínre érkező rendőröknek be kell mutatni az előkerülés körülményeit és ebben az esetben is elvárható szintű segítséget kell nyújtani számukra. A lőfegyver kezelését a továbbiakban a Rendőrség szervezi, amennyiben felmerül a bűncselekmény gyanúja a fentebb jelzett helyszínelés végéig, valamint a hivatalos szervek írásos engedélye nélkül az adott területen a lőszermentesítés nem folytatható. Itt ki kell emelnem, hogy a II. világháborús lőfegyverek kezelését nem a MH 1. TFE végzi, ez a Rendőrség hatáskörében marad. Amennyiben gyalogsági lőszert is tartalmaz egy ilyen lőfegyver, akkor a 142/1999. (IX. 8.) Kormányrendelet alapján kell eljárni a fent már bemutatott módon.

Az mindenesetre kijelenthető, hogy a lőszermentesítés egy összetett tevékenység, mely komoly ismereteket igényel mind az alkalmazottaktól, mind a vállalkozások vezetőitől. Sajnálatos módon azonban nem sikerült azonosítanom olyan szervezetet, mely szakmailag diszponálna felettük. Természetesen a 2001. LXIV. alapján szükségesek lehetnek engedélyek és meg kell felelni az előírt feltételeknek, de ezt úgy veszem, hogy az érintett piaci szereplők esetében ezek rendelkezésre állnak. A Rendőrség ellenőrzési szerepe tehát nem lehet mérvadó az elvégzett munka módszerével, minőségével kapcsolatban. Ezek szerint hiányzik egy olyan kijelölt szervezet, mely szakmailag képes felügyelni a lőszermentesítést. Ilyen tekintetben ellenőrzést gyakorol a felkészítés, betanítás folyamatára, továbbá a felhasznált műszerek alkalmazhatósága és szakszerű kezelése tekintetében. Ezt kiegészítendő, ellenőrzési

¹⁰² 2001. évi LXIV. törvény a kulturális örökség védelméről (2001. LXIV.): 24.§.

tevékenységet végezhetne az egyes lőszermentesítési feladatok tekintetében, hogy azok megfelelnek-e az előírásoknak.

Fontos megjegyezni, hogy mivel nincs érvényes szabvány a konkrét lőszermentesítési tevékenység szakmai részére, ezért a szabványosítás kidolgozásáért is felelősséggel kellene terhelni ezt a még nem létező szervezetet. Valamint nyilvántartási és adatkezelési szerepet is kellene kapnia, a vállalkozásoknak pedig előírni, hogy adatokat közöljenek az általuk elvégzett feladatokról. Ebben a tekintetben legalább a pontos helyet (sarokpontok koordinátákkal), alkalmazott műszerek, módszerek, vizsgálati mélység, előtalált robbanótestek és egyéb fontos tényezők, mint a fémszennyezettség vonatkozásában.

2.5 TŰZSZERÉSZETI FELÜGYELETI SZERV ALAPÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

A fentebb jelzett hiányosságok azt mutatják, hogy szükséges a terület további gondozása, esetleges részletesebb szabályozása. Elsősorban egy hatóság megalapítása javíthatná a kialakult helyzetet. Találhatunk erre nemzetközi példát több változatban is, azonban nem szabad elfelejteni, hogy hazánkban az elmúlt közel 80 évben nagyon határozott műveleti kultúra alakult ki a tűzszerész területen. Ez sok tekintetben előny, hiszen a bevett jó gyakorlatok száma nyilván jelentős, de előfordulhatnak olyan eljárások, melyek előbb-utóbb balesethez vezethetnek. Ez feltételezhetően a már bemutatott kémiai folyamatoknak és mechanikai problémáknak lesz köszönhető és nem a szakmai hiányosságoknak, fegyelmezetlenségeknek.

A meglévő tapasztalatot és a jelenlegi működési rendet nem a probléma forrásának, hanem egy szilárd alapnak tekintem a kutatásaim során. Ennek a megvilágításában fogom megvizsgálni az Egyesült Nemzetek Szervezete (ENSZ) Aknamentesítő Szolgálatának (AMSZ)¹⁰³ kiadványait, melyek az elvárthoz hasonló szervezetek és feladatok végrehajtására vonatkoznak. Természetesen ezek a szervezetek a nevükből fakadóan döntően az aknákkal foglalkoznak, de nem kizárólagosan. Azt is szem előtt kell tartani továbbá, hogy az alkalmazott gyakorlati módszerek sok esetben meghatározhatják a szervezet felépítését, tehát ebben is lehetséges eltérés hazánk és a nemzetközi ajánlás esetében. Ezeket mind mérlegelve kell a kérdéskört átfogóan értelmezve kialakítani egy elgondolást, mely segíti a hazai rendszert, képes növelni annak hatékonyságát és a feladatok biztonságát.

¹⁰³ Angolul: United Nations Mine Action Service, rövidítve: UNMAS.

2.5.1 Aknamentesítő műveleti program és a tűzserézet az ENSZ AMSZ útmutatásai alapján

A fenti program lényegében az aknák elleni tevékenység minden spektrumával foglalkozik. Az ENSZ AMSZ útmutatók és szabványok (NAMSZ¹⁰⁴) kiadásával nyújt elméleti segítséget ilyen programok elindításhoz, azok szervezeti egységeinek a felépítéséhez. A szabványok esetenként kifejezetten részletesek, az aknamentesítő eszközök beszerzésével¹⁰⁵ például egy teljesen önálló irat foglalkozik.

A témához kapcsolódva az egyik leginkább fontos dokumentum az „Útmutató aknamentesítő műveleti programok alapításhoz”¹⁰⁶ (IMAS 02.10). A dokumentum első részét nem fogom vizsgálni, mert hazánkban nem vagyunk híján a tapasztalatoknak és a robbanótestek – köztük az egyébként elég ritkán előkerülő aknák – hatástalanítása, felkutatása bevett gyakorlat mentén folyik. A kormányzati igény és lehetőségek vizsgálata szintén nem mérvadó kérdés, valamint a finanszírozás is jogszabályi keretek között zajlik. A folyamatok irányítása, a szerepkörök, vezetési szintek és felelősségek viszont már árnyalhatják a hazai helyzetet.

A szabvány az irányítást, vezetést alapvetően két szintre osztja. Az első és a magasabb a Nemzeti Aknamentesítő Műveleti Hatóság¹⁰⁷ (NAMH) szintje, a második pedig az Aknamentesítő Műveleti Központé¹⁰⁸ (AMK). Az útmutató javasolja, hogy a szervezeti szinteket megalapító jogszabály egyben határozza meg a programért felelős minisztériumot vagy hivatalos személyt, valamint a NAMH kormányzati tagjait, delegáltjait. Természetesen több minisztérium is érintett lehet ezekben a feladatokban, ezért fontos azt is kijelölni, hogy közülük melyik fogja vezetni a NAMH elnökségét, valamint szükség esetén a nem kormányzati szervezetek delegált tagjait.¹⁰⁹

A NAMH tehát az alap szervezet az adott országban az akna műveletekben az alapelvek meghatározása, a koordináció, a szervezés és a felügyelet tekintetében. Azonban a napi szintű koordinációt és tervezést az AMK végzi. Az is egy fontos szempont, hogy ezek a tevékenységek országonként specifikusak lehetnek, előfordulhat, hogy nem szükséges új szervezetet felállítani, hanem egy már létező kapja meg a szükséges új feladatokat.¹¹⁰

¹⁰⁴ Angolul: International Mine Action Standard, rövidítve: IMAS; magyarul Nemzetközi Aknamentesítési Műveleti Szabványok.

¹⁰⁵ IMAS 03.10 – Guide to the procurement of mine action equipment.

¹⁰⁶ IMAS 02.10 – Guide for the establishment of a mine action programme.

¹⁰⁷ Angolul: National Mine Action Authority, rövidítve: NMAA.

¹⁰⁸ Angolul: Mine Action Centre, rövidítve: MAC.

¹⁰⁹ IMAS 02.10: 5.

¹¹⁰ IMAS 02.10: 5.

A NAMH felelősségi köre az alábbiakra terjed ki:¹¹¹

- az aknamentesítési műveletek jogszabályi bevezetésének tervezése és felügyelete;
- kidolgozni vagy ajánlást tenni a kormányzatnak a nemzeti alapelvekre, stratégiára, prioritásokra és munkatervekre az aknák és robbanótestek káros hatásainak csökkentése érdekében;
- jelentést tenni a folyamatokról a kormányzatnak, a nyilvánosságnak, támogatóknak, az ENSZ-nek és más releváns hozzájárulóknak;
- felügyelni az AMK működését;
- tanácsokat adni a kormányzatnak az aknamentesítő műveletekben, ide értve a nemzetközi egyezményeket, iránymutatást adni a kormányzati elemeknek és ügynökségeknek a lehetséges lépésekről, ha programjaikat aknák vagy más robbanótestek akadályozzák, illetve a nemzetközi egyezmények aláírásnak feltételeiről;
- kidolgozni vagy ajánlást tenni a kormányzatnak az alapelvekre, melyek útmutatást adnak a nemzetközi fejlesztési ügynökségeknek, amennyiben a programjaik során aknákkal vagy más robbanótestekkel kell számolniuk;
- biztosítani, hogy a nemzeti szabványok, szabályzók, útmutatások és eljárásrendek minden tekintetben alkalmasak legyenek az aknamentesítő műveletek irányítására (NAMSZ vagy releváns nemzeti jogszabályok alapján);
- nemzeti vagy nemzetközi források mozgósítása.

Az AMK tehát a műveleti szerv, amelyik a napi szintű feladatokat koordinálja és szervezi. Megalapítható a NAMH által, de akár külső szervezet, mint az ENSZ által egyaránt. Ebben az esetben is fontos szempont, hogy amennyiben van már ilyen feladatrendszerre kijelölt nemzeti szervezet, akkor nem feltétlenül szükséges létrehozni újként. Az AMK is elvégezhet egyes valós műveleteket, de döntően a tevékenységbe bevont kormányzati szervek, nem kormányzati és nemzetközi szervezetek tevékenységének koordinálását végzi. Az AMK végezhet tehát konkrét műveleti tevékenységet is, amennyiben ez az adott ország és helyzet esetében szükséges, de ez problémákat okozhat. A saját feladatok ilyenkor elvonhatják a figyelmet a nemzetközi koordinációról, valamint kérdésessé teheti a felügyelői-végrehajtó szerepköröket.¹¹²

Az AMK felelősségi köre az alábbiakra terjed ki:¹¹³

¹¹¹ IMAS 02.10: 7.

¹¹² IMAS 02.10: 6.

¹¹³ IMAS 02.10: 8.

- összeköttetést teremteni a kormányzati hivatalokkal, humanitárius és fejlesztési ügynökségekkel annak érdekében, hogy az azonnali és középtávú aknamentesítő műveletek prioritizálásra kerüljenek és az ezek kezeléséhez szükséges tervek elkészüljenek;
- a nemzeti vagy területi irányítás végrehajtása azért, hogy biztosítva legyen az azonnali és a középtávú prioritások megvalósulása;
- egy vezetési információs rendszer kialakítása;
- elkészíteni és bevezetni az információk gyűjtésének és elemzésének a folyamatát annak érdekében, hogy átfogó értékelést lehessen készíteni az aknák okozta problémákról, valamint annak a férfiakra, nőkre és gyermekekre gyakorolt eltérő hatásairól;
- harmonizációt biztosítani a nemzeti humanitárius és fejlesztési tervek, valamint a Nemzeti aknamentesítési műveleti terv (NAMT) között;
- kialakítani a nemzeti szabványokat és a belső rendszereket, eljárásokat, melyek a hatékony aknamentesítő műveletek irányításához szükségesek;
- bevezetni a NAMT-et;
- akkreditálni az aknamentesítőket és ellenőrizni aknamentesítést;
- eljárni a NAMH titkárságaként.

Az AMK struktúrájára javaslatot is összeállít az útmutató. A szervezet vezetője az igazgató, aki egyszemélyi vezető és négy részleg fölött diszponál közvetlenül:¹¹⁴

- stratégiai tervezési részleg;
- műveleti részleg;
- jogi részleg;
- kiszolgáló részleg.

Az igazgató felelőssége az alábbi területekre, feladatokra terjed ki:

- források mozgósítása, ideértve az aknamentesítés forrásait és a költségvetés kezelését;
- összeköttetés fenntartása az aknamentesítést igénylő szervezetekkel;
- kezelni a NAMT bevezetését;
- az aknamentesítési munkatervek bevezetésének, fejlesztésének és kezelésének felügyelete;
- biztosítani az aknamentesítéshez szükséges különböző szabványokat, előírásokat;

¹¹⁴ IMAS 02.10: 11.

- biztosítani, hogy az AMK és a program megfeleljen a nemzetközi előírásoknak és az aknamentesítés haladó technológiájának, továbbá azt, hogy az AMK folyamatosan keresse a minőség és a hatékonyság javításának módszereit költségvetési lehetőségein belül;
- biztosítani, hogy a program, vagy annak részeinek értékelése a vezetés igényei, a támogatók és más kulcsszereplők követelményei szerint történjenek;
- igazgatni a törzs állományának kiképzési tevékenységét.

A stratégiai tervező részleg gondozza az aknamentesítő programot, itt készülnek el a több évre szóló tervek. Természetesen a feladataik kiterjedhetnek más közszolgálati és fejlesztési beruházási feladatok támogatására, segítésére is. Ez a csoport határozza meg és tartja fent az aknamentesítés pillanatnyi, növekvő és jövőbeli szükségleteinek értékelésére szolgáló feladatrendszert. Ehhez adatokat gyűjthetnek felmérésekből vagy rendszeres kormányzati és nemzetközi szervezetekkel folytatott egyeztetésekből. Az aknamentesítés alakulásának értékelését is ez a részleg készíti el több szempontból, melyek a következők lehetnek: társadalmi-gazdasági hasznosulás, költség-haszon arány és a mentesített területek használatba vételének alakulása.¹¹⁵

A stratégiai tervezési részleg vezetője a stratégiai tervezés főnöke.¹¹⁶ A fenti tevékenységen túl támogatja az igazgatót a források mozgósításában, valamint szoros kapcsolatot tart fent a műveleti részleg vezetőjével a különböző tervezési feladatokban.¹¹⁷

A műveleti részleg a következő szervezeti egység, melynek tevékenysége kifejezetten szerteágazó:¹¹⁸

- összeköttetést alakít ki az aknamentesítést igénylő szervezetekkel;
- folyamatosan informálja az igazgatót az aktív műveletekről és ellátja technikai tanácsokkal;
- részt vesz NAMT fejlesztésében;
- részt vesz a programba bevonható aknamentesítő szervezetek kiválasztásában;
- felügyeli az aknamentesítő szervezetek akkreditációját;
- felügyeli az AMK információs hálózatát és a földrajzi információs rendszerét;¹¹⁹
- a különböző nemzeti aknamentesítési szabványok és útmutatók fejlesztése és kezelése;

¹¹⁵ IMAS 02.10: 15–16.

¹¹⁶ Angolul: Chief of Strategic Management.

¹¹⁷ IMAS 02.10: 12.

¹¹⁸ IMAS 02.10: 16–17.

¹¹⁹ Angolul: Geographic Information System.

- aknamentesítési feladatok tervezése és kezelése;
- felügyeli az aknamentesítési feladatok ellenőrzési és vizsgálati tevékenységét annak érdekében, hogy a szükséges szabványok alkalmazásra kerüljenek;
- szükség esetén irányítja a műveleti csoportot;
- irányítja és kezeli az új eszközök és eljárások tesztelését, értékelését;
- koordinálja a törzs kiképzését;
- felügyeli a jelentések tartalmának és eredményeinek összevetését;
- koordinálja és szervezi a szükséges értekezleteket a külső partnerekkel és a szervezeten belül;
- szükség esetén tájékoztatót tart a médiának, látogatóknak és bevont szervezetek képviselőinek;
- elvégzi a nem várt események kivizsgálását, továbbá biztosítja, hogy azok javító, módosító tapasztalatai feldolgozásra kerüljenek;
- kezeli az AMK kommunikációs központját;
- eleget tesz az AMK nemzeti szabványokban előírt, számára releváns szakterületi kötelességeinek;
- részvétel vagy bemenet biztosítása a kiképzésbe;
- különleges tanácsadás az igazgatónak, a részleg vezetőjének vagy más, a programba bevont szervezeteknek;
- koordinálja az aknamentesítési programot, tekintettel annak különlegességeire;
- hozzájárul a nemzeti szabványok, belső eljárásrendek és technikai útmutatók elkészítéséhez.

A fenti feladatok a részlegen belül több csoport között oszlanak szét. Ezek a következők lehetnek:¹²⁰

- minőségbiztosító és minőségellenőrző csoport;
- információkezelés és földrajzi információs hálózat csoport;
- áldozat támogatási csoport;
- közösségi összekötő csoport;
- aknaveszély oktatási csoport;
- tervezési és folyó műveleti csoport;
- aknakereső kutyás, mechanikai és raktározott készlet megsemmisítő csoport;

¹²⁰ IMAS 02.10: 18–20.

- kommunikációs központ.

Ezt a részleget a műveleti főnök¹²¹ vezeti. A csoportokat tisztviselők irányítják, melyekben további asszisztensek és adminisztrátorok kaphatnak pozíciót.¹²²

A jogi részleg feladatai közé tartozik a tenderek kezelése, szerződések megkötése, nemzetközi és nemzeti szabályzók értelmezése, valamint az AMK dokumentumok megfelelő szövegezésének segítése, hogy azok az elvárt szinten értelmezhetőek legyenek. A tevékenységük kiegészülhet tanácsadással az aknamentesítéshez kapcsolódó külső szervezetektől érkező aggodalmak és igények kezelése érdekében. Ez a szervezeti egység nem feltétlenül szükséges minden esetben, akár külső szereplő is elláthatja a fenti feladatokat.¹²³

A kiszolgáló részleg három csoportra bontható tovább. Az első a logisztikai csoport, ami felelős a beszerzésekért, az eszközök (járművek, technikai eszközök, informatikai eszközök stb.) karbantartásáért, nyilvántartásáért, tárolásért. Ez a csoport kezeli az AMK objektumait, ide értve az irodákat, raktárakat, robbantási területeket, kiképzési és teszt objektumokat. A második csoport a személyzeti ügyintézésért felelős. A feladataik közé tartozik a toborzás, a munkaszerződések kezelése, fizetések és juttatások nyilvántartása, egészségügyi és gondoskodási feladatok stb. A harmadik terület a pénzügy. Ez a csoport felelős az aknamentesítő program költségvetésének napi szintű pénzügyi kezeléséért, a rutin jellegű kifizetések indításáért, pénzügyi könyvelésért, a szükséges jelentések elkészítéséért stb. Ennek a részlegnek az állományába tarthatnak továbbá a gépjárművezetők és tolmácsok is.¹²⁴

A kiszolgáló részleg vezetője egy tisztviselő.¹²⁵ Döntően a logisztikai és személyzeti ügyintéző csoportok feladatai fölött diszponál és felügyeli a pénzügyi területet is, bár ez utóbbi az AMK igazgatójának közvetlen irányítása alatt áll. A részlegben további kiszolgáló és pénzügyi asszisztensek is alkalmazhatók, bár a pénzügy a program igényei szerint önálló részleget is alkothat. Ilyenkor ezt a részleget is egy tisztviselő¹²⁶ vezeti.¹²⁷

Ezek tehát az aknamentesítéssel foglalkozó ENSZ útmutatásokból és szabványokból származó információk, de néhány esettől eltekintve nem igazán lehet azonosítani a többi

¹²¹ Angolul: Chief of operations.

¹²² IMAS 02.10: 12–13.

¹²³ IMAS 02.10: 16.

¹²⁴ IMAS 02.10: 20–21.

¹²⁵ Angolul: Support Services Officer.

¹²⁶ Angolul: Finance Officer.

¹²⁷ IMAS 02.10: 13.

robbanótest kezelésének részleteit, tervezésének feladatait. A klasszikus értelemben vett tüzserész tevékenységet külön szabványban rögzítették,¹²⁸ mely jóval részletesebb.

A szabvány elején tisztázódik is a kérdés, hogy miért kap elkülönített figyelmet az akna a többi robbanótesthez képest. A szabályzó értelmében a robbanótestek¹²⁹ a legnagyobb gyűjtőhalmaz, amelybe minden robbanásképes eszköz besorolható, akár az improvizáltak is. Ezen belül egy kisebb csoport a robbanásképes háborús maradványok,¹³⁰ melyek a fel nem robbant¹³¹ és az elhagyott¹³² robbanótesteket takarják, de az aknákat nem. Ez egy fontos pont a nemzetközi szabványok elméleti szintű értelmezésében.¹³³

A fenti értelmezés tehát markánsan elkülönítve kezeli a hadi eredetű robbanótesteket az aknáktól, de ahol aknák kerülnek elő, ott tüzserészeti tevékenység esetében is adódhatnak életveszélyes feladatok. Ezekre is felkészülten kell reagálni, tehát a katonai eredetű robbanótestek esetében is tesz ajánlást a szabvány az NAMH felelősségi körére:¹³⁴

- kialakítja és fenntartja a nemzeti tüzserészeti szabványokat;
- kialakítja és fenntartja a teljesítmény kritériumokat és eszközöket a tüzserész feladatokba bevont aknamentesítő erők minőségi ellenőrzésére, auditálására;
- kialakítja és fenntartja a képességet a tüzserész kiképző szervezetek akkreditációjához és a kiképzési, osztálybasorolási folyamatok ellenőrzéséhez;
- kialakítja és fenntartja a képességet a tüzserész feladatokba bevont aknamentesítő szervezetek akkreditációjára;
- ahol lehetséges és igénylik, kijelöli a megfelelő hatástalanító, megsemmisítő területeket az aknamentesítő szervezeteknek és jóváhagyja az útmutatókat, eljárásrendeket a hatékony és biztonságos végrehajtáshoz;
- kialakítja és fenntartja a képességet a tüzserész feladatokba bevont aknamentesítő szervezetek hatékonyságának, biztonságos munkavégzésének és a környezetvédelmi intézkedéseiknek ellenőrzésére;
- kialakítja a nemzeti tüzserész jelentési rendszert;
- ahol szükséges, segítséget kér más nemzetek kormányaitól a kétoldalú vagy nemzetközi egyezményekkel összhangban, annak érdekében, hogy megszerezze a szükséges

¹²⁸ IMAS 09.30 – Explosive ordnance disposal.

¹²⁹ Angolul: explosive ordnance, rövidítve: EO.

¹³⁰ Angolul: explosive remnants of war, rövidítve ERW.

¹³¹ Angolul: unexploded ordnances: rövidítve UXO.

¹³² Angolul: abandoned explosive ordnances: rövidítve AXO.

¹³³ IMAS 09.30: 2.

¹³⁴ IMAS 09.30: 5.

speciális szaktudást és információt a biztonságos és hatékony nemzeti tűzserész műveleti és eljárásrendekre vonatkozó szabványok kialakításához.

Az aknamentesítést végző szervezetek számára további ajánlásokat találhatunk:¹³⁵

- akkreditációt szerez tűzserész tevékenység végzésére a NAMH-tól vagy a feladatra kijelölt megbízott, esetleg egy helyettesítő szervezettől;
- kialakítja és fenntartja a tűzserészszak szabványos műveleti eljárásrendjeit a NAMSZ szabványaival, helyi szabályzókkal és szabványokkal összhangban, a helyi körülmények figyelembe vételével;
- biztosítja, hogy a tűzserész feladatokat végző munkatársaik képesítettek legyenek, feleljenek meg a feladatra és rendelkezzenek írásos tanúsítvánnyal a NAMSZ szerinti tűzserész osztályos fokozatukról;
- írja elő a tűzserész munkatársaknak, hogy vezessenek naplót a műveleti tapasztalataikról és ezeket írásban igazolja is számukra;
- a tűzserész szakfeladatok során következetesen, hatékonyan és biztonságosan (a környezetvédelmi előírásokat is ide értve) alkalmazza a szabványos műveleti eljárásrendeket;
- biztosítsa, hogy az érintett közösség legyen tisztában minden tűzserész szakfeladattal (a kiképzést is ide értve), mentesítési előírással, különös tekintettel a mentesítés mélységére.

A tűzserész szakállomány kiképzésével foglalkozó szervezetek számára is található néhány kötelező érvényű felelősségi kör:¹³⁶

- akkreditációt szerez tűzserész szakemberek kiképzésére a NAMH-tól vagy a feladatra kijelölt megbízott, esetleg egy helyettesítő szervezettől;
- kialakítja és fenntartja a tűzserész kiképzés szabványos műveleti eljárásrendjeit a NAMSZ szabványaival, helyi szabályzókkal és szabványokkal összhangban, a helyi körülmények figyelembe vételével;
- kialakítja és fenntartja a szakmai jogosítványok kiállításának folyamatát olyan módon, hogy a kiállított okmányok részletesen tartalmazzák a felkészített személy által teljesített kiképzési ágakat és azok eredményességét.

¹³⁵ IMAS 09.30: 5.

¹³⁶ IMAS 09.30: 6.

A tűzserész felkészítésekkel kapcsolatban egy kifejezetten előnyös részletet azonosítottam. A hagyományos tűzserészet vonatkozásában elérhető olyan ENSZ AMSZ szabvány mely részletesen tartalmazza, hogy az egyes ismeretekből milyen szintű tudásra van szükség a minősített szakembereknek.¹³⁷ Ez nagy segítség a felkészítést végző akkreditált szervezeteknek, valamint a munkáltatóknak is, hiszen minden szükséges információ adott, hogy megegyező minőségben felkészített szakemberek érkezzenek különböző képzési helyekről. Ezt persze a kiképzések szervezésére kiadott szabvány szintén szoros keretek között tartja.¹³⁸ Így gyakorlatilag minden kiképzési kérdés szigorú szabályok mellett történik, ami a minőségbiztosítás¹³⁹ egyik sarokköve.

2.5.2 Elgondolás egy tűzserészeti felügyeleti szerv hazai megvalósítására

A probléma azonosítása után sikerült bemutatnom egy összetett rendszert, mely teljes megoldást nyújthat a kérdéses elemekre. Ahogyan korábban jeleztem, hazánkban egy határozott tűzserészeti feladatmegosztás tapasztalható, melynek van megfelelő jogszabályi háttere, legalábbis a közszolgálati tevékenység esetében. Az ENSZ által javasolt szervezetek és eljárásrendek éppen ezért nem emelhetők át a hazai gyakorlatba teljes egészükben. Azokat részben és a helyi sajátosságokhoz igazítva lehet integrálni. Ennek az egyik legfőbb oka többek között a hatástalanítási feladatok végrehajtásában azonosítható eltérések. Ezeket nem vizsgáltam és a továbbiakban sem fogom, mert véleményem szerint több eltérő, de biztonságos megoldás található ezekre a helyzetekre. Természetesen vitaindító lehet egy-egy gyakorlat bevezetésének a megfontolása, de jelenlegi kutatásaim során nem fogom egyik eljárásrendet sem minősíteni.

Ezeket a szempontokat figyelembe véve úgy gondolom, hogy hazánkban megoldás lehet az alulszabályozottság, szakmai ellenőrzések, minőségbiztosítás érdekében új szervezet beillesztése a meglévő rendszerbe. Ez sok kompromisszumot igényel majd minden részről, de végeredményül egy átlátható irányítási és ellenőrzési rendszer alakul majd ki. A megoldásra két változatot dolgoztam ki, de szeretném leszögezni, hogy kizárólag a szervezeti struktúra, feladatrendszer, kapcsolódás az államigazgatás struktúrájába, valamint a legfontosabb hatáskörök esetében dolgoztam ki a részleteket. Az ennél részletesebb elgondolás túlmutat egy tudományos témában készített disszertáció keretein, ha tudományos tekintetben nem is, terjedelemben minden bizonnyal.

¹³⁷ Test and Evaluation Protocol 09.30/01/2022.

¹³⁸ IMAS 06.10 - Management of training.

¹³⁹ IMAS 07.12 - Quality Management in Mine Action.

Első változat:

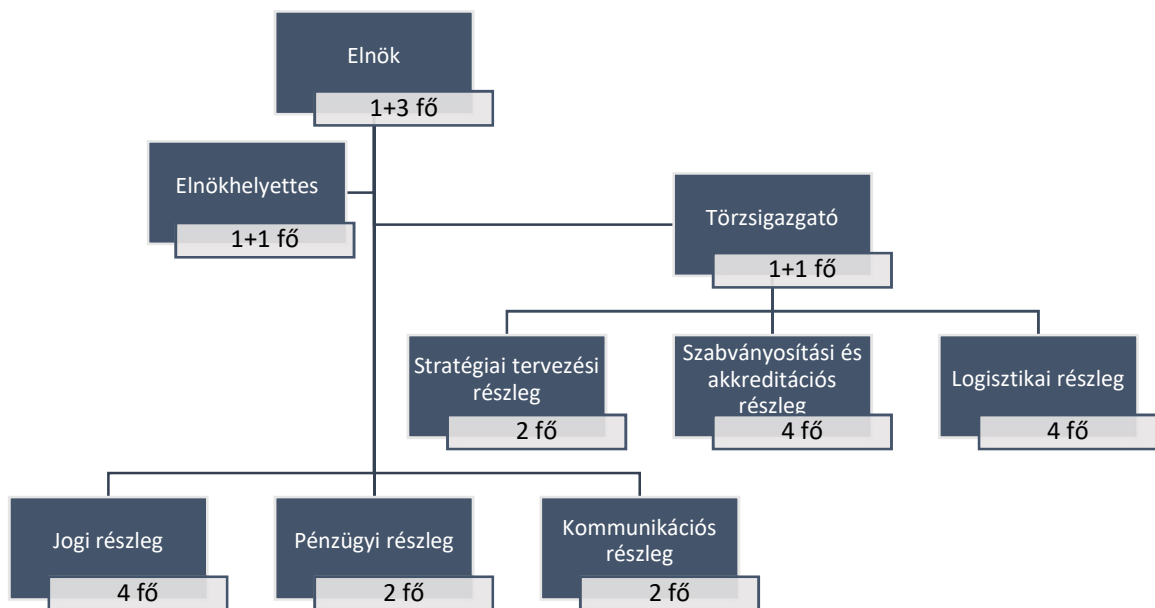
Az első változatban – követve az ENSZ iránymutatásait – két szervezeti elemet kell integrálni a hazai tűzszerezésbe. A magasabb egység neve egy változatban a Nemzeti Tűzszerezési Hatóság (NTH) lehetne. Feladatrendszerét és felépítését részben a NAMH ihlette.

A szervezet rendeltetése Magyarország területén folyó, nem rendvédelmi vagy honvédelmi szervek által végzett tűzszerezési tevékenységek felügyeletének kialakítása és a kialakított rendszer működésének fenntartása. Feladatait a Honvédelmi Minisztérium (HM) alárendeltségében láthatná el, közvetlen vezetését a honvédelmi miniszter vagy a tárca közigazgatási államtitkára valósíthatná meg. Ennek fő indoka, hogy a hazai lőszermentesítési tapasztalat túlnyomó részét a katonák birtokolják, ezért a szükséges szakemberek delegálása kézenfekvő lehetne a tárca alárendeltségéből.

A NTH feladatrendszere:

- az tűzszerezési feladatok jogszabályi bevezetésének, a hatályos szabályok módosításának előkészítése;
- a nemzeti szabványok kidolgozása és folyamatosan aktualizálása a kor kihívásainak és a technikai eszközök színvonalának megfelelően;
- elkészíteni a kormányzat felé a Nemzeti Tűzszerezési Stratégiát, melyben meghatározásra kerülnek a területet érintő legfontosabb alapelvek, irányvonalak és célok;
- alárendeltségében kialakítani a Tűzszerezési Műveleti Központot (TMK) és felügyelni annak működését;
- részt venni a tűzszerezést érintő nemzetközi egyezmények feldolgozásában és az esetleges csatlakozási folyamatok előkészítésében;
- útmutatót készíteni a tűzszerezési mentesítés lehetőségeiről a lakosságnak, piaci szereplőknek, beruházóknak és állami és nem állami szervezeteknek;
- folyamatosan információt biztosítani a kormányzatnak, szervezeteknek és a nyilvánosságnak;
- rendszeres időközönként, de minimum 6 havonta egyeztetést szervezni a tűzszerezési tevékenységekben érintett kormányzati szervek képviselőinek: belügy, mezőgazdaság, fejlesztés, beruházás, építés stb. területekről;
- folyamatosan vizsgálni a területet érintő nemzetközi szabályzók alkalmazhatóságát, bevezethetőséget a hazai gyakorlatba;

- kialakítja a feladatokhoz végrehajtásához szükséges felkészítések, kiképzések kritériumait, szabványait;
- akkreditációs képességet tart fenn, akkreditáló hatóságként jár el a tűzszerezési feladatok végzése és az azokra történő felkészítések tekintetében egyaránt;
- szükség esetén visszavonja, felülvizsgálja a kiadott akkreditációkat;
- auditációs képességet tart fenn a tűzszerezési feladatok végzése és az azokra történő felkészítések tekintetében egyaránt;
- a szükséges mértékig kapcsolatot tart fenn a tűzszerezési tevékenységben érintett szervezetekkel, beruházókkal, piaci szereplőkkel;
- kidolgozza, meghatározza és szükség esetén fejleszti a területhez kapcsolódó jelentési, nyilvántartási és térinformatikai rendszert;
- a szükséges mértékig kapcsolatot tart fenn más nemzetek azonos szervezeteivel;
- kommunikációs csatornákat tart fenn a közérdeklődés kielégítése érdekében;
- önálló gazdálkodást folytat a rendelkezésre álló költségvetésből.



14. ábra: A NTH szervezeti struktúrája (változat)
 Forrás: a szerző szerkesztése.

A NTH szervezeti felépítését (14. ábra) a fenti feladatokhoz szabva alakítottam ki. Az elnök és helyettese számára egy aránylag kis létszámú alkalmazotti kör biztosítja a különböző események szervezését és a vezetői feladatok támogatását. Az elnök közvetlenül irányítja a Jogi-, Pénzügyi és a Kommunikációs részlegeket. Ez a direkt vezetés biztosítja a hatékony pénzügyi gazdálkodást, a költségvetés szabályos felhasználását és a jogszabályoknak megfelelő működést. A kommunikációs folyamatok kézben tartásával pedig megvalósítható a széles körű és megfontolt tájékoztatás.

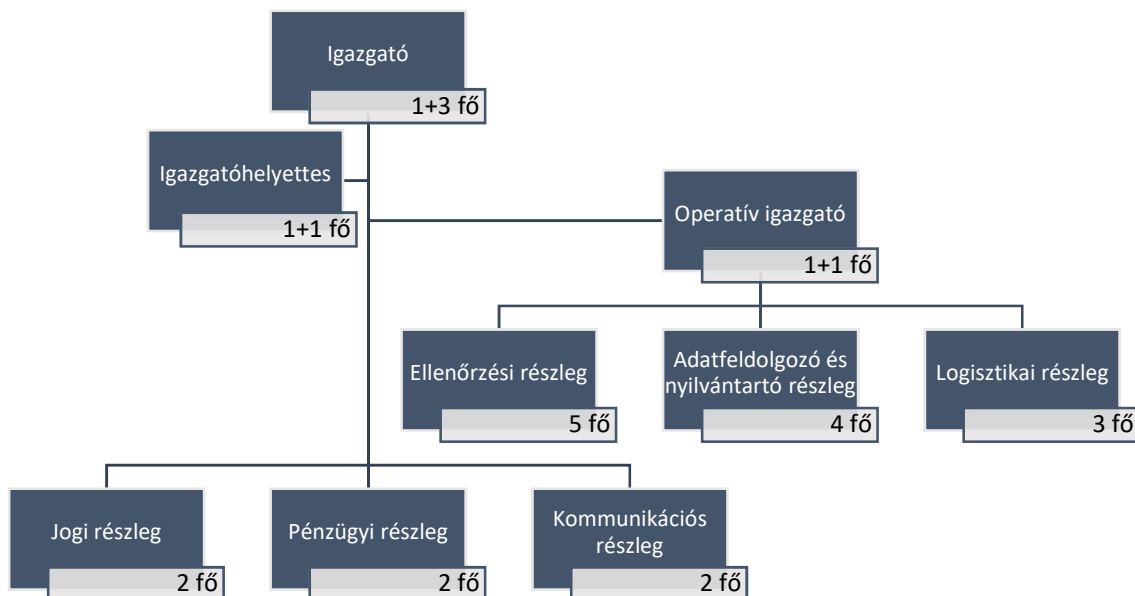
A szigorúan vett szakmai feladatokat a törzsigazgató felügyeli, aki három részleget irányít közvetlenül. A Stratégiai részleg felelős a hosszú távú tervezésért, a szabványosítási és akkreditációs részleg felel a tűzszerezési szabványok és szabályzók elkészítéséért, ide értve a jogszabályok szakmai tartalmi elemeit is. A logisztikai részleg a szervezet tevékenységének támogatására hivatott.

A TMK, mint az NTH alárendelt szervezete rendeltetése – a rendvédelmi és honvédelmi tevékenységet nem ide értve – a nemzeti szabályzók és szabványok alapján nyomon követni a folyamatban lévő tűzszerezési feladatokat, megteremteni a folyamatos kapcsolatot az érdekelt vállalkozásokkal, szervezetekkel és folyamatosan ellenőrizni a feladatok, kiképzések és felkészítések szabványoknak megfelelő végrehajtását. Feladatait az NTH alárendeltségében látja el, közvetlen vezetését az NTH elnöke valósítja meg.

A TMK feladatrendszere:

- a tűzszerezési szabványok és szabályzók alkalmazásának ellenőrzése;
- részvétel a nemzeti tűzszerezési szabályzók kidolgozásában, aktualizálásában;
- szükséges mértékig kapcsolatot tartani a tűzszerezési tevékenységet végző vállalkozásokkal és szervezetekkel;
- a szükséges mértékig együttműködni és kapcsolatot tartani a honvédelmi és rendvédelmi tűzszerezési szakfeladatokat végző szervezetekkel;
- ellenőrizni a tűzszerezési munkálatok szabványok szerinti végrehajtását, ide értve a technikai eszközök alkalmazhatóságát is;
- ellenőrizni a kiképzések, felkészítések szabványok szerinti végrehajtását;
- javaslatokat megfogalmazni a nemzeti szabványok és szabályzók módosításával kapcsolatban;
- az ellenőrzések alapján javaslatot tenni a tűzszerezési területen kiadott akkreditációk visszavonására;
- adatbázist tart fent a tűzszerezési tevékenységgel kapcsolatban;

- nyilvántartja a mentesített területek adatait és a mentesítés egyéb részleteit, lehetőleg térinformatikai támogatással;
- feldolgozza a tűzszerész tevékenységet, kiképzést, felkészítést végző szereplők jelentéseit;
- tájékoztatja a folyamatban lévő feladatokról a NTH vezetését, szükség esetén speciális tanácsadással segíti annak munkáját;
- statisztikai adatokat szolgáltat az NTH részére a nyilvántartott feladatokkal kapcsolatban;
- szükség esetén részt vesz az NTH kommunikációs tevékenységében;
- kommunikációs csatornákat tart fenn a közérdeklődés kielégítése érdekében;
- önálló gazdálkodást folytat a rendelkezésre álló költségvetésből.



15. ábra: A TMK szervezeti struktúrája (változat)

Forrás: a szerző szerkesztése.

A TMK szervezeti felépítése (15. ábra) jól tükrözi a fenti feladatrendszert. Az igazgató és helyettese számára itt is egy kis létszámú iroda biztosítja a különböző események szervezését és a vezetői feladatok támogatását. Ezen túlmenően az igazgató közvetlen vezetése alatt áll az Jogi-, Pénzügyi és a Kommunikációs részleg. Ez véleményem szerint elengedhetetlen szempont a jogszabályoknak megfelelő működés, pénzügyi gazdálkodás és a magas színvonalú tájékoztatás érdekében.

Az operatív igazgató a szervezet harmadik vezetője, egyben a konkrét szakmai feladatok elvégzéséért felelős személy, akinek alárendeltségében három részleg tevékenykedik. Az Ellenőrzési részleg a tűzszerezési szabványok és szabályzók betartásának mindenre kiterjedő ellenőrzését végzi el, a Szabványosítási és nyilvántartó részleg pedig a szakmai szabályzók készítésében, felülvizsgálatában, a beérkező jelentések, információk feldolgozásában és kezelésében játszik szerepet. A Logisztikai részleg az előző két részleg feladatainak végrehajtását támogatja, egyéb esetekben pedig az egész szervezetét.

Második változat

A második változatban, melyet egyébként jómagam preferálok, a feladatrendszer egy szervezetbe integrálásával egyszerűsítettem a struktúrát. A kialakított szervezet javasolt neve Nemzeti Tűzszerezési Hatóság és Műveleti Központ (NTHMK). A szervezet rendeltetése Magyarország területén folyó – a rendvédelmi és honvédelmi feladatok kivételével – tűzszerezési tevékenységek felügyeletének kialakítása és a kialakított rendszer működésének fenntartása, ellenőrzése és a tevékenységben érdekelt szereplők akkreditációja.

A NTHMK feladatrendszere:

- a tűzszerezési feladatok jogszabályi bevezetésének, a hatályos szabályok módosításának előkészítése;
- a nemzeti szabványok kidolgozása és folyamatosan aktualizálása a kor kihívásainak és a technikai eszközök színvonalának megfelelően;
- elkészíteni a kormányzat felé a Nemzeti Tűzszerezési Stratégiát, melyben meghatározásra kerülnek a területet érintő legfontosabb alapelvek, irányvonalak és célok;
- részt venni a tűzszerezést érintő nemzetközi egyezmények feldolgozásában és az esetleges csatlakozási folyamatok előkészítésében;
- útmutatót készíteni a tűzszerezési mentesítés lehetőségeiről a lakosságnak, piaci szereplőknek, beruházóknak, az állami és nem állami szervezeteknek;
- folyamatosan információt biztosítani a kormányzatnak, szervezeteknek és a nyilvánosságnak;
- rendszeres időközönként, de minimum 6 havonta egyeztetést szervezni a tűzszerezési tevékenységekben érintett kormányzati szervek képviselőinek: belügy, mezőgazdaság, fejlesztés, beruházás, építés stb. területekről.
- folyamatosan vizsgálni a területet érintő nemzetközi szabályzók alkalmazhatóságát, bevezethetőséget a hazai gyakorlatba;

- kialakítja a feladatok végrehajtásához szükséges felkészítések, kiképzések kritériumait, szabványait;
- akkreditációs képességet tart fenn, és akkreditáló hatóságként jár el a tűzszerészeti feladatok végzése és az azokra történő felkészítések tekintetében egyaránt;
- szükség esetén visszavonja, felülvizsgálja a kiadott akkreditációkat;
- auditációs képességet tart fenn a tűzszerészeti feladatok végzése és az azokra történő felkészítések tekintetében egyaránt;
- ellenőrzési tevékenységet lát el az akkreditációval rendelkező tűzszerészeti tevékenységben érdekelt szereplők felett;
- a szükséges mértékig kapcsolatot tart fenn a tűzszerészeti tevékenységben érintett szervezetekkel, beruházókkal, piaci szereplőkkel;
- kidolgozza, meghatározza és szükség esetén fejleszti a területhez kapcsolódó jelentési, nyilvántartási és térinformatikai rendszert;
- a szükséges mértékig együttműködik és kapcsolatot tart a honvédelmi és rendvédelmi tűzszerész szakfeladatokat végző szervezetekkel;
- adatbázist tart fenn a tűzszerészeti tevékenységgel kapcsolatban;
- nyilvántartja a mentesített területek adatait és a mentesítés egyéb részleteit, lehetőleg térinformatikai támogatással;
- feldolgozza a tűzszerész tevékenységet, kiképzést, felkészítést végző szereplők jelentéseit;
- statisztikai adatokat szolgáltat az NTH részére nyilvántartott feladatokkal kapcsolatban;
- a szükséges mértékig kapcsolatot tart fenn más nemzetek azonos szervezeteivel;
- kommunikációs csatornákat tart fenn a közérdeklődés kielégítése érdekében;
- önálló gazdálkodást folytat a rendelkezésre álló költségvetésből.

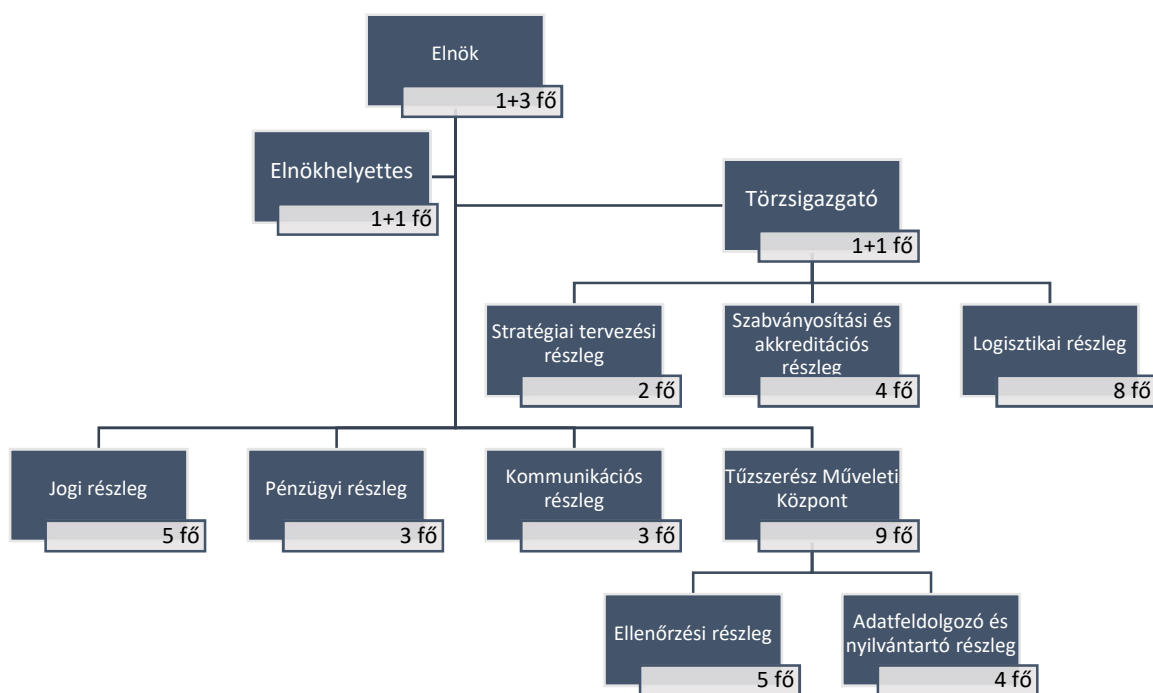
A szervezeti struktúra, melyet egy változatban kidolgoztam az NTHMK részére (16. ábra) egy tekintetben tér el az első változatban bemutatott NTH szervezetétől. Az elnök alárendeltségében közvetlen bekötéssel beépül a TMK, de itt már csak két részleggel, összesen 9 fő állománnyal. Mivel a szakmai feladatokat illetően az operatív tevékenység – mely esetenként azonnali intézkedést követelhet – itt folyik, nem tartom praktikusnak, hogy az elnök közvetlen irányítása alól elkerüljön a szervezeti elem.

A bemutatott változatokat tekintve az első esetében 53 fő, míg a második esetében 42 fő látja el a feladatokat. A 11 fő csökkenés önmagában is a második változat felé billenti a

mérleget, de ez a szám legalább 2 fő magasabb beosztású vezetőt is tartalmaz, ami a bértömeget tekintve szintén jelentős szempont.

Másrészt a szakmai tevékenységek mindkét változat esetében megvalósulnak, miközben a második változat kompakt kialakítása jobban illeszkedik a hazai tevékenység dinamikájához és mennyiségéhez.

A fenti szervezetek, változatok bármelyike tekintetében elmondható, hogy kizárólag egy körültekintően kialakított, lehetőség szerint törvényben rögzített keretrendszerrel együtt képesek megvalósítani a kitűzött célt. Ennek a részleteit kutatásommal nem terveztem vizsgálni, mert bonyolult jogi összefüggéseket szükséges kezelni a folyamat során.



16. ábra: A NTHMK szervezeti struktúrája (változat)

Forrás: a szerző szerkesztése.

2.6 RÉSZKÖVETKEZTETÉSEK

Ebben a fejezetben összefoglaltam a robbanótesteket és egy átfogó képet nyújtottam azok rendszerezéséről, legfontosabb típusairól. Erre azért volt szükség, hogy kialakítsam az alapját a további elemzésnek, mely a tűzszerész szakemberekre és lőszermentesítéssel foglalkozó munkavállalókra leselkedő veszélyeket vizsgálja. Ezeket a veszélyes tényezőket csoportosítva megállapítottam a gyújtószerkezetekből, a robbanóanyagokból és a pirotechnikai anyagokból

fakadó lehetséges veszélyeket. Ezek közül néhányat konkrét példákkal együtt mutattam be annak érdekében, hogy a szakmai munkában érdekelt állomány a számára releváns képet kapja.

Véleményem szerint a veszélyek összegzése megmutatta, hogy egyre növekvő kockázattal kell számolni a felkutatással, hatástalanítással foglalkozó szakembereknek. Ennek hatással kell lennie az érvényes eljárásrendekre, mert akár már középtávon jelentkezhetnek olyan problémák, melyek eddig nem tapasztalt okból végtelen robbanást eredményeznek. Természetesen az alkalmazott gyakorlat és biztonsági rendszabályok minimalizálják ezeket, de a civil szektorban már nem beszélhetünk egységes rendszerről.

A lőszermentesítés tekintetében a legfontosabb mozgató rugó az építőipar, ezt korábbi eredményem is igazolja. Megvizsgáltam a lőszermentesítés lehetőségeit egy-egy ilyen projekt tekintetében. Bemutattam a három lehetséges változatot és javaslatot tettem a megfelelő kiválasztásra. Minden esetben indokoltnak tartom az ilyen projektek előtt valamelyik műszeres átvizsgálási folyamat megrendelését, mert a fennálló kockázat így mindenképpen csökkenthető. A lőszermentesítés elmulasztása olyan veszélyeket rejt, melyet a robbanótestek romló állapota tovább növel.

Az előző gondolatmenetet folytatva megvizsgáltam a lőszermentesítéssel foglalkozó vállalkozásokra vonatkozó szabályokat és a munkavégzésük lehetőségeit. A vonatkozó előírások a legtöbb esetben kizárólag általános vagy a minőségbiztosításhoz köthető előírások. A tevékenység önmagában nem is szerepel a TEÁOR jegyzékben, kizárólag több másik tevékenység kombinációjából lehet összeválogatni a szükséges komponenseket. A konkrét munkára vonatkozó szabványos, jogszabályi és ellenőrzési előírások nem azonosíthatók hazánkban. Ennek ellenére, az általában alkalmazott egykori tűzszerész szakemberek és a bevett jó gyakorlatok eredményeképpen nem jellemző a balesetek bekövetkezése. Természetesen erre nem lehet alapozni egy életveszélyes tevékenységet, főleg a fentebb jelzett romló fizikai és kémiai állapotú robbanótestek esetében.

A feltárt probléma vagy hiányosság megoldására kísérletet tettem. Megvizsgáltam az ENSZ AMSZ által kiadott szabványokat és irányelveket, melyek szóba kerülhettek. Általános tapasztalat, hogy ezek főleg az aknamentesítési feladatok szabályozását tűzték ki célul, a tűzszerészeti témájúak pedig jelentős eltéréseket tartalmaznak a nemzeti eljárásrendekben. Az ajánlások viszont jelzik is több esetben, hogy amennyiben már vannak meglévő nemzeti szervezetek, szabványok és jogszabályok, akkor ezeket részeiben is javasolják bevezetni, alkalmazni. Ezért vizsgáltam meg részletesen, hogy milyen szervezeti formákat javasolnak a tevékenység szervezésére, ellenőrzésére és szabályzó háttérének kialakítására. A feldolgozott

dokumentumok részletesen tartalmazták a szükséges információkat, azonban a nemzeti sajátosságokhoz illeszkedők kiválasztása, vagy azok átalakítása már nehézségekkel járt.

A terület szabályozási és ellenőrzési kérdéseinek rendezése érdekében kialakítottam két elgondolást a fent említett ENSZ AMSZ dokumentumok bázisán. Az első jobban illeszkedik a nemzetközi szinten elfogadott szabványokhoz és két vezetési szinten működik. A NTH mint szervezeti egység valósítja meg a jogalkotás támogatását, a szabályozást és akkreditációt. A TMK külön szervezetként, a NTH alárendeltségében egy döntően ellenőrzést és nyilvántartást végző szervezetként működik.

A második változatban az első verzió két szervezetét vontam össze. Az így kialakított NTHKM szintén képes ellátni a teljes feladatrendszert, viszont kevesebb költséggel és kisebb apparátussal üzemel. Annak ellenére, hogy az első verzió jobban illeszkedik a nemzetközi szabványokhoz, a hazai gyakorlat és a moderált kiadások miatt mégis ezt javaslom megvalósításra.

A kialakított elgondolás megoldást nyújthat a fenti kockázatok legalább részben történő csökkentésére, mert azt nem szabad elfelejtenünk, hogy a tűzszerész szaktevékenység életveszélyes. A robbanótestek felkutatását végzők esetében a fenti szervezeti háttér egységes és biztonságosabb háttérrel nyújthatna a feladatok során, a folyamatos ellenőrzéssel pedig a beruházók és megrendelők felé a minőségi végrehajtás garanciáját is biztosíthatná. A kockázatok esetében csak délibáb azok teljes megszüntetésének elérése, kizárólag csökkenteni, optimalizálni lehet azokat. Ez a más területen tevékenykedők számára furcsán hangzik, azonban a tűzszerészek életének elfogadott része.

3. FEJEZET

A KÜLÖNLEGES TÖLTETŰ TŰZÉRSÉGI LŐSZEREK AZONOSÍTÁSÁNAK KIHÍVÁSAI

„Mindannyiunknak jobb, ha már most megtanuljuk, hogyan birkózzunk meg a változással...”¹⁴⁰

John P. Kotter

A közszolgálati tűzszerész szakfeladatok rengeteg kihívást hordoznak a szakemberek számára. Az életveszély gyakorlatilag minden hatástalanítási mozzanatban megtalálható. Mégis van egy-egy olyan szakterület, melyet talán még veszélyesebbnek gondolhatunk. Az atom, biológiai és vegyi (ABV) tűzszerészet éppen ebbe a kategóriába tartozik.

Ez több tekintetben is igaz. A tevékenységet csak egy kifejezetten jól felkészített csoport végezheti. Nem szabad megfélekedni róla, hogy magas szintű tűzszerész ismeretek kellenek a különböző robbanótestek biztonságos kezeléséhez. Másrészt magas szintű vegyivédelmi képzettséggel is rendelkeznie kell a feladatot végző állománynak. Ugyan elsőre nem tűnik jelentős feladatnak, de a két szakterület előírásait, módszereit egyszerre alkalmazva olyan összetett rendszert kapunk, melyet tényleg csak a legjobban felkészített szakemberek tudnak kezelni.¹⁴¹

Az ABV tűzszerészet¹⁴² tekintetében nem vizsgálom dolgozatomban az atom és biológiai fegyvereket. A különleges töltetű robbanótestek közül pedig kizárólag a ködsavval, kénmustárral és KLARK mérgező harcanyaggal töltötteket fogom a kutatásaimba belevonni. Ezeket a veszélyes anyagokat pedig kizárólag katonai eredetű robbanótestek tekintetében fogom elemezni, azon belül is egy konkrét robbanótest csoport esetében, mely a II. világháború során rendszerben volt hazánk haderejében. Az improvizált robbanótestek is lehetnek többek között akár vegyi töltetűek,¹⁴³ de ezzel a kategóriával nem foglalkozom értekezésemben.

¹⁴⁰ KOTTER, John P. (1999): *A változások irányítása*. Budapest: Kossuth, 172.

¹⁴¹ BEREK 2016: 26–33.

¹⁴² Angolul: chemical, biological, radiological and nuclear explosive ordnance disposal, rövidítve: CBRN EOD.

¹⁴³ HORVÁTH Tibor (2018): Rögtönzött robbanótestek hatástalanításának (C-IED) veszélyhelyzetei, kezelésük lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 28(2), 105. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/1629/942>; HORVÁTH Tibor (2016): A műveleti környezet műszaki támogatásának kihívásai. In CSENGERI János – KRAJNC Zoltán: *Humánvédelem - békeműveleti és veszélyhelyzet-kezelési eljárások fejlesztése (Tanulmánygyűjtemény I., e-book)*. H. n.: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 258. Online: http://real.mtak.hu/33554/1/tanulmanygyujtemeny%20ujratervezes_CsJ_KZ_1.5.pdf

A vegyi fegyverekre szigorú előírások, tiltások vonatkoznak és napjainkban is fontos téma azok feltételezett birtoklása. A katonai vezetők a közelmúlt konfliktusaiban is komolyan számoltak azzal, hogy az ellenség esetleg alkalmazni fog ilyen jellegű tömegpusztító fegyvert.¹⁴⁴ A II. világháború során ennek az esélye jóval nagyobb volt, több szereplő rendelkezett kifejezetten jelentős vegyifegyver készlettel.

Az szinte bizonyos, hogy a hazai tűzszerész szakfeladatok során ezek az eszközök ritkák, de mégis akad egy-egy kifejezetten érdekes eset, mely a téma aktualitását igazolja. A talán legfrissebb 2018-as, amikor Óbarok külterületén találtak 3 db feltételezetten különleges töltetű tűzérési gránátot. A helyszínen azt állapították meg a szakemberek, hogy ködsav, kénmustár-foszgén és KLARK töltettel készülhettek a veszélyes eszközök. A megsemmisítésük biztonságos végrehajtása érdekében pedig egyedi eljárásrendet alakítottak ki vegyivédelmi szakemberek bevonásával.¹⁴⁵

A fenti eset is rámutat arra, hogy jelentős eltérések szükségesek az ilyen vegyi töltetű robbanótestek kezelésekor. A feladat végrehajtása elhúzódhat, a bevett gyakorlat lépéseit meg kell fontolni és egyeztetni a szakterületek között. Ilyen esetben a megsemmisítés esetleges káros hatásai jelentősebb területet érinthetnek, ezért nagyobb és alakjában eltérő biztonsági zónákat szükséges létrehozni az aktuális szélirány figyelembe vételével. Az alkalmazott hatástalanítási eljárások sokfélék lehetnek: égetés, vágás, lefejtés stb.,¹⁴⁶ és azokból a legmegfelelőbbet csak a pontos típus és töltet megállapítása után ajánlott kiválasztani.

A katonai erők alkalmazásának lehetősége fennállhat abban az esetben is, ha egy vegyi töltetű robbanótest kezelése során nem várt elműködés következik be. A lehetséges feladatok hasonlóságot mutatnak a veszélyes anyagok szállítása során keletkezett katasztrófák felszámolásának részfeladataival.¹⁴⁷ Ezt a tevékenységet az értekezésemben nem fogom részletesen elemezni.

A fejezet témájával kapcsolatosan kialakított hipotézisem a következő:

¹⁴⁴ FÖLDI László (2015): Current Status of Chemical and Biological Weapons' Development, Trends Possibilities and Prospect. *Hadmérnök*, 10(4), 75. Online: http://hadmernok.hu/154_08_foldil.pdf

¹⁴⁵ LENGYEL László – VERES József (2022a): Az ABV-tűzszerész képesség kialakítása, avagy egy út, hogy a legjobbak közé kerülhessünk (1.). *Honvédségi Szemle*, 150(4), 28–29. Online: <https://doi.org/10.35926/HSZ.2022.4.2>

¹⁴⁶ LENGYEL László – VERES József (2022b): Az ABV-tűzszerész képesség kialakítása, avagy egy út, hogy a legjobbak közé kerülhessünk (2.). *Honvédségi Szemle*, 150(5), 84–88. Online: <https://doi.org/10.35926/HSZ.2022.5.6>

¹⁴⁷ PADÁNYI József (1994): *A Magyar Honvédség műszaki csapatainak lehetőségei és feladatai békeidőben a természeti- és civilizációs katasztrófák megelőzésében és a következményeik felszámolásában*. Kandidátusi értekezés, 128–129.

Feltételezem, hogy a vizuális módszer a hazai tűzszerész gyakorlatban nem minden esetben alkalmas a minden kétséget kizáró azonosítás elvégzésére, viszont ennek technikai támogatásával kialakítható egy olyan metodika, mely hatékonyabbá, biztonságosabbá teheti egyes különleges töltetű robbanótestek kezelését.

3.1 A KORABELI GÁZHARC NÉHÁNY KÜLÖNLEGESSÉGE ÉS A II. VILÁGHÁBORÚ MAGYAR GYÁRTÁSÚ GÁZLŐSZEREI

A teljes kép bemutatása érdekében a magyar vegyi fegyverek történetében régebbre kell visszanyúlni a II. világháborúnál.

A vegyi fegyverek elterjedésnek egyik alapvető oka volt, hogy német kutatóknak jelentős eredményeket sikerült elérni azok fejlesztésében az I. világháború kirobbanását követően. 1915-ben meg is történt az első olyan tömeges alkalmazásuk, melyet meghatározó katonai sikerként könyvelhettek el a katonai vezetők. A hatásosságukhoz kétség sem férhetett, ezért elterjedésüknek nem lehetett gátat szabni. Az Osztrák-Magyar Monarchia (OMM) is megkezdte gázalakulatainak felállítását, látva a velük elérhető sikereket a hadszíntéren. Ezek az alakulatok a kísérleti tevékenységet követően egy alkalommal éles feladatot is végrehajtottak. Több ilyen bevetésre nem került sor az I. világháború során, de a vegyifegyverek jelentőségét felismerve a hadvezetés a képesség fenntartása mellett további gyártásban és fejlesztésben gondolkodott.¹⁴⁸

A közvélemény elutasítóan állt a gázharchoz, valamint nemzetközi egyezmények is születtek a korlátozására, tiltására. A hadtudomány művelői szemében ezek ellenére a jövő háborúinak egyik leghatásosabb eszközének tűnt. Ennek oka a kor színvonalán más módon elérhetetlen tömegpusztító képesség volt.¹⁴⁹

Úgy tartották, hogy a technológiai haladás miatt a következő háborúk során már jelentősen magasabb szinten fogják a gázharcot folytatni a háborúzó felek. A béke időszaka pedig megfelelő háttérrel biztosít majd a fejlesztésekhez. Az előrejelzések jelentős halálozással számoltak a vegyi fegyverek alkalmazásából következően.¹⁵⁰

¹⁴⁸ BEREK Tamás – EMBER István (2023): Vegyi töltetű robbanótestek azonosításának nehézségei. In GÓCZE István – PADÁNYI József (szerk.): *Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában*. Budapest: Ludovika, 31. Online: <https://webshop.ludovika.hu/termek/konyvek/hadtudomany/husz-ev-a-katonai-muszaki-tudomanyok-szolgalataban-a-katonai-muszaki-tudomanyok-tudomanyag-idoszeru-kerdesei-aktualis-tudomanyos-kutatasi-eredmenyei-oktatoi-kotet/>

¹⁴⁹ BEREK Tamás (2004): Az Osztrák Magyar Monarchia hadseregének első gáztámadása az olasz hadszíntéren. *Bolyai Szemle*, 13(1), 88–98. Online: https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/static/pdfjs/web/viewer.html?file=https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/1959/berek_tamas.pdf?sequence=2&isAllowed=y

¹⁵⁰ BRAUNER Iván Miklós (1931): *Gázharc a világháborúban*. Hadtörténelmi Levéltár: doboz – 57, őrzési egység – 468.

A magyar hadvezetés bravúros körülmények mentén megoldotta, hogy a két világháború között bevezetett szankciók ellenére rendszeresítési folyamatok történjenek. Ennek eredményeképpen a II. világháború megkezdésekor már hét különböző típusú vegyi töltetű tüzérségi gránát állt rendelkezésre. Ezek a gázgránátok az alábbi típusonkénti bontásban kerültek rendszeresítésre:¹⁵¹

- 10 cm-es 1933 M. „m” gránát;
- 10 cm-es 1933 M. „Kl” gránát;
- 10,5 cm-es 1933 M. „Kl” gránát;
- 10,5 cm-es 1938/1933 M. „Kl” gránát;
- 10,5 cm-es 1938/1933 M. „m” gránát;
- 15 cm-es 1933 M. „Kl” gránát;
- 15 cm-es 1933 M. „m” gránát.

A rendszeresítési folyamatok ütemét tekintve a tüzérségi eszközök kialakítását és tesztelését az is segíthette, hogy repesz-romboló hatású tüzérségi gránátok testét használták fel alapnak. Ezeket a korabeli szabályzatok repeszhatásúnak nevezik, de manapság már repesz-romboló osztályba sorolják őket a szakemberek. A gyújtószerkezet sem szorult fejlesztésre, az alkalmazott típus¹⁵² szintén megfelelt a gázgránátok hatékony működtetéséhez. A belső kialakítás esetében már kellett némi módosítást végezni a robbanótestekben, a ködanyaggal, a KLARK harcanyaggal vagy a kénmustárral szerelt típusok mind eltérnek egymástól és az alapnak tekinthető repesz-romboló változattól egyaránt.¹⁵³

A fenti felsorolásban szereplő típusokat tekintve összesen hozzávetőleg 72.000 db készült el belőlük 1940 szeptemberéig. A hadiipar folyamatosan gyártotta azonban tovább a különböző harcanyagokat, melyek az elkészült mennyiség alapján a legyártott keret többszörösére volt még elegendő. Ez a rengeteg veszélyes harcanyag a raktárakban várta a felhasználását, azonban ezek a készletek nem egyértelműen tisztázott körülmények között hagyták el a tárolási helyüket.¹⁵⁴

A legyártott készletek esetében a nyilvántartások szerint egy darabot sem alkalmazott a hadvezetés éles környezetben. A raktározott mennyiség esetében az a feltételezés a

¹⁵¹ KOVÁCS Vilmos (1997): A Magyar Királyi Honvédség vegyi harcanyaggal töltött lövedékei. *Hadtörténelmi közlemények*, 110(3), 523–542. Online: <https://epa.oszk.hu/00000/00018/00002/pdf/>

¹⁵² 33 M fejgyújtó.

¹⁵³ KOVÁCS 1997: 540.

¹⁵⁴ KOVÁCS 1997: 537–540., 546–547.

legvalószerűbb, hogy elszállították Németországba és a Szovjetunióba a II. világháború befejezése után.¹⁵⁵

Az I. világháború tehát megnyitotta az utat a gázharc előtt, a korabeli technikai eszközök már lehetővé tették, hogy azok pusztító képességét hatékonyan kihasználják a háborúzó felek. Hatékonyságának és elterjedésének egyik legfőbb oka az volt, hogy a kor színvonalán megerősített létesítményekben, objektumokban elhelyezett élőerő pusztítására a hagyományos tüzérségi gránátok nem voltak kellően hatékonyak. A gázharc során azonban az ilyen építmények sem jelentettek megfelelő védelmet.¹⁵⁶

A tüzérségi alkalmazás több szempontból is megfelelt a hatékony gázharc céljainak. Elsősorban meglepetésszerűen lehetett végrehajtani a támadásokat, másrészt pedig megfelelő löveg esetén könnyen kialakítható volt az elvárt harcanyag koncentráció a célterületen. A másik alkalmazott módszer a gázfűvások változat, de ennek alkalmazása nagy előkészületet igényelt és az időjárás is jelentős hatást gyakorolt rá. A tüzérségi eszközök mellett szólt tehát a legtöbb érv, de a lövedékek ürmérete miatt igen jelentős számban kellett azokat felhasználni egy-egy támadás során. Egy másik tényező is a gázharc és a tüzérségi alkalmazás mellett szólt. A frontvonalak mozdulatlansága, az állásharc lehetőséget teremtett rá, hogy kellő számban lehessen felhalmozni a szükséges lőszeret a tüzérség részére.¹⁵⁷

A korabeli magyar terminológia szerint különleges lőszernek számított minden ködképző- vagy gyújtóhatású anyaggal töltött eszköz és gázlövedékek egyaránt. Az alkalmazásuk körülményeire minősített szabályzókat készítettek a szakemberek. A belső kialakításuk eltért, ahogyan feljebb már jeleztem egyes típusoknál, mert itt nem a repeszképzés vagy a rombolás volt a cél. Kizárólag annyi robbanóanyagot hordoztak, amennyi elegendő a gránáttest megbontásához, hogy a beletöltött különleges anyag kifejthesse hatását.¹⁵⁸

A gázharc és különleges lőszer alkalmazásának egyik legfontosabb tényezője, hogy a gránátoknak a felszínen a becsapódás pillanatában kell felrobbanniuk, ezért pillanathatású gyújtószerkezetekkel szerelték őket. Ezek alapvetően fejgyújtószerkezetek voltak. A magyar gyártású különleges tüzérségi lőszer a magyar 33 M gyújtószerkezettel, az alkalmazott német 10,5 cm-es köd változat pedig KL.A.Z. 23. Nb.¹⁵⁹ típusú működtető egységgel készültek.¹⁶⁰

¹⁵⁵ KOVÁCS 1997: 550.

¹⁵⁶ *Harcászati szabályzat I. rész harcászati elvek* (1924). H. n.: M.kir. Honvédelmi Minisztérium.

¹⁵⁷ BEREK – EMBER 2023: 32.

¹⁵⁸ BEREK – EMBER 2023: 32.

¹⁵⁹ Az Nb. rövidítés a német nebel, azaz köd szóra utal. Az ilyen jelzésű gyújtószerkezetek a becsapódás pillanatában működtek és általában nem rendelkeztek késleltetéssel vagy állítási lehetőséggel.

¹⁶⁰ *Lőszer ismertetés III. rész* (1941). Budapest: Honvédelmi Minisztérium.

A tüzérségi alkalmazás másik ismérve volt, hogy nehezebb volt felismerni a gáztámadást, főleg, ha vegyesen alkalmazták a különböző lőszereket. Ez állandó készültséget jelentett a harcoló katonáknak. Amennyiben éjszaka vagy rossz látási viszonyok között alkalmazták, az tovább rontotta a gáztámadás azonosításának lehetőségét, ráadásul a pihenő személyi állomány a védőfelszerelését sem tudja az elvárt idő alatt felvenni. Amennyiben atmoszférikus köd nehezítette az észlelést, a harcolók már csak akkor tudták azonosítani a támadás formáját, amikor már a harcanyagfelhőbe kerültek. Ilyen esetben a koncentráció lassabban oszlott el, mert az atmoszférikus köd kialakulásának körülményei a harcanyagfelhő megmaradásának is kedveznek.¹⁶¹

A korabeli gázharc egyik érdekessége, hogy mustár töltetű aknát is rendszeresítettek. Ebben egy üveg szelencében volt a mérgező harcanyag, a működtetése pedig botlódrróttal valósult meg. Alkalmazásukra nem került sor.¹⁶²

Nem tartom szükségesnek, hogy a II világháború során a magyar tüzérség részére rendszeresített összes különleges tüzérségi gránátot bemutassam, de a köd, KLARK és kénmustár töltetek ismertetését fontosnak gondolom. Ezért minden változathoz egy adott típust fogok megvizsgálni, ami azért is fontos, hogy a később kialakítandó hatástalanítási elgondolás során megfelelő javaslatot adhassak.

10,5 cm-es 1938/1933 M. „köd” gránát

Ez a tüzérségi gránát alkalmazható volt az állásharcok során és az ideiglenesen létrehozott állások ellen folytatott harc során egyaránt. Az alkalmazásának korlátját a 8 m/s sebességű vagy annál nagyobb szél jelentette. Az úrtartalmából fakadóan jelentős számban kellett alkalmazni az úgynevezett vakítóköd létrehozására, ezért főleg rövid cselekmények során használták.¹⁶³ A ködösítés sikere több tényezőtől függ: páratartalom, hőmérséklet, a levegő függőleges stabilitása, szélirány, szélesebbesség, növénytakaró, átszegdeltség stb. A rengeteg tényező komoly kísérleteket követelt az I. világháború után, hogy az alkalmazás rendszabályai kialakításra kerülhessenek.¹⁶⁴

A gránátot a 37M könnyű tarackhoz rendszeresítették 1939-ben. A teljes tömege 16,28 kg, melyből 1,56 kg a különleges töltet volt, esetünkben ez ködsavat jelent. A töltést a

¹⁶¹ Olaszországi harcvonalon lefolyt gázharcok értékesítése a csapatkiképzésre (1918). 3528/1918. sz. honvédelmi miniszteri rendelet.

¹⁶² DAMÓ Elemér (2008): Utász harctéri tapasztalatok – Ma is felhasználható tapasztalatok a 2. világháborúból. *Műszaki Katonai Közlöny*, 18(1–4), 208. Online: <https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2008.pdf>

¹⁶³ *Műszaki erődharci kiképzési segédlet* 1. füzet 1. melléklet (1942). Budapest: Attila Nyomda.

¹⁶⁴ *Jelentés ködlövés hatáskísérleteiről* (1942). Budapest: M. kir. honvéd Haditechnikai Intézet.

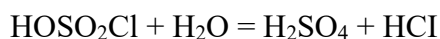
gránát száján keresztül hajtották végre. A robbanóanyag tartalma mindössze ~ 0,16 kg TNT, melyet 5 préstestre osztva helyeztek el benne. Különlegessége a benyúló detonátorpersely.¹⁶⁵

A ködlőszerek raktározására vonatkozó előírások szerint megosztva tárolták azokat. Elkülönítésre került a gyújtószerkezet és robbanóanyag a ködsavval töltött gránáttól. A csomagolás, szállítás, anyagmozgatás és raktározás során csak a gránáttestek voltak a rendszeresített ládákbán.¹⁶⁶

Az alkalmazott ködsav két összetevőből áll, tartalmaz kénsavanhidridet (SO₃), valamint klórszulfonsavat (HOSO₂Cl). Ezeknek a vegyületeknek a jellemzői, hogy jelentős mértékű hőfelszabadulás mellett reagálnak a vízzel. A folyamat kifejezetten hevesen. A folyékony és gáz halmazállapotú kénsavanhidrid erős oxidálószer, mely a klórszulfonsavban kiválóan oldódik.¹⁶⁷ Levegő víztartalmával reakcióba lép, melynek eredményeképpen kénsav (H₂SO₄) keletkezik, amely kikondenzálódik. Ezek a kénsavcseppek higroszkóposak, ezért képesek további nedvesség megkötésére. Ez a tulajdonság tovább fokozza a keletkező köd rejtőképességét.¹⁶⁸

A klórszulfonsav (klór-kénsav) a kénsav és a sósav nem teljes anhidridje. Ez a folyadék szintelen és könnyen mozgó. A levegő víztartalma hatására bomlásnak indul, melynek következtében erősen füstölő hatású.¹⁶⁹

A vízzel igen hevesen reagál, mely során robbanásszerű sístergés hallható. A folyamat eredménye, hogy a klórszulfonsav kénsavra és sósavra bomlik:¹⁷⁰



Ez a bomlási folyamat lassan megy végbe a levegő nedvességtartalmának hatására. A képződő kénsav és sósav ezt követően is vizet vesz fel a levegőből, mely folyamat ködcseppeket képez.¹⁷¹

A kénsavanhidrid és klórszulfonsav keverék esetében a ködképződés folyamata megegyezik a komponenseknél végbemenő reakciókkal. Az ennek következtében létrejövő aeroszol rendszer bázisát az eltérő módon hidrolizált kénsav kisméretű cseppei teszik ki.¹⁷²

¹⁶⁵ *Lőszer ismertetés* III. rész 1941: 65.

¹⁶⁶ *Lőszer ismertetés* III. rész 1941: 23.

¹⁶⁷ SIMON Ákos (1990): *Mérgező-, gyújtó- és ködösítő anyagok*. Budapest: BJKMF.

¹⁶⁸ BEREK – EMBER 2023: 33.

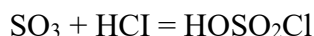
¹⁶⁹ SIMON 1990.

¹⁷⁰ BALOGH János (1987): *Az álcázó ködösítés alapjai*. H. n.: ZMKMF.

¹⁷¹ BEREK – EMBER 2023. 34.

¹⁷² SIMON 1990: 295.

A klórszulfonsav vízzel történő reakciója következtében létrejött sósav és a keverékbe adagolt kénsavanhidrid reakciójából klórszulfonsav képződik.¹⁷³



A gránát működésekor, amikor a robbanótest töltete felrobban, a ködsav gáznemű komponensei hidrolizálnak a levegő nedvességtartalmával és a képződő kénsav kondenzálódik.¹⁷⁴

10,5 cm-es 1938/1933 M. „Kl” gránát

Ennél a típusnál is a 8 m/s szélesség volt az alkalmazási határ. A mérgező harcanyag alkalmazásának célja az volt, hogy az ellenséget gázálarc alkalmazására kényszerítsék. Amennyiben megerősített állások ellen alkalmazták, számolni kellett azzal, hogy csak jelentős koncentrációban hatékony. Ez a tulajdonság inkább csak a hevenyészetten berendezett terepszakaszok elleni alkalmazásra tette alkalmassá.¹⁷⁵

A gránátot szintén a 37M könnyű tarackhoz rendszeresítették 1939-ben. A teljes tömege 14,96 kg, melyből 0,59 kg a különleges töltet volt, esetünkben ez a KLARK mérgező harcanyagot¹⁷⁶ jelenti. A töltést a gránát száján keresztül hajtották végre. A robbanóanyag tartalma mindössze ~0,51 kg TNT, melyet 6 préstestre osztva helyeztek el benne. Különlegessége a benyúló detonátorpersely.¹⁷⁷

A KLARK harcanyagot az ingerlő mérgező típusú harcanyagok közé soroljuk. Ezt kiegészítve megjegyzendő, hogy arzéntartalmuk miatt általános mérgező hatással is rendelkeznek. Érdekességük, hogy az érintkezést követően hosszabb idő után fejtik ki hatásukat. A katonáknak ez egyrészt a védőeszközök alkalmatlanságát sugallta, mely nem volt feltétlenül valós. Másrészt zavart keltett, mert az okozott tünetek tiszta légtérben is fokozódhattak.¹⁷⁸

A KLARK harcanyagok esetében az I. világháború gázálarcai nem nyújtottak ellene védelmet, alkalmazására ezért a foszfénnel kombinálva került sor, mely fojtó hatásáról ismert. Az alkalmazás logikája az volt, hogy a gázálarc alá bejutó harcanyag miatt a viselője leveszi

¹⁷³ BEREK – EMBER 2023: 34.

¹⁷⁴ *Lőszer ismertetés III. rész* 1941: 23.

¹⁷⁵ *Műszaki erődharci kiképzési segédlet* 1. füzet 1. melléklet (1942).

¹⁷⁶ Eredeti nevén Clark – Chlorarsinkampstof.

¹⁷⁷ *Lőszer ismertetés III. rész* 1941: 73.

¹⁷⁸ BEREK – EMBER 2023: 34–35.

azt és így a foszgén ártó hatása alá kerül. A korabeli elnevezése ezeknek a harcanyagoknak a gázálarctörő volt és több változata is ismert.¹⁷⁹

Az első változat a KLARK 1 elnevezést kapta, vegytani elnevezése difenilarzinklorid. Döntően felső légúti, erősebb kitettség esetén alsó légúti ingerlő tulajdonságairól ismert. 1886-ban fedezték fel, de csak 1917-ben vetették be német egységek. Küllemét tekintve fehér kristályos anyag, mely kevésbé illékony, szerves oldószerekkel jól reagál, vízzel pedig alig. Az ingerlő hatása kiemelkedő, ezért a gáztámadások elterjedt harcanyaga lett. Hevítés után gőz halmazállapotú lesz, mely a levegőben aeroszol formájában kikondenzálódik.¹⁸⁰

A másik változata a KLARK 2 elnevezést kapta, vegytani elnevezése difenilarzincianid. Külleme és oldékonysága megegyezik a KLAR 1-el, azonban ennek keserűmandula illata van. Ingerlő tulajdonságai erősebbek a KLARK 1-nél.¹⁸¹

A gránátok gyártása során a harcanyagok bádoglemez szelencében kerültek behelyezésre, azonban a robbanóanyag csak az alkalmazás előtt került beszerelésre. A gyártás körülményes keretek között zajlott és a költségei jelentősek voltak.¹⁸²

10,5 cm-es 1938/1933 M. „m” gránát

Ez a tüzérségi gránát alkalmazását tekintve szintén használható volt berendezett vagy hevenyészetten kialakított állások ellen, de alkalmazásának volt egy fontos feltétele. Kizárólag olyan terepszakaszok ellen volt javasolt bevetni, melyet a későbbiekben nem terveztek elfoglalásra, mert a harcanyag veszélyes hatásai hosszan megmaradtak.¹⁸³

A rendszeresítés éve megegyezik a fenti típusokéval és a tüzérségi fegyver is, melyből alkalmazták. A teljes tömege 15,56 kg, melyből 1,38 kg a különleges töltet volt, esetünkben ez a kénmustár harcanyagot jelenti. A töltést ebben az esetben is a gránát száján keresztül hajtották végre. A robbanóanyag tartalma mindössze ~ 0,065 kg TNT, melyet 2 préstestre osztva helyeztek el benne. Különlegesség itt is a viszonylag hosszan benyúló detonátorpersely.¹⁸⁴

A mustár típusú vegyületeknek több változatából a kénmustár a legmérgezőbb vegyület. 1822-ben készítették el először, de a tömeggyártását és harcászati alkalmazását csak az I. világháborúban kezdték meg. 1917. július 12-én Ypernnél történt először a tömeges

¹⁷⁹ BEREK – EMBER 2023: 35.

¹⁸⁰ PARRAGH et al. (1964): *A vegyi és biológiai fegyver*. H. n.: Zrínyi.

¹⁸¹ PARRAGH et al. 1964: 57–59.

¹⁸² *A különleges lőszer gyártása és töltése* (1941). Budapest: k. n.; Lőszer ismertetés III. rész 1941: 23.

¹⁸³ *Műszaki erődharci kiképzési segédlet* 1. füzet 1. melléklet (1942).

¹⁸⁴ *Lőszer ismertetés* III. rész 1941: 79.

alkalmazása. Újszerűsége volt, hogy az egész testfelületen képes hatásait kifejteni, nem csak a légutakon.¹⁸⁵

A vegytiszta kénmustár (2, 2'-diklórdietilszulfid) küllemre színtelen és sűrű folyadék, mely nehezen illan el. Viszonylag magas hőmérsékleten is megdermed, ezért fagyáspontját adalékokkal szokták csökkenteni. A gyártási szennyeződések hatására színe sárgára vált, illata szúrós. A KLARK változatokkal megegyezően oldódik. A környezetbe kerülve akár heteken keresztül is aktívan képes mérgező hatást kifejteni.¹⁸⁶

Gőzként, aeroszolként és folyadékként is alkalmazható. Jellegzetessége, hogy gőzének, aeroszoljainak belégzése vagy bőrfelületen és emésztőrendszerben felszívódva azonnali ingert nem vált ki. A mérgezéses tünetek csak változó hosszúságú lappangási idő után jelentkeznek.¹⁸⁷

A mustár típusú harcanyagok hatásai részben hasonlítanak az ionizáló sugárzások hatásaira. Ez az oka, hogy radiomimetikus¹⁸⁸ vegyületeknek is nevezik őket. A hatásuk többrétű, a ribonukleinsav, a fehérjék, a sejtmembránt alkotó komponensek alkilezése, valamint a dezoxiribonukleinsav károsítása és sejtosztódást gátló hatásai miatt citosztatikum. Ezek mellett mutagénként és sejtmelegként is azonosítható.¹⁸⁹

A tárolás az előbbiekhöz hasonlóan történt. A gránát, a robbanóanyag és a gyújtószerkezet egymástól szeparáltan került tárolásra.¹⁹⁰

A különleges töltetű gránátok esetében a gyártás során a tömítettség kifejezetten fontos szempont. A légcserementességet biztosító tömítés az egyes típusoknál eltérő volt. Ez a későbbiek során azonosítási szempont lehet majd. A köd- és a kénmustár gránátok esetében a lövedéktest és a detonátorpersely is tömítőfelülettel készült. Az ezek között elhelyezett tömítőgyűrű egyedi: köd töltetnél ever gyűrű, kénmustár töltetnél ólom gyűrű, míg a KLARK harcanyaggal készült változatnál nem volt ilyen alkatrész. Ez utóbbinál a szelencék hegesztéssel lettek lezárva.¹⁹¹

A fent bemutatott harcanyagokkal összefüggésben elmondható, hogy megsemmisítésüknek az alap gránát csoportba tartozó típusoktól eltérően kell történnie. Nem alkalmazható tehát biztonsággal a repesz-romboló típusnál bevett gyakorlat, mert a detonáció a

¹⁸⁵ BEREK – EMBER 2023: 36.

¹⁸⁶ HAVAI Gábor (1998): *Vegyvédelmi ismeretek*. Budapest: ZMNE.

¹⁸⁷ BEREK – EMBER 2023: 36.

¹⁸⁸ Az ionizáló sugárzásokhoz hasonlóan képesek az élő szervezetek megváltoztatására.

¹⁸⁹ *Kézikönyv az ABV védelmi műveletek egészségügyi vonatkozásairól (vegyi)* III. kötet (2010). H. n.: MH Dr. Radó György Honvéd Egészségügyi Központ.

¹⁹⁰ *Lőszer ismertetés* III. rész 1941: 28.

¹⁹¹ *A különleges lőszer gyártása és töltése* (1941).

talaj pórusain keresztül bejuttatja a mérgező harcanyagokat a mélyebb talajrétegbe, vegyi szennyeződést létrehozva.¹⁹²

3.2 A MAGYAR GYÁRTMÁNYÚ KÜLÖNLEGES TÖLTETŰ GRÁNÁTOK AZONOSÍTÁSÁNAK NEHÉZSÉGEI

Általánosságban kijelenthető, hogy a tüzserész szaktevékenység egyik legfontosabb része a robbanótest beazonosítása. Ennek a mozzanatnak végén a szakembereknek minden kétséget kizáró módon meg kell tudni határozni a veszélyes eszköz pontos típusát. Ebben a folyamatban sem lehet hibázni, hiszen emberi életetekbe kerülhet, ha nem megfelelő eljárást választanak a robbanótest kezeléséhez a tüzserészek.¹⁹³

A vizsgálat tárgyai a 10,5 cm-es magyar 1938/1933 M különleges töltetű tüzérségi gránátok. Az első lépés a gyújtószerkezet lehet, mint fontos támpont. Mindegyikben 33 M pillanatgyújtót (17. ábra) alkalmazták.¹⁹⁴ Ez az eszköz tulajdonságait tekintve:¹⁹⁵

- fejgyújtó szerkezet;
- biztonsági típusú: a gyújtási lánc fizikailag meg van szakítva az élesedési folyamat végéig, technikailag ez a gyutacs tömböt jelenti, mely detonátorperselyben található;
- tehetetlenségi és centrifugális erők szükségesek az élesedési folyamathoz;
- állítható: állítócsappal választható a pillanathatású vagy késleltetett működés, mely egy jellegzetes vese alakú mélyedésben található;
- anyaga alumínium, a tetején réz kupakkal.



17. ábra: 33 M gyújtószerkezet

Forrás: BEREK – EMBER 2023:38, 1. ábra.

Az alumíniumból készült szerkezetet egy kisméretű réz kupak teszi könnyen azonosíthatóvá. Ez az információ azonnal determinálja a gyártó országot is. Amennyiben a

¹⁹² BEREK – EMBER 2023: 37.

¹⁹³ BEREK – EMBER 2023: 38.

¹⁹⁴ *Lőszer ismertetés* III. rész 1941: 66., 74., 79.

¹⁹⁵ *Tüzérségi lőszer és gyújtók* (é. n.). H. n.: Haditechnikai Intézet, 22C47 műszaki rajz alapján.

gyújtószerkezet sérült vagy törött, a vese alakú mélyedése egyedisége, mely a gyújtószerkezet alsó részén helyezkedik el, szintén megfelelő támpont a típus és a gyártó ország meghatározásában.¹⁹⁶

Ezek után a gránát külső felépítése a következő fontos azonosítási szempont. Kifejezetten arányos formája van mind a négy eszköznek. Ez abból következik, hogy a repesz-romboló változat volt az alapja a többinek.¹⁹⁷ A gránáttestet távolharc alakú,¹⁹⁸ viszonylag hosszú és arányos fejrész¹⁹⁹ jellemzik. A fejrészen található némi eltérés, mert a kénmustár és repesz-romboló változatoknál ezen a helyen szájcsvavar van. A köd és a KLARK töltetű típusoknál becsavarható fejrészt alakítottak ki, melyet jó azonosítási szempontnak tekinthetünk. A hengeres részt alul és felül egy-egy központosító felület határolja, és az alsó alatt egy viszonylag vastag réz vezetőgyűrű is található.²⁰⁰ A lövedék „csónakfarkú”, azaz folyamatosan szűkül a fenéklapig. Az eredeti festésük szerint tábori zöld vagy piros fedést kaptak, néhány kifejezetten fontos kiegészítéssel. Ezek közül az alábbi három festett jelzés fontos:

- kénmustár töltet esetén: a gránáttest piros, hengeres részen 60 mm átmérőjű festett, sárga kör, benne 20 mm magas „m” beütés;²⁰¹
- KLARK töltet esetén: a gránáttest piros, hengeres részen 60 mm átmérőjű festett, kék kör, benne 20 mm magas „Kl” beütés;²⁰²
- köd töltet esetén: a gránáttest alapszíne egyezik az 1938/1933 M. repeszgránátéval, tábori zöld, hengeres részen 60 mm átmérőjű festett, fehér kör, melynek közepében 20 mm magas „K” beütés.²⁰³

Ezek az információk teljesen hétköznapivá tehetnék a fenti eszközök pontos azonosítását, azonban ez több szempontból sincs így. Meg kell említenem, hogy a tűzszerész szakfeladatok során kialakult az a tapasztalat, hogy a színjelölések nem minden esetben megbízhatók. Személyes tapasztalatom, hogy szovjet robbanótestek esetében az éles gyújtószerkezetet „vak” változattal helyettesítették, és az éles eszközt átfestették gyakorló színűre. Természetesen a

¹⁹⁶ BEREK – EMBER 2023: 39.

¹⁹⁷ KOVÁCS 1997: 540, 548.

¹⁹⁸ Bővebben: *TÜFE/59 Tüzéregi lőszeresek segédlet* (1951). Budapest: Honvédelmi Minisztérium, 54. (47. ábra), 123. (93. ábra); valamint *TÜFE/136 Lőszer anyagismeret* (1972). Budapest: Honvédelmi Minisztérium, 97., 104. (36. ábra).

¹⁹⁹ A gyújtószerkezet és az alatta található íves rész a gránáttesten, mely a felső központosító felületig nyúlik.

²⁰⁰ Vezetőabroncsnak is nevezik.

²⁰¹ *Lőszer ismertetés* III. rész 1941: 79.

²⁰² *Lőszer ismertetés* III. rész 1941: 74.

²⁰³ *Lőszer ismertetés* III. rész 1941: 66.

robbanóanyag töltet érintetlen volt a gránát belsejében. Ez ugyan másik nemzet által gyártott eszköznél fordult elő, mégis indokolja, hogy mérlegeljük a színjelölések valóságát.



18. ábra: FH. GR. 38 - 10,5 cm-es német repesz-romboló tüzérségi gránát (felül) és 1938/1933 M - 10,5 cm-es magyar repesz-romboló tüzérségi gránát (alul)

Forrás: BEREK – EMBER 2023:40, 2. ábra.

A másik tény, melyet figyelembe kell venni, hogy ezek a veszélyes eszközök a legtöbbször korrodált felülettel kerülnek elő a talajból. Ilyen állapotban csak kifejezetten ritkán láthatók a színjelzések, főleg, ha az csak a felület egy kis részét érinti, mint esetünkben a 60 mm-es festett kör. Ez a tény is azt támasztja alá, hogy a festés nem tekinthető feltétlenül biztos azonosítási szempontnak, de a beütésekkel sem más a helyzet. A korrózió, a becsapódáskor, alkalmazáskor keletkező sérülések ezeket az azonosítási lehetőségeket szintén megsemmisíthették.²⁰⁴

Az azonosítás további nehézsége lehet egy-egy űrméret esetében, ha több nemzet is készített szinte megegyező robbanótesteket. Ilyenkor a nem szakavatott szemnek szinte észrevehetetlen részleteket kell megtalálni a szakembereknek. Az általam vizsgált tüzérségi gránátokkal nagy hasonlóságot mutat a 10,5 cm-es német repesz-romboló gránátok közül a Feldhaubitze Granate 38.²⁰⁵ Ahogy a 18. ábrán látható, a gránáttest hasonlósága erősen megtévesztő, kizárólag a gyújtószerkezet ad azonosítási támpontot. Amennyiben az előkerült eszköz nem rendelkezik működtető szerkezettel, a vezetőgyűrű anyaga lehet a következő támpont. A magyar változat esetében ez réz, míg a német típusoknál ezt az anyagot csak elvétve alkalmazták erre a célra.

²⁰⁴ BEREK – EMBER 2023: 39–40.

²⁰⁵ Rövidítve: FH. GR. 38.



19. ábra 1938/1933 M - 10,5 cm-es magyar repesz-romboló tüzérségi gránát (felül) és 1933 M - 10 cm-es magyar repesz-romboló tüzérségi gránát (alul)

Forrás: BEREK – EMBER 2023:41, 3. ábra.

A 10,5 cm-es magyar 1933 M tüzérségi gránátok szintén ebbe a problémakörbe tartoznak (19. ábra). Itt a helyzetet nem könnyíti meg a gyújtószerkezet, mert azonos típus került alkalmazásra és a vezetőgyűrű is rézből készült minden esetben. A robbanótestek hossza és alakja azonban eltérő. Ez utóbbi eltérés kifejezetten a vezetőgyűrű és a fenéklap közötti szakaszon azonosítható. Itt tehát a külső jegyeket figyelembe véve kell meghatározni a pontos típust.²⁰⁶



20. ábra: 1938/1933 M - 10,5 cm-es magyar repesz-romboló tüzérségi gránát (felül) és 1933 M - 10,5 cm-es magyar repesz-romboló tüzérségi gránát (alul)

Forrás: BEREK – EMBER 2023:41, 4. ábra.

Ha a magyar gyártmányú robbanótestek között keresünk további hasonló típusokat, akkor a 10,5 cm-es magyar 1933 M tüzérségi gránát változatokat is meg kell vizsgálnunk. Itt szintén nem lehetséges a gyújtószerkezet és a vezetőgyűrű alapján meghatározni a konkrét típusokat.

²⁰⁶ BEREK – EMBER 2023: 40.

A 1933 M 10,5 cm-es magyar repesz-romboló gránát azonban hosszabb és 2 db vezetőgyűrűvel rendelkezik és hossza is nagyobb (20. ábra).²⁰⁷

A fenti kihívások mellett a legfontosabb és a legnehezebb feladat a vizsgált magyar 1938/1933 M gránátok típusainak egymástól történő megkülönböztetése. Súlyos kérdés ez, mert jelentősen eltérő módon kell megsemmisíteni és kezelni ezeket a különleges besorolású robbanótesteket a vegyi töltetük miatt. Az azonosítás legnagyobb problémája, hogy színjelölés hiányában a repesz-romboló és a KLARK töltetű változat külalakja teljesen egyező. A helyzet a köd és kénmustár töltetűek esetében szintén azonos. A repesz-romboló és KLARK töltetű gránáttest a fejrész alsó harmadában rendelkezik egy fejsavarral, míg a köd és kénmustár töltetű változat a gyújtószerkezet alatt rendelkezik egy szájsavarral (21. és 22. ábra).²⁰⁸



21. ábra: 1938/1933 M 10,5 cm-es magyar repesz-romboló tüzérségi gránát fejsavarral (felül) és 10,5 cm-es magyar köd tüzérségi gránát szájsavarral (alul)

Forrás: BEREK – EMBER 2023:42, 6. ábra.

A fenti leírt folyamat megfelel egy valós azonosítási eljárásnak, ahol először a gyártó ország, majd az űrméret, aztán a többi fontos paraméter elvezeti a szakembereket a pontos típus meghatározásához. A vizuális módszer alkalmazásával kizárólag két-két típusra lehet szűkíteni a robbanótesteket. Ez önmagában – a fentebb jelzett probléma miatt – nem elegendő, mert a különleges töltet eltérő megsemmisítési módozatokat igényelhet.²⁰⁹

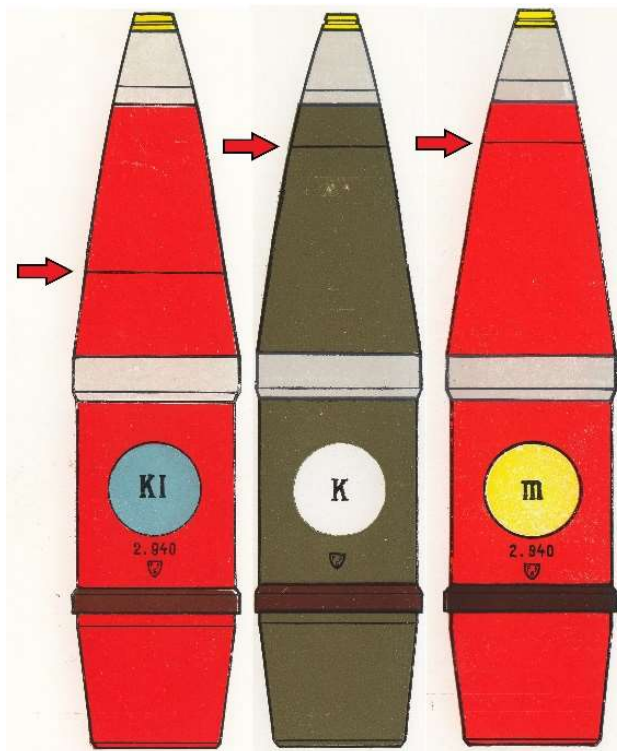
A fenti esetekből, összehasonlításokból jól látszik, hogy még korrodált állapotban is van lehetőség a többi nemzet hasonló eszközeitől megkülönböztetni a vizsgált gránátok típusait. A helyzet a magyar gyártmányú és egyező vagy hasonló űrméretű eszközök esetében is

²⁰⁷ BEREK – EMBER 2023: 41.

²⁰⁸ BEREK – EMBER 2023: 41–42.

²⁰⁹ BEREK – EMBER 2023: 42–43.

ugyanez, ha pusztán vizuális módszert alkalmaznak a szakemberek. Sajnos a vizsgálati adatok azt igazolják, hogy ez a módszer az elemzés szempontjából lényeges 3 különleges töltetű és egy repesz-romboló típus esetében nem megvalósítható minden kétséget kizáróan. Ilyen vizuális módszerrel csak a repesz-romboló és kénmustár töltetű, valamint a köd és KLARK töltetű gránátok csoportjaira lehet szűkíteni az eredményeket.²¹⁰



22. ábra: 1938/1933 M - 10,5 cm-es magyar KLARK töltetű tüzérségi gránát fejcsavarral (bal oldalon); köd töltetű tüzérségi gránát szájsavarral (középen); mustár töltetű tüzérségi gránát szájsavarral (jobb oldalon)

Forrás: szerző szerkesztése a Lőszer ismertetés III. rész 1941: 53., 39., 47. ábrák alapján.

Ez az eredmény természetesen nem elegendő egy ilyen professzionális eljárást követelő területen. Ahogyan feljebb jeleztem, a robbanótestek belsejében már van jelentősebb eltérés. A benyúló detonátorpersely, mint sajátosság a három különleges típusnál egyformán jelen van, de eltérő mértékben. Ez lehet tehát az a paraméter, melynek segítségével kizárólag egy lehetséges eszközre szűkíthető az azonosítási folyamat.

²¹⁰ BEREK – EMBER 2023: 42–43.

3.3 RÖNTGEN ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGE A KÜLÖNLEGES TÖLTETŰ TŰZÉRSÉGI GRÁNÁTOK AZONOSÍTÁSÁRA

A mobil röntgenkészülékek alkalmazása nem újkeletű a tűzszerész szakfeladatokban, azonban főleg improvizált robbanótestek hatástalanítása során elterjedt. A hagyományos vagy katonai eredetű veszélyes eszközök hatástalanításakor a szakemberek főleg adatbázisok és bevett gyakorlatok, eljárásrendek alkalmazásával végzik el feladataikat. Néha ilyen robbanótestek esetében is felmerülhet a röntgenezés jelentősége, de erre általában nincs szükség.

10. táblázat: Az XRS3 mobil röntgen fontosabb adatai.

Fsz.	Paraméter	Adat
1.	Hosszúság	39,17 cm
2.	Szélesség	10,82 cm
3.	Magasság	14,81 cm
4.	Tömeg akkumulátorral	5,4 kg
5.	Átlagos kimeneti dózis	3 mR / impulzus
6.	Impulzus sebesség	21 impulzus / s
7.	Impulzusok száma egy akkumulátorral	5500 db
8.	Minimális készenléti idő	10 h
9.	Munka ciklus	200 impulzus / 240 s
10.	Kijelző	80 karakteres
11.	Védettség	IP ²¹¹ 54 ²¹²

Forrás: Golden Engineering (é. n.): XRS Series. Online: <https://www.goldenengineering.com/wp-content/uploads/2022/07/XRS3-4-cutsheet-for-print.pdf> alapján a szerző szerkesztése.

A fenti gránátok esetén azonban a vizsgálat eddigi eredményei azt mutatják, hogy a belső szerkezet ismerete nélkül nem lehetséges a pontos beazonosítás. Ezzel kapcsolatban tehát gyakorlati vizsgálatok szükségesek, hogy az azonosítás szempontjából kulcskérdésnek minősülő detonátorpersely hossza meghatározható-e ilyen eszközökkel.

A szükséges vizsgálatot sikerült elvégezni. Az alkalmazott mobil röntgenkészülék XRS3 (10. táblázat) típusú volt, a képalkotásért felelős detektor pedig NOVO 22WS (11. táblázat) típusú volt. A készülékek a tűzszerész és rendvédelmi szaktevékenységekhez optimalizálva készültek el.

²¹¹ Angolul: International Protection Marking; magyarul Nemzetközi Védettség Jelzés.

²¹² Védett a por és a fröccsenő víz ellen.

11. táblázat: A NOVO 22WS röntgen detektor fontosabb adatai

Fsz.	Paraméter	Adat
1.	Hosszúság	46,5 cm
2.	Szélesség	38,5 cm
3.	Vastagság	1,56 cm
4.	Tömeg	2,8 kg
5.	Képalkotó felület hosszúsága	42,6 cm
6.	Képalkotó felület szélessége	35,5 cm
7.	Aktív képalkotó felület	85%

Forrás: Novo (é. n.): Rover II. System. Online: https://www.novo-dr.com/files/ugd/181191_de6e6575400d49728d4005af6628dc66.pdf alapján a szerző szerkesztése.

Az alkalmazott rendszer többi elemét, mint a vezérlő egység, vevő egység stb. nem részletezem, mert a kutatás szempontjából a fenti két eszköz paraméterei fontosak.



23. ábra: A készülékek elhelyezkedése a röntgenes vizsgálat alatt

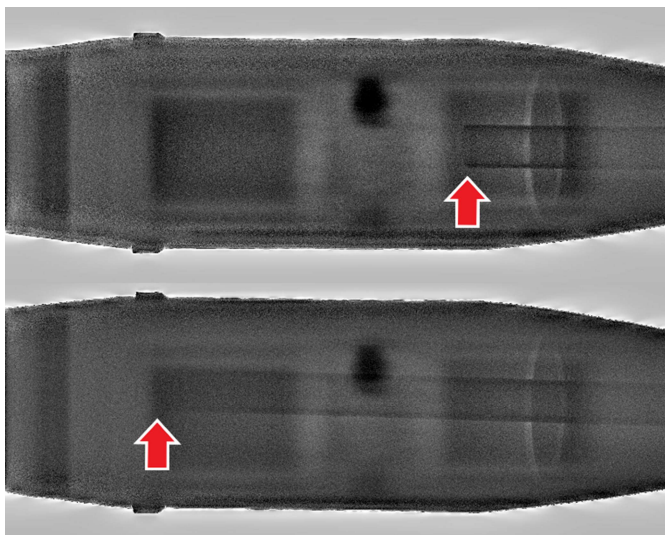
Forrás: a szerző szerkesztése.

A készülék alkalmazása az előírt gyártói ajánlások betartása mellett történt. A képeket több beállítás módosításával készítettük el, ameddig nem sikerült a megfelelő betekintést elérni.

A készülékek elhelyezését vizsgálatkor a 23. ábra mutatja. A tűzéségi gránát detektor előtti elhelyezésénél a fő szempont a test belső szerkezeti felépítésének célterülete volt. A gyújtószerkezet ezek miatt nem került rá az elkészült felvételekre.

A vizsgálatot 2 db 10,5 cm-es magyar lőtéri gyakorló (repsz-romboló) tűzéségi gránát kiürített testével sikerült elvégezni. Ezek a gyakorló eszközök vak gyújtószerkezettel vannak szerelve és detonátorpersellyel sem rendelkeznek. Ezt pótlandó, a gyújtószerkezet imitációjához két jelentősen eltérő hosszúságú fémcső került hegesztésre. Az eltérő méretek imitálják a vizsgálat során az éles különleges eszközökben alkalmazott detonátorperselyek szintén jelentősen eltérő hosszát.

A vizsgálat során mindkét tűzéségi gránát esetében sikerült jól azonosítható módon behatárolni a detonátorperselyek hosszát. Az eltérések könnyen láthatók, az azonosítás folyamatát tehát jelentősen segítő eredmények születtek (24. ábra).

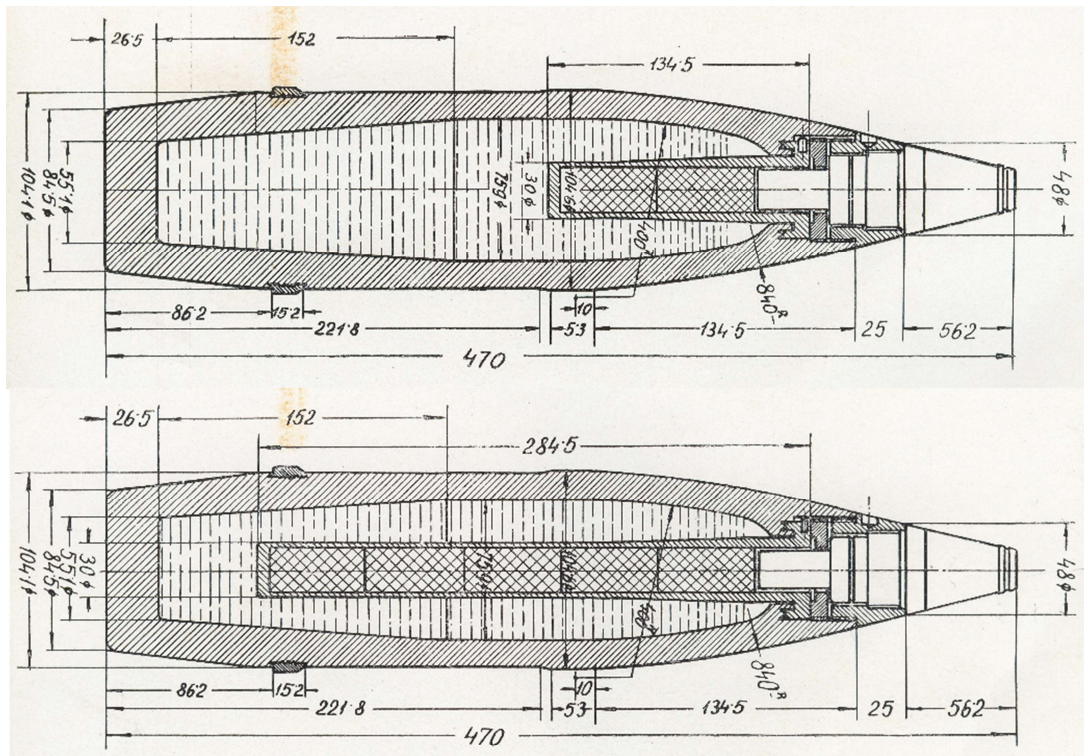


24. ábra: A detonátorperselyek vége a röntgenfelvételeken

Forrás: a szerző szerkesztése.

Az eredmények igazolják, hogy egy ilyen mobil röntgen eszközzel lehetséges a tűzéségi gránátok belső fém alkatrészeit behatárolni. Ez elegendő információ ahhoz, hogy a fent bemutatott 10,5 cm-es magyar 1938/1933 M tűzéségi gránátcsalád esetében akár a minden kétséget kizáró típusazonosítást is el lehessen végezni.

A kénmustár és köd töltetű különleges tűzéségi gránátok a fenti adatok alapján vizuálisan nem különböztethetők meg egymástól, ha színjelölés nem látható vagy nem vesszük, vehetjük figyelembe. Ilyen esetben a belső kialakítás (25. ábra) a támpont, mely a fenti röntgenfelvétel alapján roncsolás- és szerelésmentesen megállapítható. A belső szerkezet jól láthatóan eltérő, tehát nem lehet probléma a pontos azonosítás.

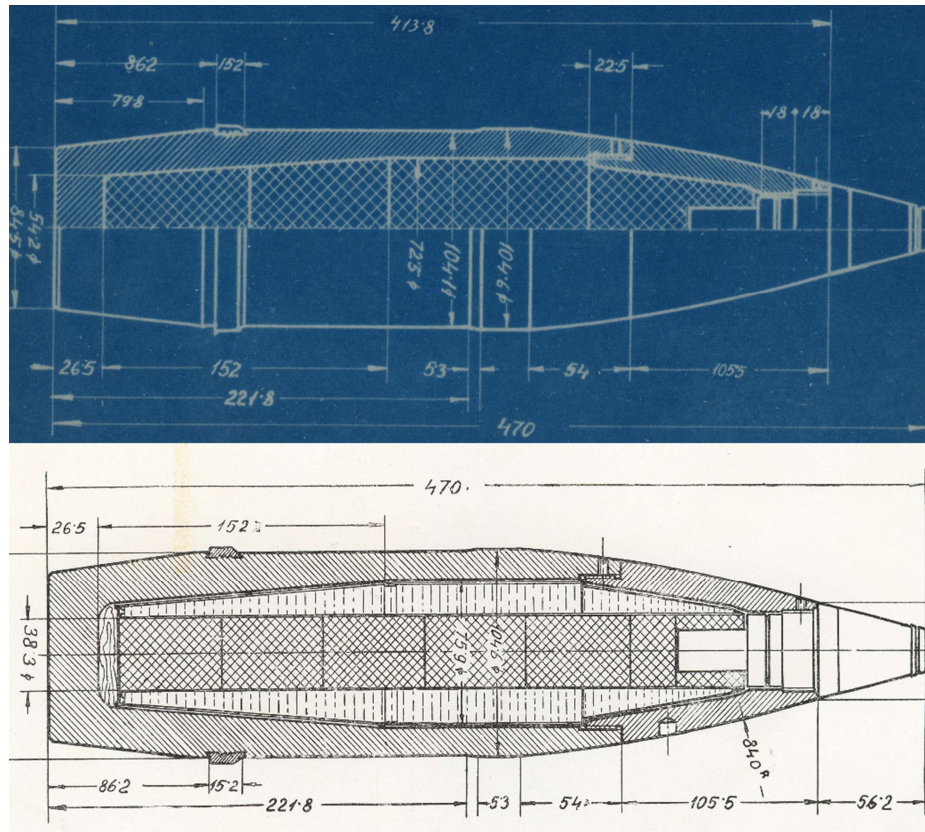


25. ábra: 1938/1933 M - 10,5 cm-es magyar kénmustár töltetű tüzérségi gránát (felül) és ködsav töltetű tüzérségi gránát (alul).

Forrás: Lőszer ismertetés III. rész 1941: 41. és 53. ábra alapján. a szerző szerkesztése.

Hasonló a probléma és annak megoldása a repesz-romboló és KLARK mérgező harcanyaggal töltött változatok esetében. A metszeti ábrákon (26. ábra) itt is kirajzolódik a jelentős belső eltérés, melyet egy röntgenfelvétel készítésével ebben az esetben is lehetséges láthatóvá tenni és a pontos azonosítást elvégezni. Itt fontos megjegyezni, hogy a német eredetű, szintén 10,5 cm-es 1933 M köd töltetű gránát esetében a detonátor szintén leér a fenéklapig. Ebben az esetben elengedhetetlen, hogy a gyújtószerkezet típusából azonosítsuk a gyártó országot, mert amennyiben ez nem sikeres, téves eredményre következtethetünk a röntgenkép alapján.

A röntgenezés tehát egy jó megoldás lehet a minden kétséget kizáró azonosításra, de az alkalmazott technikai eszköz képességeitől is függ annak eredménye. Ezért javasolt a konkrét típus esetében megvizsgálni a szükséges beállításokat, hogy megfelelő minőségű felvételek szülessenek. Amennyiben ez nem lehetséges vagy nincs ilyen kidolgozva, a helyszínen addig kell a beállítások variálásával képeket készíteni, amíg meggyőző eredményt kapunk. A vizsgált robbanótestekre az alábbi azonosítási eljárást (27. ábra) dolgoztam ki a legfontosabb tényezők leírásával.



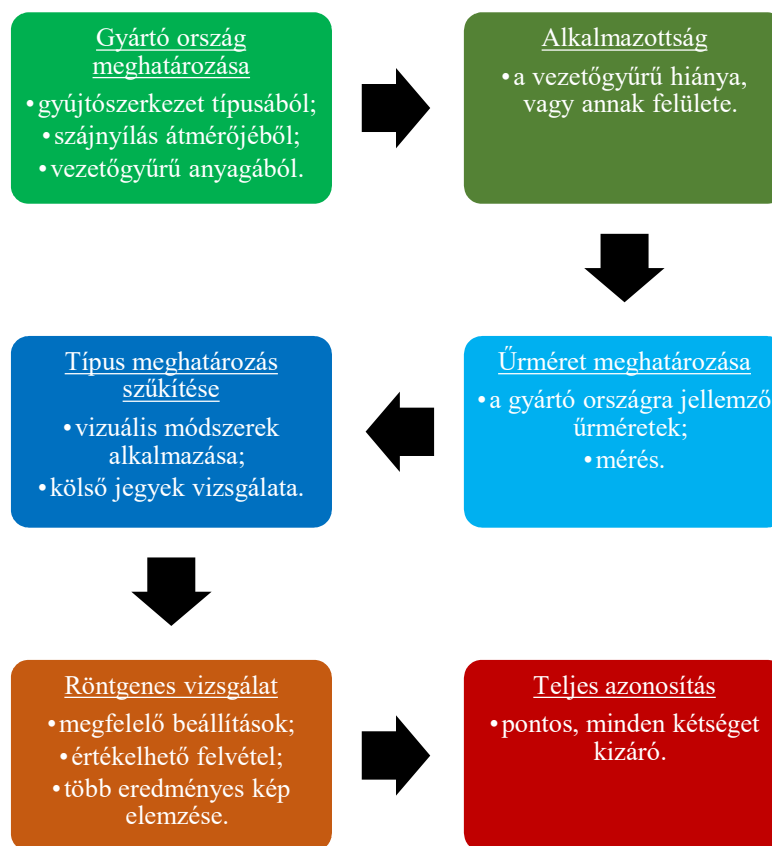
26. ábra: 1938/1933 M - 10,5 cm-es magyar repesz-romboló tüzérségi gránát (felül) és KLARK töltetű tüzérségi gránát (alul).

Forrás: Lőszer ismertetés III. rész 1941: 47. ábra; Tüzérségi lőszer és gyújtók (é. n.): 17C18g01 műszaki rajz alapján a szerző szerkesztése.

Ez a folyamat összegezi a kutatásaim eredményeit és megfelelő segítséget nyújthat a szakembereknek az azonosítások során. A sikeres, biztonságos és eredményes végrehajtás érdekében az alábbi javaslatokat teszem az azonosítás végrehajtása érdekében:

- a tüzérségi gránát megmozdítását kizárólag a minden kétséget kizáró azonosítás után lehetséges végrehajtani;
- a robbanótest feltárásakor törekedni kell a mechanikai hatások minimalizálására;
- amennyiben már a folyamat közben felmerül a gyanú, hogy esetleg vegyi töltetű eszközről van szó, javasolt a vegyivédelmi védőfelszerelés alkalmazása;
- a feltárást úgy kell elvégezni, hogy a röntgen berendezés minden eleme elhelyezhető legyen a megfelelő pozícióban, a robbanótest mozdítása nélkül;
- ha a röntgen berendezés elhelyezésére nincs lehetőség csak a robbanótest elmozdítása után, akkor a lehető legkisebb távolságra kell áthelyezni és ilyenkor a legrosszabb eshetőségre felkészülve kell a biztonsági távolságokat kijelölni;

- minden esetben több röntgenkép elemzésére hagyatkozva kell a végső döntést kialakítani a típust illetően;
- amennyiben gépjárművel történő szállítás szükséges, ajánlott alkalmazni az ARC-5R robbantókonténert,²¹³ mely képes lehet akár a kiáramló harcanyag ideiglenes tárolására is;
- különleges töltetű robbanótest beazonosításakor lehetőség szerint kerülni kell a hagyományos robbantási eljárást, lehetőleg az adott töltet kezeléséhez optimalizált hatástalanítási módszert kell választani;
- amennyiben nem lehetséges a minden kétséget kizáró azonosítás, akkor a legrosszabb változatot feltételezve kell a hatástalanítást megtervezni.



27. ábra: 1938/1933 M - 10,5 cm-es magyar különleges töltetű tüzérségi gránátok azonosítási folyamata (változat)

Forrás: a szerző szerkesztése.

²¹³ DARUKA 2013: 172.

3.4 RÉSZKÖVETKEZTETÉSEK

A vizsgált terület esetében figyelembe kell venni, hogy különleges töltetű, vagy a még inkább veszélyesebb vegyi töltetű robbanótestek elvétve kerülnek elő hazánkban. A történelmi tények szerint viszont jelentős számban volt hazánkban raktározva vegyi harcanyaggal szerelt robbanótest. Mivel egyetlen ilyen eszköz is képes lehet rengeteg ember halálát, súlyos megbetegedését okozni, megvizsgáltam egy különleges töltetű tüzérségi gránátcsalád esetében a minden kétséget kizáró azonosítás lehetőségét.

A kutatás során igazolást nyert, hogy amennyiben a vizsgálati körbe tartozó robbanótest kerül elő, az azonosítás nehézségeket hordozhat. Már önmagában a gyártó ország meghatározása is problémás lehet a sok hasonló típus miatt, de azon belül is található több egyező űrméretű gránát. Ebben a sok összetevős feladatban kell a tűzszerészeknek megtalálni a megfelelő eszközt. A vizuális azonosítás során több tényező is a segítségükre van, de egyes esetekben a 10,5 cm-es magyar 1938/1933 M tüzérségi gránátok négy típusát csak két csoportra lehetséges osztani. A repesz-romboló és KLARK töltetű, valamint a ködsav és kénmustár töltetűekre. A további pontosítás vizuális módszerekkel már nem lehetséges.

A vizuális azonosítást ilyen esetekben ki kell egészíteni olyan módszerekkel, melyek segíthetik a biztonságos hatástalanítást. A röntgenes vizsgálat megadja a lehetőséget, hogy értékelhető képet kapjunk a robbanótestek belső kialakításáról és esetünkben erre igen nagy szükség van. A belső kialakítás képe ugyanis megoldja a vizuális módszerrel nem kezelhető nehézséget. A röntgenfelvétel alapján meghatározhatóvá válhat a konkrét robbanótest típusa, ami elengedhetetlen a további hatástalanítási eljárás megválasztásához.

Ennek érdekében kidolgoztam az ilyen robbanótestekre vonatkozó azonosítási folyamatokat, melyet a 27. ábrán szemléltettem. Ezt kiegészítendő, kidolgoztam a legfontosabb teendőket az ilyen robbanótestek kezelésekor, melyeket a szakembereknek a nemzeti szabályozókban meghatározott, illetve a bevett gyakorlaton alapuló eljárásrendekbe illesztve célszerű alkalmazni.

Fontosnak tartom megjegyezni, hogy nem kizárólag a vizsgálatba vont tüzérségi gránátok esetében lehetséges és szükséges ez a folyamat. A fent felsorolt többi, szintén harcanyaggal töltött robbanótest esetében is lehetnek ilyen nehézségek, ezért azok esetében is javasolom mérlegelni a röntgen alkalmazását. Ez különösen igaz lehet a 10,5 cm-es 1933 M tüzérségi gránátok esetében, bár ezt részletesen nem vizsgáltam.

4. FEJEZET

EGYES TŰZSZERÉSZ SZAKFELADATOKHOZ ALKALMAS KUMULATÍV TÖLTET KIALAKÍTÁSA 3D NYOMTATÓ SEGÍTSÉGÉVEL

„... saját fegyver nélkül egyetlen birodalom sem lehet biztonságban, és csak jó szerencséjében bízhat, hogy megmenekül a bajtól.”²¹⁴

Machiavelli

A robbantástechnika területén is szükséges folyamatosan nyomon követni a modern technikai megoldásokat és felülvizsgálni a meglévő eljárásokat azok fejlesztése céljából. Mivel a katonai és civil robbantási feladatok tekintetében sok esetben összemosódás tapasztalható, – az eszközökben nincs jelentős eltérés, csak a végcél és a motiváció tér el jelentősen – a hadi alkalmazásra is igaz a fenti állítás.

A tűzszerező katonák napi tevékenységük során folyamatosan robbantási feladatokat hajtanak végre, mivel az előkerült robbanótestek hatástalanításának ez az utolsó mozzanata. A megsemmisítést ugyan megelőzhetik más szakmai feladatok, mint a gyújtószerkezet kiszerelése, alkatrészek eltávolítása, de a folyamat vége előbb-utóbb egy robbantás, a megsemmisítés lesz.

Ezt a többszörösen is életveszélyes tevékenységet szükségesnek tartom a folyamatosan fejlesztett kutatási irányok között kezelni. Minden fejlesztés, új eszköz és eljárás segíthet a tűzszerező katonáknak biztonságosabban vagy hatékonyabban elvégezni a feladataikat.

A 3D nyomtatók alkalmazása a robbantástechnikában egy újszerű kutatási terület. A különböző töltetek tekintetében kiválóan készíthetők ilyen módszerrel alkatrész prototípusok, de el kell fogadnunk, hogy az eljárás manapság már ennél jóval szélesebb lehetőségeket biztosít. Kis szériák esetében nem feltétlenül gazdaságos gyártósorokat létesíteni egy-egy termékhez. Az ilyen alkatrészek, eszközök esetében kiváló alternatíva a 3D nyomtatás, mint gyártási lehetőség.

A tűzszerező szakfeladatok során az összpontosított kumulatív töltetek alkalmazása nem minősül újdonságnak. Korábbi kutatásaim során már sikerült kidolgoznom egy egyszerű, olcsó

²¹⁴ MACHIAVELLI: *A fejedelem*. Ford. LUTTER Éva. H. n.: Helikon, 72.

eljárást, mint szükségmegoldást kumulatív töltetek helyszíni készítéséhez.²¹⁵ Általánosságban véve kumulatív eszközökre azonban viszonylag ritkán van szükség a hazai tűzszerész gyakorlatban. Egyes speciális típusaik pedig kifejezett ritkán kerülnek alkalmazásra. Az ABV tűzszerész szaktevékenység során alkalmazott ilyen töltetek esetében érdemes lehet megvizsgálni az adott robbanótesthez specifikusan optimalizált változatok alkalmazásának lehetőségét, mert jelentős előnyöket hordozhatnak.²¹⁶ Az ilyen esetekben a külső kialakítás és a penetrációs határfok egyaránt fontos szempont lehet. A probléma ezzel az, hogy rengeteg változatra lehet szükség, viszont alkalmazásukra szerencsére elenyészően kevés esetben kerül sor a klasszikus robbanótestek számához viszonyítva.

A fenti problémára megoldás lehet a 3D nyomtatók segítségével készült töltetek alkalmazása. Feltételezésem szerint lehetséges méretezni, szoftveresen megtervezni, majd 3D nyomtatóval elkészíteni olyan alapvetően alacsony sűrűségű, nem fém béléstesttel készült kumulatív tölteteket, melyek hatékonyan képesek közepes űrméretű tűzérési gránátok falát kilyukasztani. Természetesen a folyamat a töltetek alkatrészeire vonatkozik majd, a robbanóanyagot és a gyújtószert helyszíni összeszerelés alkalmával lehet elhelyezni bennük, ami szükségessé teszi, hogy a készre szerelés folyamatát is kialakítsam hozzá. A reprodukálhatóság érdekében a folyamatot teljes részletességgel szükséges bemutatni, hiszen a szakemberek számára ez elengedhetetlen információkat tartalmazhat. Azért ezt a kaliber kategóriát határoztam meg céltárgynak, mert a vegyi töltetű gránátok döntően ebben a mérettartományban készülhetnek, készülhetnek.

A felvetett problémára megoldásként, valamint a kialakított hipotézis igazolásaként elvégeztem a terület átfogó elemzését. Felkutattam a kumulatív töltetek fejlődéstörténetét, valamint az aktuális trendeket. Az ilyen töltetek méretezésének lehetőségeit részletesen szükséges ismerni, hogy egy az adott feladatra specifikusan alkalmas változatot lehessen kialakítani. Mindezt azonban annak a figyelembe vételével, hogy az alacsony sűrűségű béléstestek esetében várhatóan nem áll majd rendelkezésre kész eljárás. A 3D nyomtatás lehetőségeinek vizsgálata ahhoz szükséges, hogy az adott célokhoz megfelelő technológiával üzemelő technikai eszközön készüljenek el az alkatrészek.

²¹⁵ EMBER István (2016): Alternatíva a tűzszerész szakfeladatok során alkalmazható kumulatív töltetekre. *Seregszemle*, 14(3–4), 50–63. Online: <http://docplayer.hu/68314588-A-magyar-honvedseg-osszhaderonemi-parancsnoksag-folyoirata-seregszemle-fegyver-fegyver-fegyver-kevantatik-es-jo-vitezi-resolutio.html>

²¹⁶ EMBER István (2022f): Célfeladatra készített kumulatív töltetek kialakításának vizsgálata. In: Szelei Ildikó (szerk.): *A hadtudomány aktuális kérdései 2022*. Budapest: Ludovika, 13.

A fejezet végén bemutatom a katonai-technikai kísérletek keretében végzett tesztrobbantások eredményeit. Az empirikus eredményeknek köszönhetően három ilyen kísérleti sorozat elég volt hozzá, hogy bizonyítsam a kialakított töltet hatékonyságát.

A kumulatív tölteteket illetően végzett kutatásokra kialakított hipotézisem a következők:

- *Lehetséges olyan kumulatív töltetet tervezni, méretezni és modellezni, mely széles körben elterjedt additív gyártási módszerrel készül és reprodukálása nem igényel jelentős számítógéppel támogatott tervezési vagy 3D nyomtatási ismeretet.*
- *Lehetséges alacsony sűrűségű anyagból, additív gyártási megoldással olyan kumulatív töltet alkatrészeit elkészíteni, mely képes egyes közepes űrméretű tüzérségi gránátok kilyukasztására, ezzel igazolva a célfeladatra történő optimalizálás jelentőségét.*

A fejezetben bemutatott kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-3-II-NKE-26 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

4.1 A KUMULATÍV HATÁS FELFEDEZÉSÉNEK TÖRTÉNETE

A kumulatív hatás a robbantástechnika egyik legérdekesebb területe. Értelmezése, hatásmechanizmusa összetett matematikai és fizikai modellekben fejezhető ki.²¹⁷ A történelem során többen vizsgálták az ilyen különleges kialakítású töltetekben rejlő lehetőségeket.

Talán a legelsőnek tekinthető szakember Franz Xavier von Baader volt, aki a 18. század végén értekezett erről a hatásról. Vizsgálatait a fűrőlyukakra összpontosítva végezte el, eredményeit azonban a későbbiek során vitathatónak találták. A probléma meghatározó alapja az volt, hogy az elvégzett kísérletek feketelőporral készített töltetekkel történtek, melyek esetében kijelenthető, hogy nem alakulhatott ki a kumulatív hatáshoz elengedhetetlen detonációs sebesség. Ezt egyébként jól alátámasztja, hogy a kellő brizanciával rendelkező robbanóanyagokat csak jóval később fedezték fel: nitrocellulóz (1845), nitroglicerin (1846).²¹⁸

1883-ban Max von Foerster tanulmányában már a fentebb említett nitrocellulózba készített különböző formákat, melyeket öntöttvas lemezekon vizsgált. 1886-ban elkészült az első gyutacs hüvely, melynek alján félgömb alakú üreg lett kialakítva a sikeresebb energiaközlés

²¹⁷ UNGVÁR Gyula (1975): A kumulatív robbanás fizikája. *Haditechnikai Szemle*, 9(3), 73–76.

²¹⁸ LUKÁCS László (2010): A kumulatív töltetek és gyakorlati alkalmazásuk. *Műszaki Katonai Közlöny*, 20(1–4), 177–178. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2866/2122>

érdekében. Az iniciálás hatékonyságának ilyen formájú növelését Gustav Bolem nevével fémjelezhetjük.²¹⁹

A kumulatív hatás egyik névadója Charles Edward Munroe, akinek a kutatásai nyomán szakmai körökben elterjedt a Munroe-effektus elnevezés. 1886–1888 között az Amerikai Egyesült Államok Haditengerészetének fejlesztett torpedó tölteteket. Munkáját heurisztikus siker koronázta, amikor egy robbantást követően felfedezte, hogy a nitrocellulóz préstestbe nyomtatott betűk megjelentek a robbantás helyén, egy acéllemezen. Ez az eset további kutatásokra, vizsgálatokra sarkallta és sikerült megerősítenie az eredményt, mely szerint a robbanóanyagban kialakított üregek irányában a robbanás hatása jelentősen felerősödik.²²⁰

Kutatásai során megállapítást nyert, hogy a fent említett üregek esetében a robbanás gázainak egy összetartó áramlása következik be, mely képes jelentős rombolásra. Az üreg hatására a kialakult összeáramlásban jelentősen növekszik a gázok sűrűsége és ez teremti meg az előbb jelzett nagyobb pusztítóhatást. Azonban az is bizonyítást nyert, hogy ezek a gázok csak akkor képesek ilyen formában áramlani, ha nem akadályozza semmilyen közeg az összeáramlás kialakulási folyamatát. Tehát vízben vagy kőzetben nem alakul ki az elvárt teljesítmény növekmény.²²¹

Ennek az üreges töltetnek a fejlesztett változata, amikor fém béléstest kerül az üreg falára. Nem meglepő módon, ez szintén Munroe nevéhez kötődő vizsgálat volt 1894-ben, de aztán majd egy fél évszázadig nem vizsgálta tovább senki ezt a fejlesztési irányt.²²²

Európában a hatás elnevezése Neumann-effektus, köszönhetően két német kutatónak, M. Neumannnak és Egon von Neumannnak. M. Neumann kutatásai az üreges töltetek területén hozták el az első szabványosítási eljárásokat az ilyen töltetek készítésére. A szabvány bevezetésére 1911-ben került sor Németországban, majd 1912-ben az Egyesült Királyságban is.²²³

A szabványosítást követően több kutató vizsgálta a területet világszerte. Franz Rudolph Thomanek kutatásainak hála 1938-ban ismét sikerült egy újabb mérőföldkövet elérni a fejlesztési folyamatokban. A korábban már szabványokban is említett fém béléstestek tekintetében előremutató eredményeket sikerült elérnie tesztjei során. Míg az egyszerű üreg esetében a robbanóanyag érintkezhet a céltárgy felületével, megállapítást nyert, hogy a fém béléstestek

²¹⁹ LUKÁCS 2010: 178.

²²⁰ LUKÁCS 2010: 178.

²²¹ LUKÁCS 2010: 179.

²²² LUKÁCS 2010: 180.

²²³ LUKÁCS 2010: 180.

esetében ez nem ideális pozíció. A felismerés a céltárgyaktól távolabb elhelyezett töltetek esetében jelentős teljesítmény növekményt eredményezett és a kumulatív töltetekkel kapcsolatos fogalomtárba bekerült a fókusz távolság vagy eltartás kifejezés. Egyes országokban akciótávnak is nevezik. Ez az a távolság, melyről az adott töltet optimális átütést képes elérni.²²⁴

A további kutatásokban már megállapították, hogy a béléstestek anyaga is jelentős hatással van a töltet teljesítményére és a forma sem kizárólag a kúpra korlátozódik. Ezen a vonalon tovább haladva a nyújtott változatok is megjelentek a kutatók célkeresztjében, melyeket a későbbiekben vágótöltetként vezettek be a robbantástechnika fogalomtárába.²²⁵

A hadi alkalmazása ezeknek a kumulatív tölteteknek egyre nagyobb jelentőséggel bírt a II. világháborút megelőző fegyverkezés időszakában. Henry Hans Mohaupt megkezdte az első kézi páncélelhárító fegyver kifejlesztését, mert a gyalogos egységek arzenáljában nem volt olyan eszköz, mely képes volt páncélozott célok direkt pusztítására. Ezt több európai hatalom is felismerte. Először az Egyesült Királyságban sikerült rendszeresíteni egy, a fenti célok leküzdésére alkalmas tüzérségi gránátot. Ez ugyan nem kézi alkalmazású fegyver volt, de a 100 mm-es kaliberben készült gránát képes volt átlukasztani 50 mm vastag páncélt. Az eredmény ugyan kiemelkedő, de már a kor páncélosai ellen sem lehetett hatékonyak nevezni.²²⁶

1941-ben az Amerikai Egyesült Államok már harci körülmények között alkalmazta a „Bazooka” fegyvert, melyet a gyalogos katonák használhattak. Ez a vállról indítható kumulatív lövedék már 120–150 mm páncélt volt képes kilyukasztani. A fejlesztésben Mohauptnak vezető szerepe volt.²²⁷

A német fejlesztések sem maradtak el jelentősen. Néhány év késéssel, 1943-ban megjelentek a „Panzerfaust” változatok, a „Panzerschreck” és a „Püppchen” lövedékek, melyek akár 200 mm-es páncél átütésére is alkalmasak voltak.²²⁸

Természetesen a magyar hadsereg sem maradt ki a kumulatív elven működő páncéltörő eszközök rendszeresítéséből. 1941-ben több tüzérségi gránátot rendszeresítettek 5 különböző űrméreteben, hatféle rendszerben lévő ágyúhoz. Kutatások még nem tisztázták, hogy ezek esetében licencvásárlás vagy másolás húzódott meg a háttérben, de az eszközök jelentős egyezést mutattak német gyártmányú robbanótestekkel. Ezek a tüzérségi gránátok a hatásos

²²⁴ LUKÁCS 2010: 180–181.

²²⁵ LUKÁCS 2010: 181–182.

²²⁶ LUKÁCS 2010: 182–183.

²²⁷ LUKÁCS 2010: 183.

²²⁸ LUKÁCS 2010: 184.

lőtávon belül 60–70 mm páncél átütésére voltak alkalmasak. Minden típus „PR” jelzést kapott, ami a páncélrepszto jelentést hordozta.²²⁹

Egy másik kapcsolódó területe a kumulatív hatásnak az úgynevezett robbanás által formált lövedékek.²³⁰ Ezekkel az eszközökkel nagyobb távolságból is lehetséges páncélozott célok megsemmisítése. A töltetek kialakítása, általános felépítése hasonló egy kumulatív töltethez, de a béléstest lényegesen vastagabb anyagból készül és a kialakítása tompaszögű, a gyakorlatban „tányér” alakúnak tekinthető. Ezek a béléstestek a nagyobb tömegük miatt egyben maradnak a robbantásos roncsolást követően, ezért lehetséges, hogy nagyobb távolságból is képesek a páncélzaton áthatolni. Átütési képessége a nem éppen aerodinamikus formája ellenére jelentős a 2000–2500 m/s-os sebessége miatt.²³¹

A fenti elven működő robbanótestekkel kapcsolatosan Misnay József őrnagy ért el remek eredményeket. Kutatómérnökként sikerült két aknát is rendszeresíttetnie,²³² amelyek a fenti elven működtek és alapvetően a harcjárművek oldalát lehetett velük támadni. Ennek a fejlesztésnek köszönhetően került rendszeresítésre a 43M TAK²³³ harckocsiakna is. A kifejlesztett eszközöknek köszönhetően nevezik ezt a hatást Misnay-Schardin-effektusnak.²³⁴

A bemutatott magyar tudós és fejlesztő nevét fémjelzi a világ első fémmentes és bélés nélküli aknája is.²³⁵ Munkásságát sokáig folytatta, de politikai okokból száműzték a fejlesztéseitől, azokat sohasem fejezhette be.²³⁶

A háború egyik végső fejlesztési projektje a 44M Buzogányvető páncéltörő rakéta volt, mely kifejezetten jó adottságokkal rendelkezett, de későn érkezett meg a harcmezőre. A robbanótest teljesen új gyújtási rendszerben, késleltetés nélkül működött, ami a hatékonyságát nagyban növelte. Az egyedi gyújtószerkezet direkt módon iníciálta a fenék elhelyezkedésű csappantyús gyutacsot, nem volt szükség szúrólángra és külön lángérzékeny

²²⁹ HATALA András (2010c): Üreges töltetek III. rész. A második világháború alatt gyártott magyar üreges töltetek. *Haditechnika*, 44(4), 55–56. Online: https://adt.arcanum.com/hu/view/Haditechnika_2010/?pg=439&layout=s

²³⁰ Angol szaknyelvi elnevezése: Explosively Formed Penetrator, rövidítve: EFP.

²³¹ HATALA András (2010a): Üreges töltetek I. rész. Misnay József tevékenysége. *Haditechnika*, 44(2), 73–76. Online: https://adt.arcanum.com/hu/view/Haditechnika_2010/?pg=439&layout=s

²³² 43M LÖTAK és 44M LÖTAK. LÖTAK jelentése: lövőtányérakna.

²³³ TAK jelentése: tányérakna.

²³⁴ HATALA 2010c: 57–58.; HATALA András (2010d): Üreges töltetek IV. rész. A második világháború alatt gyártott magyar üreges töltetek. *Haditechnika*, 44(5), 63–67. Online: https://adt.arcanum.com/hu/view/Haditechnika_2010/?pg=439&layout=s; HATALA András (2010e): A 43.M TAK harckocsiakna. *Haditechnika*, 44(6), 53–57. Online: https://adt.arcanum.com/hu/view/Haditechnika_2010/?pg=439&layout=s

²³⁵ BACKOFEN, Joseph E.– WILLIAMS, Larry W. (1981): Antitank mines. *Armor – The Magazine of Mobile Warfare*, 90(4), 26–30.

²³⁶ HAJDÚ Ferenc (2010): Ismeretlen világhírű ezredes. *Élet és tudomány*, 65(33), 1028–1029.

gyutaccsal szerelt alsó detonátorra. A világon elsőként alkalmazott fejrészű fejrészű gyújtószerkezet azonban nem működött kellő megbízhatósággal.²³⁷

Mivel ezek a fegyverek bebizonyították létjogosultságukat, a II. világháború után sem álltak le a további vizsgálatok és fejlesztések. A röntgen-impulzus elvén működő fotográfia nagy lökést adott a területnek. Az 1950-es évekig több kutatócsoport foglalkozott a kumulatív töltetek működésének hidrodinamikai elméletével. A keleti és nyugati tudósok eredményei alapján kialakult a máig elfogadott modell, mely a roncsolt, deformált béléstestet összenyomhatatlan folyadékként határozza meg a fizikai viselkedése alapján.²³⁸

Misnay munkássága sem fejeződött be a béketárgyalások után. Tovább folytatta kutatásait egy oldal elleni harcokcsiakna megvalósításán, mely akár 100 m távolságból is képes lett volna a harcokcsik páncélzatának kilyukasztására.²³⁹

4.2 A KUMULATÍV TÖLTETEK MŰKÖDÉSE

A kumulatív töltetekben lejátszódó folyamatok bemutatása előtt fontosnak tartom részletezni azok felépítését. Többféle méretezési eljárás ismert, mely eltérő paramétereket eredményezhet egy adott töltet típusnál. Azonban az alkatelemek méretezése tekintetében fontos tény, hogy rendszerben szükséges azokat kezelni. Minden alkatrésznek megvan a maga feladata, melynek geometriája függőségben van, vagy lehet egy vagy több részegységhez. Ha egy elem paramétereit megváltoztatjuk, az sok esetben több másik alkatrész újra méretezését is szükségessé teheti. A kumulatív töltetek lehetséges alkatrészeit a 28. ábrán mutatom be.

Az alkalmazott *robbanóanyag töltet* az egyik legfontosabb alkotóelem. A robbanóanyagoknak kellő brizanciával kell rendelkeznie, hogy a béléstestet roncsolva egy optimális hatékonyságú kumulatív sugár alakulhasson ki. Az ipari körülmények között készült robbanóanyagok tekintetében kijelenthető, hogy valamilyen por állagú, magas hatóerejű robbanóanyagot²⁴⁰ préselnek az adott formához. Ezzel az eljárással lehetséges a különleges belső kialakítás megformázása, de az eljárásnak vannak korlátai. Másrészt a préselt robbanóanyagok indíthatósága szabvány gyutaccsal a legtöbb esetben megoldható. A hadi minőség esetében a kétoldali préselés alapvető követelmény, mely technológiai szempontból bonyolultabb eljárás, de a végtermékek homogénebb, megbízhatóbb minőségű képet mutatnak. Az öntés is egy lehetséges módszer, mely szintén teljes kitöltést hozhat létre a töltetházban,

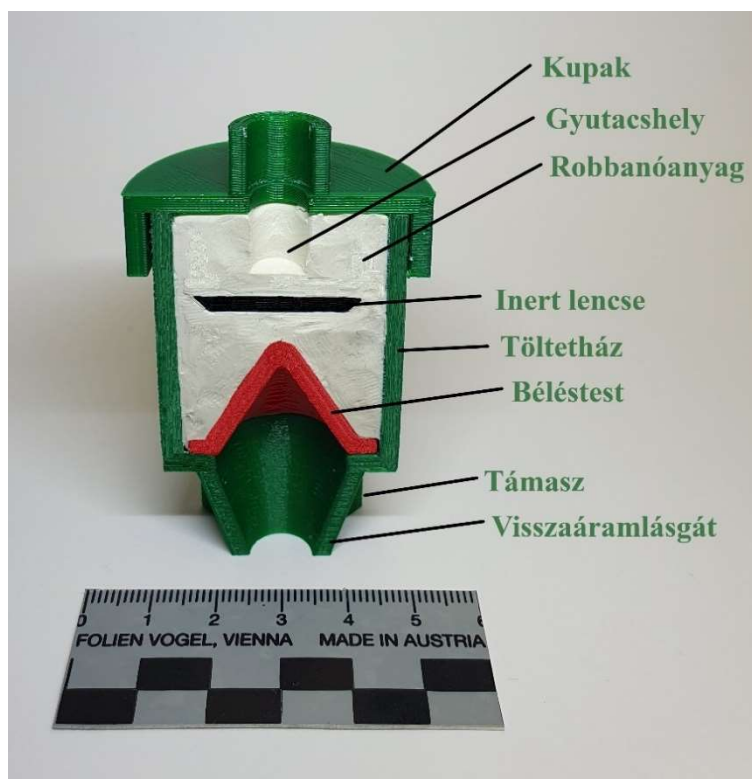
²³⁷ HATALA 2010c: 58.

²³⁸ LUKÁCS 2010: 185.

²³⁹ HATALA 2010d: 64.

²⁴⁰ Ilyen lehet a hexogén, a régies elnevezése: ciklonit, angol nyelvterületen rövidített elnevezése: RDX.

azonban körülményesebbnek tekinthető és egyes robbanóanyag típusok, mint a TNT, érzékenysége is jelentősen változik ilyen eljárásnál. Ez nem minden esetben kifizetődő, hiszen ilyenkor mindig szükséges detonátor beillesztése a gyújtási láncba.



28. ábra: Kumulatív töltet általános felépítése

Forrás: EMBER István (2022e): Modern kumulatív töltetek hatékonyságának vizsgálata. *Haditechnika*, 56(6), 16, 1. ábra. DOI: 10.23713/HT.56.6.03.

A hadi alkalmazásban sokszor követelmény, hogy helyszínen, vagy a konkrét feladat végrehajtása előtt legyenek az alkalmazásra tervezett töltetek összeszerelve és feltöltve robbanóanyaggal. Ilyen esetben az ipari eljárások természetesen szóba sem jöhetnek. A különleges helyzet különleges tulajdonságú robbanóanyagot kíván. Mivel a töltetházak teljes kitöltése elengedhetetlen a kumulatív töltetknél, ezért plasztikus robbanóanyagokat ajánlott alkalmazni. Ezek alapvetően megfelelnek azoknak az elvárásoknak, melyek egy helyszíni összeszerelésnél felmerülhetnek. Ilyen igény például, hogy 8-as erősségű gyutaccsal iniciálható legyen, melyet a hadi rendszeresítésű plasztikus robbanóanyagok, mint a Semtex²⁴¹ típusú anyagok és a plasztikus nitropenta (PLNP) teljesítenek. A Semtex-1A és a Semtex PLHX-30 típusok például kifejezetten alkalmasak kisméretű kumulatív töltetek készítésére.²⁴² Másik

²⁴¹ DARUKA Norbert (2016): Robbanóanyag-ipari alapanyagok és termékek osztályozásának lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26(1), 39–40. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2187/1456>

²⁴² KUGYELA Lóránd (2019): Experiments with Small Size Shaped Charges. *Hadmérnök*, 14(2), 102. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2019.2.8>

lehetséges megoldás folyékony robbanóanyag alkalmazása, melyek esetében lehetséges bináris változatokat is alkalmazni. A bináris, több komponensből álló folyékony robbanóanyagok lehetnek akár robbantástechnikai szempontból veszélytelen folyadékok keverékei.²⁴³ Az ilyen folyékony keverékek számára szükséges a hordozásukra kialakított töltetház, és figyelemmel kell lenni a robbanóanyagok mérgező tulajdonságaira²⁴⁴ is a helyszíni keverés, töltés során. Sokan csak a robbantás utáni gázokra gondolnak, mint potenciális mérgezési forrás,²⁴⁵ azonban a robbanóanyagok egy része akár a bőrön keresztül is képes mérgezést okozni a felhasználónak. Mindezek ellenére a folyadék állag determinálja, hogy a töltetház kitöltöttségében nem lehetséges hiányosság, ami egy jelentős szempont az alkalmazandó robbanóanyag kiválasztásánál.

A fentebb többször említett *töltetház* és a robbanóanyag kapcsolata kifejezetten fontos, mégpedig akkor, ha huzamosabb ideig van készre szerelt állapotban a töltet. Ilyenkor minden esetben vizsgálni kell, hogy az adott anyagok kémiai reakcióba lépnek-e egymással, ami hatásfokváltozást vagy érzékenység változást okozhat a robbanóanyagban. Az alkalmazott ragasztók tekintetében ezt szintén vizsgálni kell, a kémiai reakció nem megengedhető, különösen, ha tartós tárolásban lesznek az anyagok, töltetek. Amennyiben szükséges, a felületet bevonattal kell ellátni, amely megakadályozza, hogy a nem várt kémiai folyamatok elinduljanak. Műanyagok alkalmazása esetén ennek kicsi a valószínűsége, a fémek azonban képesek a fent említett reakciókban részt venni. A fém töltetházaknak azonban más hátrányos tulajdonságai is vannak. Az anyaguk miatt akár jelentős repeszhatással is kell számolni a töltet felrobbantásakor, míg az előnyük nem kifejezetten számottevő. Mivel egy fém töltetház nagyobb összetartást, beszorítást ad a töltetnek, vélhetően a robbanást is jobban megvezeti, ami hatékonyságot növelhet, de ez igen elenyésző lehet. Más tekintetben a gyártásnál is lehet ennek jelentősége, ha az eljárás során a robbanóanyagot direkt módon a töltetbe préselik, hiszen az ilyen eljárásokat a fémek alapvetően jobban elviselik.

A *gyutacs* tekintetében szintén több fontos szempontot kell figyelembe venni. Az első a fentebb említett erősség, mely szinte minden hadi robbanóanyag és töltet esetében 8-as szint a Nobel-skálán. A második az elhelyezés. Mivel a kumulatív lyukasztó töltetek túlnyomó részt forgástestek, a gyutacs hossz tengelyének egybe kell esnie a töltetház hossz tengelyével.

²⁴³ KUGYELA Lóránd (2020): A többkomponensű robbanóanyagok múltja, jelene és jövője. *Katonai Logisztika*, 28(4), 66–67. Online: <https://doi.org/10.30583/2020.4.058>

²⁴⁴ Pl.: tetril. – ORLOVA, J. J. (1986): *Brizáns robbanóanyagok kémiája és technológiája*. Budapest: Műszaki, 196.

²⁴⁵ HERNÁD Mária – KUGYELA Lóránd (2012): Risk of Carbon Monoxid Intoxication in Explosions. *Hadmérnök*, 8(2), 59–60. Online: http://hadmernok.hu/2012_2_hernad_kugyela.pdf

Manapság már egy nem centrálisan elhelyezett, több gyutaccsal indított változat sem elképzelhetetlen, de az egyszerűbb és kisebb méretű típusoknál ilyen kialakítás nem jellemző. A pozíció tekintetében a behelyezés mélysége is nagy jelentőséggel bír. Ezt a pozíciót az inert vagy terelő lencse nagyban befolyásolhatja, de minden esetben fontos, hogy a robbanóanyagra jellemző detonáció sebesség kialakuljon, mielőtt a detonációs hullámfront eléri a béléstest bármelyik pontját és megkezdí annak roncsolását. Amennyiben detonátor vagy valamilyen erősítő töltet is szükséges a gyújtási láncba, akkor értelemszerűen ennek az aljától értendő az előbbi távolság. Ha a fenti három feltétel nem teljesül az nagyban hatással lehet a penetrációs hatékonyságra, a gyutacs nem megfelelő erőssége akár a töltet gyújtási láncát is megszakíthatja.

Az *inert* vagy *terelő lencse* minden esetben a gyutacs vagy detonátor alja és a béléstest teteje között helyezkedik el. Szintén forgástest, melynek forgástengelye egybeesik a töltetházával. Pozíciója kifejezetten fontos, mert a robbanóanyagban haladó kémiai átalakulás frontját hivatott elterelni, megvezetni, hogy az a béléstest felületének minden pontjára egyszerre vagy optimális időben érkezzon és lehetőleg a felületre merőlegesen. Anyaga alapvetően valamilyen kemény, hőnek jól ellenálló műanyag.²⁴⁶ A kumulatív töltetknél az alkalmazása szinte kötelező, mert jelentősen növeli a hatásfokot, de főleg ipari gyártástechnológia esetében lehetséges a behelyezése a robbanóanyagba.

A *béléstest* a töltet legmeghatározóbb alkatrésze, a méretezési eljárások kiinduló lépcsője. Paraméterei meghatározzák a töltet penetrációs hatékonyságát. Forma tekintetében a legelterjedtebb változat a kúp. Ettől függetlenül lehetséges a félgömb, a trombita, a harang és egyéb más alakzatok alkalmazása is. A forma is jelentősen befolyásolja a penetrációs képességet, sőt annak falvastagsága is nagy jelentőséggel bír. A hegye felé vékonyodó vastagságú változat eredményesebb lehet a kialakult sugár jobb súlyeloszlása miatt. Az alkalmazott anyagok tekintetében főleg a fémek kerülnek előtérbe, mert a jelentős sűrűségük miatt hatékonyabbak, mint a műanyagok vagy az üveg. A választék széles, akár kompozit, akár réteges anyagokat is alkalmazhatunk, de egyes változatoknál az acél is számításba vehető. Ez utóbbi a kellően nagyméretű jégrobbantásoknál alkalmazott úgynevezett HT-IT²⁴⁷ töltetknél²⁴⁸ fordul elő.

²⁴⁶ HATALA András (2010b): Üreges töltetek II. rész. További összefüggések, fejlesztések, kutatások. *Haditechnika*, 44(3), 61–62. Online: https://adt.arcanum.com/hu/view/Haditechnika_2010/?pg=439&layout=s

²⁴⁷ Jelentése: helyszínen tölthető irányított töltet.

²⁴⁸ DARUKA Norbert (2014b): Jégvédekezés robbantással. *Műszaki Katonai Közölny*, 24(4), 51–67. Online: https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2014_4_4_Jegvedekezés%20robbantással.pdf

Egyes típusokál találkozhatunk az úgynevezett *visszaáramlásgáttal*. Ez az alkatrész hivatott megakadályozni, hogy a kumulatív sugár kialakulását valamilyen külső anyagbeáramlás megakadályozza, mely lehet akár a céltárgyról visszaverődő áramlás is. Alkalmazásának akkor van jelentősége, ha a töltet fókusz távolsága nem jelentős, maximum néhány béléstest belső átmérőnyi. Ennél nagyobb eltartásnál már az ilyen hatások is csökkennek, mert a céltárgyat egy megformált sugár éri el.

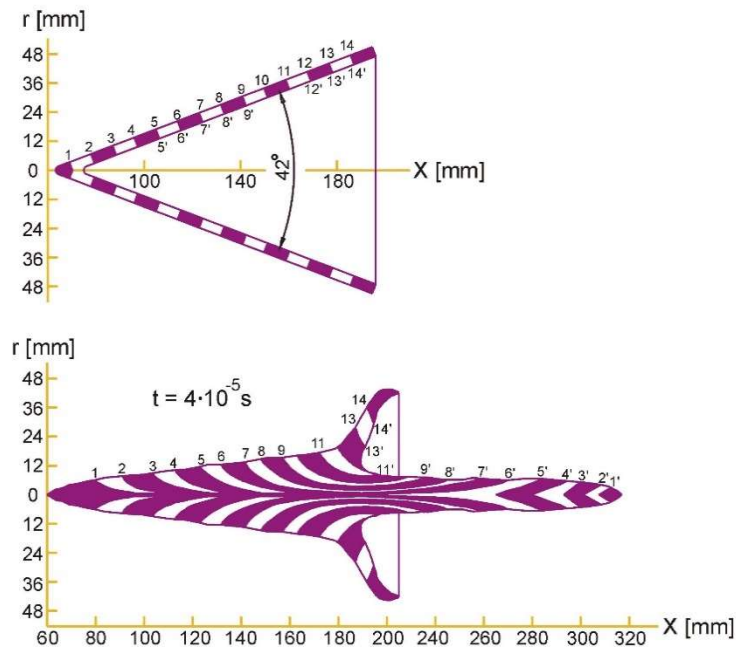
A *támaszra* a pontos célzáshoz van szükség, hiszen egy precíziós robbantástechnikai eljárást alkalmazunk. Kisebb töltetknél ez lehet egyben kialakítva töltetházzal, nagyobb fókusz távolság esetén felszerelhető vagy fix lábakkal szokás a célzást, stabilitást és az ideális fókusz távolságot biztosítani.

Fontos megemlíteni a méretezés szempontjából néhány meghatározó paramétert is. A töltet hatékonysága szempontjából a fent említett *fókusz távolság* vagy *eltartás* talán a legfontosabb. Ez a távolság egyes fém béléstesteknél akár a béléstest belső átmérőjének a hétszerese is lehet, ilyenkor lesz a legjobb a penetrációs teljesítmény. Egy másik fontos adat a töltet magassága, ami az egybeszerelt vagy gyártott alkatrészek méretéből tevődik össze, de a robbanóanyagban található gyutacs vagy detonátor és a béléstest közötti távolság nagyban befolyásolja. Egyes változatoknál a töltetház gyutacs oldalán szűkül és a felső felülete kisebb átmérőjű, mint a béléstest felőli oldalon. Ez a felhasznált robbanóanyagok tekintetében egy jó optimalizációs irány, azonban a helyszíni elkészítésnél, különösen plasztikus robbanóanyagok esetében nehézkes lehet a töltés megvalósítása ilyen alakzat alkalmazásakor.

A legfontosabb alkatrészek tárgyalását követően fontosnak tartom tisztázni a töltet működését. Fontos megjegyezni, hogy az ideálisan pozícionált töltet alkatrészek esetében végbemenő folyamatot mutatom majd be.

Amikor a gyújtási lánc eléri a robbanóanyag fő töltetét a központosan elhelyezett gyutacson, esetleg detonátoron keresztül megkezdődik a robbanóanyag, a fő töltet kémiai átalakulása. A nagy hatóerejű robbanóanyagban felfut a detonáció az anyagra jellemző sebességre, majd eléri a béléstestet. Amennyiben a töltet rendelkezik inert lencsével a hullámfront a béléstest minden pontját egyszerre fogja elérni. Ez alapvetően merőlegesen²⁴⁹ vagy optimális szögben történik meg.

²⁴⁹ Kúp esetében, vagy valamilyen egyenes felülettel rendelkező béléstestek esetében.



29. ábra: A béléstest deformálódásának szerkezete

Forrás: HATALA 2010a: 72.

Ezt követően a béléstest roncsolódik, összerogy a hossz tengelye irányában (29. ábra). A kialakult deformált béléstest²⁵⁰ (jet) elvárt formájú lesz és kilövedik a töltet hossz tengelye mentén. Egy fém béléstest esetén a jet hőmérséklete az adott fém olvadási hőmérséklete alatt marad. A jet képes akár a béléstest átmérőjének hétszeresét is átlukasztani a megfelelő fókusztávolság biztosítása esetén.²⁵¹

A fém jet esetében sok tekintetben máig előfordul, akár szakmai körökben is, hogy plazmához vagy olvadékhoz hasonlítják, esetleg ilyen összefüggésben említik. Az eredmények egyértelműen igazolják, hogy a rézből formált jet hőmérséklete hozzávetőleg 450°C, míg olvadási hőmérséklete 1083°C. Egyes elméletek, feltételezések ugyan a jet belsejében egy olvadt réteget sejtenek, de a röntgen vizsgálatok egyértelműen szilárd felületet igazolnak. A fent említett félreértés alapja az lehet, ahogyan a jet és a céltárgy hat egymásra. A folyamat ideális folyadékok találkozásának fizikai modelljével számítható. Ilyen tekintetben a céltárgy és a jet anyagának sűrűsége lesz az egyik legfontosabb szempont az átütés vonatkozásában.²⁵²

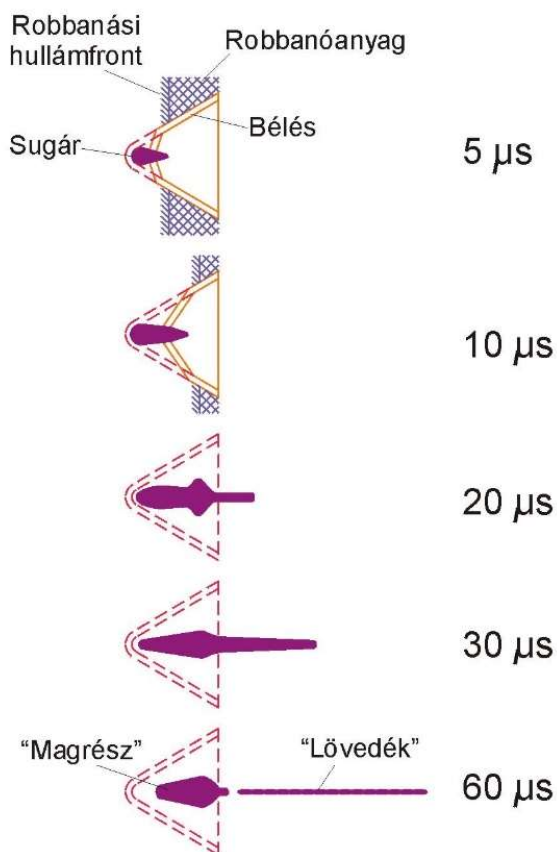
A jet szempontjából fontos megemlíteni, hogy sebessége kifejezetten nagy, viszont nem optimalizált béléstest esetében jelentős sebességbeli különbség alakul ki a két része, a mag és a

²⁵⁰ Angoly, illetve szakmai elnevezése: jet.

²⁵¹ Thomas M. Klapötke: Chemistry of High Energy Materials. Berlin, Walter de Gruyter, 2017. 191–192.

²⁵² DOIG, Alistair (1998): Some Metallurgical Aspects of Shaped Charge Liners. *Journal of Battlefield Technology*, 1(1), 1–3.

hegy között. A béléstest roncsolódása eredményeként a kialakult jet hátsó része több súlyt, akár az összes anyag 85%-át hordozza, ezért jóval lassabb lesz, mint a hegye. A mag sebessége 1 km/s körüli, míg az elnyúlt hegy ennek tízszeresét is elérheti. Ideális esetben akár a jet 1 m hosszú megnyúlása is lehetséges, 1–2 mm² keresztmetszeti felülettel. A sebességkülönbség és a nyúlás hatására az ideális hossz elérését követően a jet leszakad a magról, több kisebb darabra esik (30. ábra), melyek tovább haladnak egymás után, de ezek a darabok már nem tekinthetők stabilnak.²⁵³



30. ábra: A kumulatív sugár kialakulása

Forrás: HATALA 2010a: 73.

A céltárgyat elérve a fémből formált jet 10–20 GPa nyomást generál a sebességéből adódó hatalmas kinetikus energia miatt, melynél esetenként akár tízszer nagyobb csúcsnyomás is kialakulhat. A céltárgy anyagát a jet gyakorlatilag szétolja maga előtt, ezért anyagvesztéssel járó repeszképződés sincs, valamint az átütéskor keletkező másik oldali anyagleválás sem jelentős.²⁵⁴

²⁵³ HATALA 2010a: 72–73.; K LAPÖTKE, Thomas M. (2017): *Chemistry of High Energy Materials*. Berlin: Walter de Gruyter, 191–194. Online. <https://doi.org/10.1515/9783110536515-007>

²⁵⁴ HATALA 2010a: 72–73.; K LAPÖTKE 2017: 191–194.

Amennyiben forgó lövedékekben²⁵⁵ található kumulatív töltetek működését vizsgáljuk, van néhány eltérő részlet. Ha a hordozó eszköz forgása nem az ideális határértékben található, a jet a centrifugális terhelés hatására szétszóródhat, így a hatékonysága csökken. Ilyen esetekben olyan belső kialakítást alkalmaznak, mely a robbanóanyagban a forgással ellentétes áramlást generál, ezzel csillapítva a káros erőhatásokat.²⁵⁶

4.3 ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEK A TŰZSZERÉSZ SZAKFELADATOK SORÁN

A tűzszerezés szakfeladatok a vonatkozó NATO²⁵⁷ kiadvány²⁵⁸ alapján több területre tagolódnak. A feladatrendszer a műszaki támogatás²⁵⁹ része, de nem minden szövetségesünk kezeli a tűzszerezéseket műszaki alakulatként, van olyan nemzet²⁶⁰, ahol önálló szakcsapat státusszal rendelkezik.

A tűzszerezészet egyik fontos része a felderítő tűzszerezés szakfeladat, melyet több korábban publikált írásomban vizsgáltam,²⁶¹ de a kumulatív töltetek szempontjából irreleváns részterület. A szakemberek ilyen jellegű feladatok elvégzésekor nem végeznek, nem végezhetnek hatástalanítást, melynek része lehetne a kumulatív töltetek alkalmazása.

A további részterületek tekintetében kijelenthető, hogy több esetben felmerülhet a kumulatív töltetek alkalmazása, mint részleges, vagy végleges hatástalanítási módszer, melyek a következők:²⁶²

- „hagyományos robbanótestek hatástalanítása, megsemmisítése;
- improvizált robbanótestek hatástalanítása, megsemmisítése;
- atom, biológiai és vegyi eredetű robbanótestek kezelése.”

A fenti részterületek esetében több olyan feladat lehetséges, melyekre ezek a töltetek alkalmasak. A hagyományos robbanótestek esetében egy ilyen irányított robbantással tehetjük

²⁵⁵ Forgásstabilizált, vezetőgyűrűvel rendelkező, kumulatív hatású tűzészégi gránátok.

²⁵⁶ HATALA 2010b: 61.

²⁵⁷ North Atlantic Treaty Organisation, magyarul: Észak-atlanti Szerződés Szervezete.

²⁵⁸ NATO Standard, ATP-3.18.1, *Allied Tactical Doctrine for Explosive Ordnance Disposal*, Edition A, Version 1 (April 2017). H. n.: NATO Standardization Office (NSO).

²⁵⁹ KOVÁCS 2002: 30–35.

²⁶⁰ Pl.: az Amerikai Egyesült Államok haderejében besorolásuk haderőnemenként is eltérő.

²⁶¹ EMBER István (2020b): A tűzszerezés-szakkiképzés rendszerének fejlesztése felderítő-tűzszerezés-felkészítés kialakításával. *Honvédségi Szemle*, 148(1), 66–77. Online: <https://doi.org/10.35926/HSZ.2020.1.5>; EMBER István (2020c): Lehetőségek a tűzszerezés-szakkiképzés fejlesztésére. *Műszaki Katonai Közlöny*, 30(1), 99–110. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2020.1.7>., EMBER István – PETRUSKA Ferenc (2020): A felderítő-tűzszerezések alkalmazásának jogi szempontjai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 30(2), 117–126. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2020.2.9>

²⁶² EMBER István (2022a): Kumulatív töltetek alkalmazási lehetősége tűzszerezés szakfeladatok során. In SZELEI Ildikó (szerk.): *A hadtudomány és a 21. század*. Budapest: Colorcom Media, 13.

biztonságosabbá a robbanótest elmozdítását a gyújtószerkezet működésképtelenné tételével. Másrészt támadhatjuk vele a katonai robbanótestek fő tölteteit is, akár olyan céllal, hogy deflagrációval, egy alacsonyabb intenzitású kémiai átalakulással tartsuk kordában a felszabaduló energiát. Ez utóbbinál azonban számolni kell és lehet azzal, hogy a robbanótestekben található, esetenként több évtizedes robbanóanyagok a fém béléstestből formált jet hatására rendeltetészerűen felrobbannak.²⁶³ A deflagrációt célzó robbantásoknál tehát alapfeltétel, hogy a biztonság érdekében számítunk egy teljes hatóerejű robbanásra. Ebben a tekintetben vannak módszerek, melyek a kumulatív sugár hűtésével nagyobb biztonságot ígérnek a deflagráció eléréséhez. Ilyen robbantásoknál a legkedvezőbb végkifejlet, ha robbanóanyag lassan, égéssel alakul át, de erre viszonylag ritkán kerül sor, főleg rossz minőségű robbanóanyagoknál fordulhat elő.

Az improvizált robbanótestek esetében is lehetséges több célpontot találni egy kumulatív töltetnek, melyek a fentiekhez hasonlóan ebben az esetben is a működtető rész és a fő töltet. A működtető rész esetében nem is lehet kérdés, hogy az elsődleges cél a terroristák fegyverénél megszakítani a kialakított rendszert. Az elektronikai, elektromos vagy mechanikus alkatrészek megsemmisítésével ez a legtöbbször elérhető. Ezt követően még kezelni kell a szakembereknek a hátramaradt fő töltetet. Ez lehet valamilyen kifejezetten veszélyes házi készítésű robbanóanyag,²⁶⁴ valamint ipari és katonai vagy akár egy, de a legtöbb esetben katonai eredetű robbanótestekkel számolhatnak a hatástalanítást végző tüzserészek. Ha az improvizált robbanótest szerelvényei már nem játszanak szerepet, hagyományos módszerekkel is lehetséges ezeket a gránátokat, eszközöket megsemmisíteni. Ilyen vonatkozásban a kumulatív töltetek ismét felmerülhetnek, mint lehetséges módszer.

Az ABV robbanótestek esetében kifejezetten csak a vegyi töltettel rendelkezők kerülnek bele a vizsgált csoportba. A biológiai és nukleáris fegyverek kezelése teljesen eltérő megközelítést igényel, disszertációmban ezekkel a részterületekkel a speciális igényei és terjedelme miatt nem foglalkozom. A vegyi fegyverek²⁶⁵ esetében azonban a kumulatív töltetek alkalmasak lehetnek a hordozó eszköz, mely alapvetően és döntően egy robbanótest,

²⁶³ STECKIEWICZ, Arthur– TRZCINSKI, Waldemar (2014): Investigation of the reaction of energetic materials on jet impact. *17th International Seminar New Trends in Research of Energetic Materials*. Pardubice: University of Pardubice, 1038–1049.

²⁶⁴ HORVÁTH Tibor – EMBER István (2021): Characteristics of homemade explosive materials and the possibilities of their identification. *Revista Academiei Fortelor Terestre / Land Forces Academy Review*, 26(2), 100–107. Online: <https://doi.org/10.2478/raft-2021-0015>; HORVÁTH Tibor – EMBER István (2022): A robbanóanyagok azonosításának biztonsági jelentősége a tüzserész szakfeladatok ellátása során. *Honvédségi Szemle*, 150(4), 94–103. Online: <https://doi.org/10.35926/HSZ.2022.4.7>

²⁶⁵ A disszertációban nem értem ide a gyújtó hatású robbanótesteket.

kilyukasztására. Ezzel az eljárással hozzáférhetővé válik vagy kiszabadul a hordozott mérgező harcanyag. Egy ilyen bevett gyakorlaton alapuló eljárás során számolni kell a harcanyagok kiáramlásával a környezetbe, azonban a rendeltetésszerű működéshez képest csekély mértékben. Mivel ezekből az anyagokból elenyésző mennyiség is okozhat jelentős számban halálozást, ezért a legjobb megoldás egy kellően elszigetelt helyen, vagy teljesen hermetikusan elzárt körülmények között végezni a robbantást. Természetesen a fentiekhez hasonlóan itt is lehet a robbantásnak a célja a működtető rész roncsolása.

Összegezve tehát, az alábbi esetekben lehetséges a katonai tűzszerészetben a kumulatív tölteteket alkalmazni a hatástalanítások során:²⁶⁶

- „hagyományos robbanótetek gyújtószerkezetének működésképtelenné tétele;
- improvizált robbanótetek részeinek működésképtelenné tétele;
- vegyi töltetű robbanótetek gyújtószerkezetének működésképtelenné tétele;
- hagyományos robbanótetek töltetének ellenőrzött elműködtetése, főként kiégetéssel vagy deflagrációval;
- improvizált robbanótetek töltetének ellenőrzött elműködtetése, főként kiégetéssel vagy deflagrációval;
- vegyi töltetű robbanótetek esetén az eszköz falának kilyukasztása a harcanyag mentesítése céljából.”

4.4 KUMULATÍV TÖLTETEK MÉRETEZÉSI LEHETŐSÉGEI

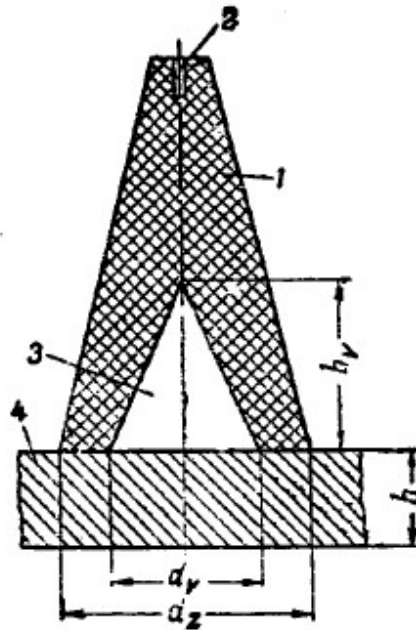
4.4.1 A magyar katonai eljárás

Természetesen a hadi alkalmazáshoz is vannak előírt méretezési irányelvek. A hatályos szabályok alapján összpontosított és nyújtott töltetet is készíthetnek a katonák plasztikus robbanóanyag felhasználásával.

A MH méretezési eljárása egy csonkakúp (31. ábra) alakú töltet paramétereinek meghatározására vonatkozik, melynek nagyobb, alsó körfelületénél kell a kumulatív üreget kialakítani. Az alsó körfelület a kumulatív üregből és az azt körül ölelő 10–15 mm vastag robbanóanyag gyűrűből áll. A felső körfelület átmérője nem lehet kevesebb mint 10 mm, hiszen a gyutacsot ezen az oldalon kell behelyezni és a plasztikus robbanóanyagnak megfelelő tartást kell biztosítani számára.²⁶⁷

²⁶⁶ EMBER 2022a: 14.

²⁶⁷ LUKÁCS 1992: 30.



31. ábra: A MH plastikus robbanóanyagból formált kumulatív töltete

Forrás: LUKÁCS 1992: 30.

A töltetben kialakított üreg bélés nélküli, kúp alakú, alapjának átmérője a céltárgy vastagságának 125%-a. A kúp magasságát szintén a céltárgy vastagságával határozzuk meg, annak 110%-a.²⁶⁸

A felhasználandó plastikus robbanóanyag mennyiségét az alábbi képlettel kell kiszámítani:²⁶⁹

$$C = 2,5 \cdot h^3$$

C – töltet tömege (g)

h – átütendő vastagság, acél esetében (mm)

Ezt követően a robbanóanyag tömegéből és a sűrűségéből lehetséges kiszámolni a töltet magasságát a számított térfogat alapján. A gyakorlatban ez azonban már nem kifejezetten szükséges, a formázásnál a kötelező paramétereket betartva kialakítható a szabályos töltetforma a kimért robbanóanyag mennyiségből.

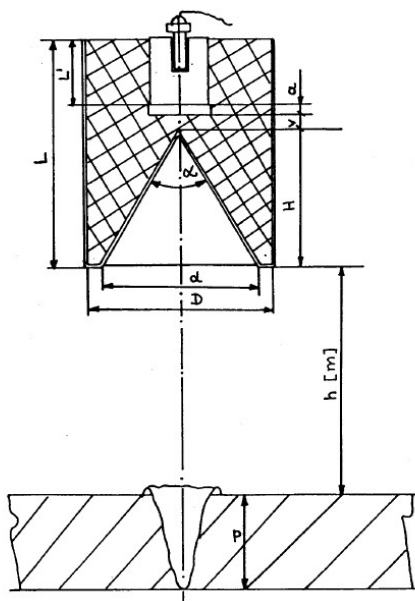
4.4.2 A MH Haditechnikai Intézet eljárása

Az MH Haditechnikai Intézet (MH HTI) eljárását Diószegi Imre dolgozta ki. Az úgynevezett „ököl szabályok” mentén végzett méretezés nem igényel túlzottan bonyolult számításokat (32. ábra). A szükséges adatokat táblázatok felhasználásával kell kiválasztani a méretezéshez.²⁷⁰

²⁶⁸ LUKÁCS 1992: 29.

²⁶⁹ LUKÁCS 1992: 30.

²⁷⁰ LUKÁCS 1992: 38.



32. ábra: A MH HTI eljárása alapján a kumulatív töltetek paraméterei

Forrás: Lukács (1992): i. m. 38.

A béléstest vastagságának meghatározása és anyagukra jellemző állandóik:²⁷¹

- réz béléstest: az átmérőjének 50-ed része ($F = 3,8$);
- acél béléstest: az átmérőjének 40-ed része ($F = 3,4$);
- alumínium béléstest: az átmérőjének 30-ad része ($F = 2,2$).

A robbanóanyagok számvetéshez szükséges adatai a 12. táblázatból könnyen kiolvashatók.

Az eltartás számítása:²⁷²

$$h = d \frac{\alpha}{30^0}$$

$$30^0 \leq \alpha \leq 90^0$$

h – eltartás (mm)

d – a béléstest átmérője (mm)

α – a béléstest csúcshöge (fok)

Penetrációs képesség (páncél esetén):²⁷³

$$P = F \cdot d \cdot \delta$$

²⁷¹ LUKÁCS 1992: 39.

²⁷² LUKÁCS 1992: 39.

²⁷³ LUKÁCS 1992: 39.

P – penetráció (mm)
d – a béléstest átmérője (mm)
 δ – a robbanóanyagra jellemző állandó
F – a béléstest anyagára jellemző állandó

12. táblázat: A robbanóanyagok állandó értékei a MH HTI eljárásához

Fsz.	Robbanóanyag	δ	v (mm)	a (mm)	D – d (mm)	L _{min}
1.	A-IX-1 ²⁷⁴	1,5	4–8	3–5	6–10	10–15
2.	A-IX-2 ²⁷⁵	1,45				
3.	préselt nitropenta	1,42	5–10		4–8	
4.	préselt alumínium poros nitropenta	1,37				
5.	nitropenta por	1,2	8–10	5–8	6–10	10–15
6.	pentritol ²⁷⁶ 50/50	1,28	10–15		10–15	15–20
7.	pentritol 60/40	1,32	8–10		8–10	
8.	préselt TNT	1,21	10–15	8–10	10–15	20–25
9.	öntött TNT	0,95	15–20	10–15	15–20	25–30
10.	TNT por	0,55	10–15	10–20	10–15	20–25
11.	Semtex	1		5–8		15–20
12.	C4 ²⁷⁷	1,4			8–10	10–15

Forrás: LUKÁCS 1992: 40.

A töltetben lévő béléstest csúcshögtét a 13. táblázat alapján érdemes megválasztani, annak átmérője figyelembe vételével.

Penetrációs képesség (páncél esetén), nem megfelelő eltartással:²⁷⁸

$$P = \frac{30^0 \cdot M}{\alpha} + (F - 1) \cdot d$$

²⁷⁴ A-IX-1 – viasszal kevert hexogén.

²⁷⁵ A-IX-2 – viasszal kevert hexogén és alumínium port.

²⁷⁶ Pentritol – nitropenta és TNT keveréke, a törttel jelzett arányban.

²⁷⁷ C4 – hexogén alapú plasztikus robbanóanyag.

²⁷⁸ LUKÁCS 1992: 40.

P – penetráció (mm)
d – a béléstest átmérője (mm)
 α – a béléstest csúcshöge (fok)
F – a béléstest anyagára jellemző állandó
M – kialakított emelési magasság (mm)

13. táblázat: Ajánlás csúcshöge meghatározásához

d (mm)	α	ideális α
20–50	35 ⁰ –60 ⁰	40 ⁰
50–80	50 ⁰ –65 ⁰	55 ⁰
80–120	55 ⁰ –65 ⁰	60 ⁰
120–200	60 ⁰ –85 ⁰	65 ⁰
200–300	80 ⁰ –90 ⁰	85 ⁰

Forrás: LUKÁCS 1992: 40.

4.4.3 A Szalamahin-féle eljárás

Egy szovjet idöszakból származó eljárás a hasonlósági törvény alkalmazását javasolja. T. M. Szalamahin professzor módszerénél először is tisztázni kell a töltet és a céltárgy paramétereit és az alkalmazott robbanóanyag tulajdonságait.²⁷⁹

A fenti paraméterek meghatározása után egy már ismert töltet adataival és penetrációs képességeivel összevetve a hasonlósági modell alapján méretezhető az új töltet. Ez természetesen az eltartásra is igaz. Az eljárás tehát arányosságot feltételez a töltetek paramétereit és a teljesítményük között egyaránt.²⁸⁰

A kumulatív töltet paramétereit és jelölésük:²⁸¹

- forma: Φ ;
- befoglaló mérete: R;
- a béléstest vastagsága: δ ;
- a béléstest sűrűsége: ρ ;
- a külső burkolat vastagsága: δ_1 ;
- a külső burkolat sűrűsége: ρ_1 .

Az alkalmazott robbanóanyag tulajdonságait és jelölésük:²⁸²

- sűrűsége: ρ_0 ;
- rétegvastagsága: H_0 ;

²⁷⁹ LUKÁCS 1992: 31.

²⁸⁰ LUKÁCS 1992: 33.

²⁸¹ LUKÁCS 1992: 31.

²⁸² LUKÁCS 1992: 32.

- a behatolás induló energiája: Q_0 ;
- detonációs sebessége: D_0 .

A következő adatok tisztázása szükséges a céltárgy vonatkozásában:²⁸³

- sűrűsége: ρ_2 ;
- szilárdsága: σ_2 ;
- hengersebesség: a .

A meghatározandó adatok:²⁸⁴

- átütés mélysége: L ;
- átütés átmérője: d .

A kialakított összefüggések:²⁸⁵

$$L = f_1 (\Phi, R, \delta, \rho, \delta_1, \rho_1, \rho_0, H_0, Q_0, D_0, \rho_2, \sigma_2, a)$$

$$d = f_2 (\Phi, R, \delta, \rho, \delta_1, \rho_1, \rho_0, H_0, Q_0, D_0, \rho_2, \sigma_2, a)$$

A mértékegységekkel egyszerűsített tényezők:²⁸⁶

$$\frac{L}{R} = \varphi_1 \left(\Phi, \frac{\sigma}{H_0}, \frac{\rho_1}{H_0}, \frac{H_0}{R}, \frac{\rho_2}{\rho_0}, \frac{\rho_1}{\rho_0}, \frac{\rho}{\rho_0}, \frac{D_0}{a}, \frac{D_0^2}{Q_0}, \frac{\sigma_2}{\rho_2 \cdot a^2} \right)$$

$$\frac{d}{R} = \varphi_2 \left(\Phi, \frac{\sigma}{H_0}, \frac{\rho_1}{H_0}, \frac{H_0}{R}, \frac{\rho_2}{\rho_0}, \frac{\rho_1}{\rho_0}, \frac{\rho}{\rho_0}, \frac{D_0}{a}, \frac{D_0^2}{Q_0}, \frac{\sigma_2}{\rho_2 \cdot a^2} \right)$$

4.4.4 A Cooper-féle méretezés

Az eljárás összpontosított kumulatív töltetre vonatkozik, mely alapvetően henger alakú, melyben kúp formájú, béléstesttel szerelt üreg található.

Ezzel az eljárással, amennyiben réz béléstesttel készítünk töltetet 42°-os kúpszöggel, akár a béléstest átmérőjének hatszorosát is sikerülhet átlyukasztani, de ez tovább is növelhető.²⁸⁷

A méreteket a béléskúp átmérője (D) alapján kell meghatározni:²⁸⁸

- a töltet átmérője: 1,1 D ;
- a töltet magassága: 1,7 D ;
- a béléskúp magassága: 1,3 D ;
- a béléstest vastagsága: 0,4 D/a béléstest sűrűség.

²⁸³ LUKÁCS 1992: 32.

²⁸⁴ LUKÁCS 1992: 32.

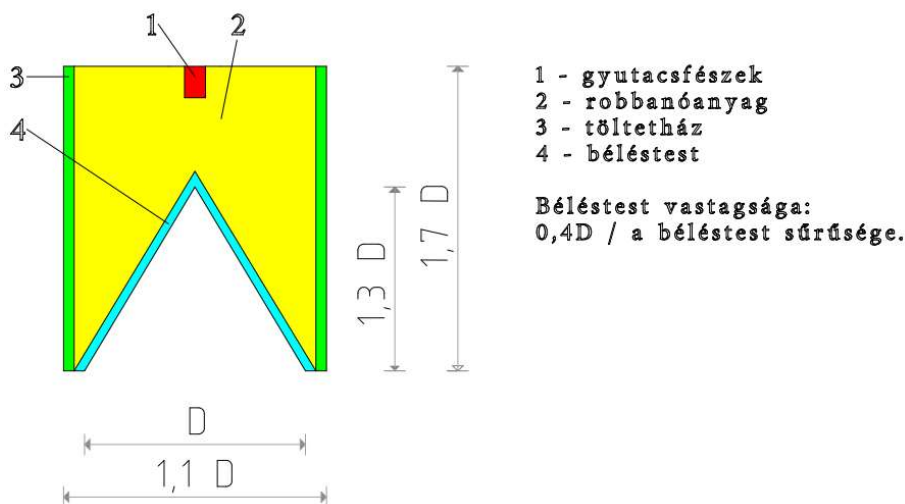
²⁸⁵ LUKÁCS 1992: 32.

²⁸⁶ LUKÁCS 1992: 33.

²⁸⁷ COOPER, 1996: 440.

²⁸⁸ COOPER 1996: 436.

Az eltartás tekintetében egy grafikon segíthet a szükséges méret kiválasztásában. A görbe ígéretes lyukasztási értékeket ígér: eltartás nélkül is akár 3 béléstest átmérőnyit, amennyiben a maximumot szeretnénk elérni, hozzávetőleg 6 átmérőnyi eltartásnál érhető el a 6 átmérőnyi penetráció.²⁸⁹



33. ábra: A Cooper-féle töltet paramétereit

Forrás: EMBER István (2022b): Modern kumulatív töltet méretezésének lehetőségei. Műszaki Katonai Közöny, 32(1), 10. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.1.1>

4.5 A KUMULATÍV TÖLTET MÉRETEZÉSE

A megfelelően megtervezett töltet kialakítása egy minden tekintetben átgondolt folyamat eredményeként jöhet létre. Éppen ezért részletesen fogom meghatározni a méretezési célokat, majd vizsgálni a lehetséges modern megoldásokat az alapanyagok, a gyártás, a technikai eszközök és reprodukálhatóság vonatkozásában. Ez a folyamat – amennyiben sikerül teljeskörűen elvégezni – elvezet majd egy olyan töltetváltozathoz, mely a gyakorlatban is teljesíti az elvárt követelményeket.

4.5.1 Méretezési célkitűzések

A kutatás szempontjából az egyik legfontosabb feladat kitűzni az elérendő célokat. Mivel jelen kutatás tartalmaz gyakorlati vizsgálatokat is az eredmények igazolására, ezért kifejezetten fontos a célokat a lehetőségekhez illeszteni. Ezzel az erőforrásokat optimálisabban lehet tervezni és az időgazdálkodás is egyszerűbbé válhat.

A méretezési, elkészítési és tesztelési feladatokra szánt kumulatív töltetnek az alábbi követelményeknek kell megfelelnie:

²⁸⁹ COOPER 1996: 439.

- legyen lehetséges reprodukálni 3D nyomtatásos módszerrel;²⁹⁰
- legyen alkalmas tűzserész szakfeladatok során robbanótestek lyukasztására;
- a robbanótestek tekintetében legyen képes 15 mm-es falvastagság lyukasztására, mely méret megfelel a közepes űrméretű tűzserégi gránátok falvastagságának;
- legyen alkalmas vegyi töltetű tűzserégi gránátok kilyukasztására;
- legyen a robbantás helyszínén készre szerelhető;
- legyen kompatibilis a MH rendszeresített gyújtószerével és robbanóanyagaival, nem szükséges minden típussal, de legalább egy gyújtási lánc legyen kialakítható a töltet tekintetében;
- legyen a béléstest nem fém, vagy fém kompozit alapanyagú;
- amennyiben lehetséges készüljön környezetben könnyen lebomló alapanyagokból.

4.5.2 Modern megoldások

A széles körben alkalmazott fém béléstestek mellett előfordulnak nem fém alapanyagú béléstesttel készült kumulatív töltetváltozatok is. Manapság leggyakoribb alapanyagként az alábbiak jöhetnek számításba:²⁹¹

- fémek;
- kompozitok;
- polimerek;
- üveg.

Számos kutatás folyt a fémek eredményesebb alkalmazására béléstestként.²⁹² A fémek tisztasága tekintetében lehetnek még kiaknázatlan lehetőségek a töltetek hatékonyságának optimalizálásában. Más kutatások a molibdén alkalmazásában rejlő lehetőségeket vizsgálták, de a kompozit anyagok esetében is lehetnek még további lehetőségek. Ez utóbbi esetében a fém és műanyag rétegek kombinálása egyes esetekben meglepően jó eredményeket mutatott.²⁹³

A legújabb területnek a polimer anyagok alkalmazását tekinthetjük a kumulatív töltetek üregeinek béléseként. A réteges megoldás esetében azonos formájú, egymásba illeszkedő béléstesteket vizsgáltak, melyekben a műanyag a töltet robbanóanyag felőli oldalán

²⁹⁰ A konkrét módszer a töltet paramétereinek részletes ismeretében kerül majd meghatározásra.

²⁹¹ YI et al. 2019.

²⁹² Hazánkban BENCZ Győző, DERES János és TUTI Péter nyújtott be szabadalmat 1981-ben „Hatásnövelő bélésanyag, főleg szénhidrogén-termelő kutak csöveinek perforálásához” címmel (lajstromszám: 183.623).

²⁹³ YI et al. 2019: 2.

helyezkedett el. Az alumínium, magnézium és titánium esetében ez a kompozit megoldás számottevő teljesítménybeli növekedést mutatott.²⁹⁴

Az üveg por állagban alkalmazható a leghatékonyabban, ha belekeverik a béléstest alapanyagába. Az általam folytatott kutatás irányai nem illeszkednek az ezen a vonalon folytatott vizsgálatokhoz, mert a reaktív páncélzat kilyukasztásánál produkáltak vele előremutató eredményeket.²⁹⁵

A közelmúlt vizsgálatainak meghatározó iránya szintén a fentebb már említett reaktív páncélzatokhoz kötődik. Egyes vizsgálatok a béléstestek csúcsszögét és anyagvastagságát elemezték az optimalizálás jegyében.²⁹⁶ Ez azért érdekes kutatási irány, mert a páncélzat reaktív mivoltát egy robbanóanyag réteg adja, melyet a behatoló kumulatív sugár iniciál, a bekövetkező robbanás pedig rontja vagy lehetetlenné teszi a páncél átütését. Ilyen tekintetben előremutató lehet a dupla, vagy tandem töltettel készült páncéltörő eszközökben, ha az első töltet képes kilyukasztani a reaktív páncél blokkját, a robbanás kiváltása nélkül. A műanyag béléstestek jó alapot nyújtanak ezekhez a kutatásokhoz.

Egy kínai kutatócsoport több anyagot vizsgált béléstest anyagaként, döntően számítógépes szimuláció segítségével.²⁹⁷

- politetrafluoretilén²⁹⁸ (PTFE);
- poliamid²⁹⁹ (PA);
- polikarbonát³⁰⁰ (PC).

A szimulációikhoz alkalmazott töltet paraméterei:³⁰¹

- csúcsszög: 60°;
- átmérő: 37 mm;
- béléstest alak: lekerekített hegyű kúp;
- béléstest vastagsága: 3 mm.

A szimulációk eredményeit összevetve a réz béléstestből formálódott kumulatív sugárral több fontos megállapítást tehetünk. A nem fém jet-ek formájukat tekintve hasonlóak, de

²⁹⁴ YI et al. 2019: 2–3.

²⁹⁵ YI et al. 2019: 2.

²⁹⁶ HELD, Manfred (2005): Shaped Charge Optimization against ERA Targets. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 30(3), 216–223. Online: <https://doi.org/10.1002/prep.200500009>

²⁹⁷ YI et al. 2019: 4.

²⁹⁸ Teflon.

²⁹⁹ Nylon.

³⁰⁰ Angolul: polycarbonate.

³⁰¹ YI et al. 2019: 4.

jelentősen szélesebbek, végük szétnyílnak 40 μ s-nál. A PA képe hasonlít leginkább a rézből formált jet-hez. A nem fém jet-ek mindegyike gyorsabb volt a réznél. A PA jet ötször, a másik kettő tízszer vastagabb sugarat generált és hosszuk 60 μ s-nál hozzávetőleg két-háromszoros a rézhez viszonyítva.³⁰²

Mivel a célkitűzésekben szerepel a 3D nyomtatás, ezért olyan alapanyagokat kell választanom, vizsgálnom, melyek megfelelnek ennek a technológiának. A PA minden tekintetben ígéretesnek tűnik, de az anyag kezelése koránt sem egyszerű a 3D nyomtatás során, szükséges hozzá néhány speciális kiegészítő és nagyobb gyakorlati tapasztalat.

A polietilén-glikol-tereftalát (PET-G) vízállósága miatt megfelelhet a céloknak, valamint az akrilnitril-sztirol-akrilátot (ASA) is, mely ellenáll a környezet károsító hatásainak. Mindkettő esetében fontos tény, hogy a környezetben nem túl gyorsan bomlanak le ellenálló képességeik miatt.

A fémekkel kiegészített kompozitok felhasználása szintén eredményezhet egy köztes teljesítményt a két alapanyag hatékonysága között, mivel a sűrűség meghatározó szempont a penetrációs képesség vonatkozásában. A közelmúlt kutatásaiban szakértők vizsgálták a teflon és teflon-réz alapanyagok hatékonyságát különböző csúcscsögű és kúp alakú béléstesteknél. A szimulációk alapján 55°-os csúcscsögöt és 3 mm vastagságot határoztak meg ideálisnak a reaktív páncélzat leküzdésére kialakítandó töltetnek.³⁰³

A fémek 3D nyomtatása sem lehetetlen napjainkban, ez az eljárás is egyre szélesebb körben terjed. Fontos megjegyezni, hogy az ilyen eszközök egy egyszerű műanyag nyomtatására alkalmas típus árának sokszorosába kerülnek, beszerzésük komoly beruházás. Az azonban már bizonyított, hogy az acél béléstestek tekintetében a hagyományos megmunkálással készült és a nyomtatott változat között ugyan van valamennyi teljesítménybeli különbség, de a 3D nyomtatás mindenképpen vállalható gyártási alternatíva.³⁰⁴

Henry Obediah Agu doktori értekezésében vizsgálta a 3D nyomtatóval készített nem fém béléstestek hatékonyságát. A vizsgálatba vont béléstestek kúp alakúak voltak, 54 mm átmérővel és 60°-os csúcscsöggel készültek. Az alapanyaguk a környezetkímélőnek tekinthető politejsav³⁰⁵ (PLA) és rézzel dúsított PLA volt. A teljesítményt több vastagságban készült béléskúp esetében vizsgálta: 1,5 mm; 3,5 mm; 5,5 mm; 7,5 mm.³⁰⁶

³⁰² YI et al. 2019: 10–11.

³⁰³ CHANG et al. 2015 : 426–437.

³⁰⁴ MULLIGAN, Pihillip et al. (2019): 3D Printed Conical Shaped Charge Performance. *Proceedings of the 2019 Hypervelocity Impact Symposium*. Destin, 113–122. Online: <https://doi.org/10.1115/HVIS2019-110>

³⁰⁵ Angolul: polylactic acid.

³⁰⁶ AGU 2019.

A vizsgálatokat minden változatnál 3 béléstest átmérőnyi eltartással végezte el. A tesztek tapasztalata szerint a legvékonyabb béléstest teljesítette a legnagyobb penetrációt, mely 18,1 mm volt. További fontos következtetést tett a rézzel dúsított PLA tekintetében, mert annak teljesítménye elmaradt az alacsonyabb sűrűségű rézmentes változatokétól. A gyenge eredmény feltételezett okának a felhasznált réz-PLA kompozit anyag porózusságát és heterogén szerkezetét jelölte meg.³⁰⁷

Véleményem szerint a vizsgálatait tekintetében szükség lett volna más, alapvetően kisebb eltartással is vizsgálni a tölteteket. Mivel ezek az alacsony sűrűségű anyagok nagy sebességű, de gyorsan forgácsolódó jet-et képeznek, előfordulhat, hogy 1–2 béléstest átmérőnyi távolságból nagyobb hatékonyságot produkáltak volna a töltetek, és ez mindenképpen további vizsgálatot érdemel.

4.5.3 A konkrét paraméterek meghatározása

A fent bemutatott méretezési eljárások és a releváns kutatási eredmények figyelembe vételével az alábbiak tekinthetők ideális paramétereknek:

- a béléstest alakja: kúp;
- a béléskúp csúcshöge: 55–60°-os;
- a béléskúp vastagsága: 1,5 mm és 3 mm közötti;
- eltartás: 3 béléstest átmérőnyi eltartásnál kisebb;
- a PLA, ASA, PET-G alapanyagok technikai értelemben megfelelhetnek a kitűzött céloknak;
- a rézzel dúsított kompozitok alkalmazása a fenti eredmények ellenére hozhat megfelelő hatékonyságot.

Mivel a területen levő eredmények megfelelő kiindulási alapot biztosítottak, voltak lehetőségek, melyekből választani kellett. A forma tekintetében a kúpot tartottam megfelelőnek, de a vizsgálatok kezdeti szakaszában másik típust is szerettem volna vizsgálni, hogy legyen az eredményeknek kontrasztja, összehasonlítási alapja. Ezért egy félgömb alakú béléstestet is kialakítottam. A kúp esetében 60°-os kúpszöveget alkalmaztam, mely a fenti vizsgálatok során alkalmazottakkal harmonizál.

Az anyag tekintetében a fémnyomtatást jelentős anyagköltségei miatt mellőztem. Mivel a továbbiakban csak a műanyagok jöhettek számításba, a lehetőségek közül a PLA-t

³⁰⁷ AGU 2019: 121–137.

választottam, mely a polimerek közül viszonylag könnyen bomlik. Mivel a lehetséges alapanyagok sűrűségében nincs jelentős különbség, úgy vélem, hogy a fenti sugárformálódással kapcsolatos adatok ellenére a tervezett kis méretben jelentős teljesítmény többlet nem keletkezne más műanyagok esetében.

A béléstestek vastagsága tekintetében 3 mm-t határoztam meg, annak ellenére, hogy a vékonyabb változatok jobb eredményt mutattak. Ennek oka, hogy a kialakításnak meg kell felelnie a helyszíni elkészítés körülményeinek. A plasztikus robbanóanyag betöltését károsodás, deformálódás nélkül kell a béléstestnek elviselnie.

A kezdeti vizsgálatoknál három béléstest belső átmérőt tűztem ki célul: 40 mm, 35 mm és 30 mm. Ez a méret szortiment később kiegészült 25 mm-es és 20 mm-es típusokkal is.

A töltetház falának szintén 3 mm-t választottam vastagságul, mert egy erőhatásoknak valamelyest ellenálló konstrukcióban gondolkodtam. Alapanyagként itt is a PLA-t választottam, főleg gyártástechnológiai és erőforrás optimalizálási okokból. Ez a vastagság a töltetház alján kialakított támaszokra és visszaáramlását esetében szintén egységes lett. A ház belsejében egy 5 mm széles perem került betervezésre, melyre a béléstestek támasz korongja fel tud feküdni. A töltetház kereszt alakú támasztékkal készült, mely biztosítja az optimális eltartást a sikeres penetrációhoz.

Az eltartás tekintetében szintén szerettem volna több variációt vizsgálni. Ennek érdekében egy, illetve kettő béléstest belső átmérőnyi magasságot pozicionáltam a kereszt alakú támaszokkal.

A töltetházak tényleges méreteit a béléstestekhez igazítva alakítottam ki. A gyutacs behelyezésére 1 cm-es robbanóanyag réteget hagytam és további 1 cm-t a béléstest teteje és a gyutacsfészek alja között, hogy a detonáció sebessége felfuthasson a robbanás során. Így a töltetházak teljes magassága a fókusztávolságból, a béléstest magasságából és további 2 cm-ből tevődött össze.

A kupakokat a töltetházak egyedi paramétereire méreteztem, a gyutacsok szempontjából 8 mm átmérőt vettem alapul a különböző furatok és alakzatok meghatározásához.

Összegezve a legfontosabb adatokat:

- a béléstestek alakja: kúp és félgömb;
- a béléstestek anyaga: PLA;
- a béléstestek csúcshöge: 60° ;
- a béléstestek falvastagsága: 3 mm;
- a béléstestek belső átmérője: 40 mm, 35 mm, 30 mm, 25 mm és 20 mm;

- a töltetház anyaga: PLA;
- a töltetház falvastagsága: 3 mm;
- a töltetház kiegészítő részei: kereszt alakú tartó, visszaáramlást;
- a töltetház átmérője: egyedi minden típusnál (a béléstest átmérője támaszkoronggal együtt és a fal vastagságának duplája);
- a töltetház átmérője: egyedi minden típusnál (a fókusztávolsághoz méretezett támaszok, a béléstestek magassága és további 2 cm).

4.6 A TÖLTET ELKÉSZÍTÉSÉNEK, GYÁRTÁSÁNAK FOLYAMATA

Mivel egy kutatás során egy eszközfejlesztési folyamatban a precizitás elengedhetetlen szempont, fontosnak érzem a kumulatív töltet alkatrészeinek tervezését és gyártását részletesebben bemutatni. A céloom nem kizárólag az, hogy az elért eredményeket bemutassam és igazoljam. Az egyik kifejezetten fontos szempont ennél a részfejezetnél, hogy olyan módszerrel és részletességgel ismertessem a folyamatot, hogy az reprodukálható legyen a későbbiek során. A reprodukcióhoz szükséges információk véleményem szerint kifejezetten értékesé és hitelessé tehetik a kutatás során elért eredményeket.

4.6.1 3D nyomtatás technológiai lehetőségei

Az igény az additív gyártás lehetőségeinek katonai alkalmazására nem lehet kérdéses. Minden modern technológia implementálása a hadsereg feladatrendszerébe egy új lehetőség lehet egyes feladatok magasabb minőségű, gyorsabb, gazdaságosabb, optimálisabb és hatékonyabb elvégzéséhez. Ez a gyártási lehetőség már kis túlzással minden háztartás részére elérhető, lehetőség adódik tehát az otthonunkban elkészíteni teljesen egyedi alkatrészeket, tárgyakat és eszközöket. Az eljárás mára már nem csak a kutatók által használt prototípusok olcsó előállítására használható, hanem akár folyamatos üzemű gyártásra is, mely kis terméksorozatnál kifizetődő alternatíva lehet.

Az additív gyártástechnológiák úttörője a szálolvasztásos módszer³⁰⁸ (FDM), mely napjaink legelterjedtebb 3D nyomtatási technológiája. Az FDM eljárást alkalmazó technikai eszközök valamilyen hőre lágyuló műanyag alapanyagot használnak fel a tárgyak elkészítéséhez, melyek alapvetően tekericselve vásárolhatók meg. Ennek az alapanyag szálnak a neve filament. Az anyagok tekintetében a leggyakrabban alkalmazottak a PLA, PET-G, ASA és az akrilnitril-butadién-sztirol (ABS). A működés során egy léptető motor behúzza a

³⁰⁸ Angolul: Fused Deposition Modeling.

filamentet, mely megolvad a „hotend” nevű alkatrészben és egy fűvókán keresztül préselődik ki a nyomtatási felületre. Ez a felület egy fűtött, általában egy dimenzióban mozgó (fel és le) munkaasztal. Az olvasztást és préselést végző alkatrész két dimenzióban képes a munkaasztal felületével párhuzamosan mozogni. A rétegek egy milliméternél kisebb nyíláson keresztül kerülnek a nyomtatási felületre, kihűlés közben az egymásra helyezett sávok megszilárdulnak és összetapadnak.³⁰⁹

A sztereolitográfias³¹⁰ (SLA) eljárás során fotopolimerek alkalmazásával készül a kész tárgy a gyártás során. Az eljárás esetében szintén a munkaasztal lefelé mozgása biztosítja, hogy a rétegek egymásra rakódhassanak. A folyékony halmazállapotú műanyagban, melyet a szaknyelvben gyantának is neveznek, egy rétegnyi elmerülő munkaasztalon egy lézer segítségével szilárdul meg a gyártott tárgy első szelete, majd ez a folyamat ismétlődik miközben a kész tárgy teljesen elmerül a gyantában. A kész tárgyakon ultraviola (UV) fény segítségével szükséges lehet utómunkálatokat végezni. Sima felületű és nagy pontosságú, részletes tárgyak készíthetők ezzel az eljárással.³¹¹

A szelektív lézeres szinterelés³¹² (SLS) az előbbiektől jelentősen eltérő eljárás. A munkaasztalra egy réteg por kerül, melyet egy tükörrendszeren keresztül megvilágít egy lézersugár. A megvilágított részek nem érik el az olvadási hőmérsékletet, de kémiai kötés alakul ki a szemcsék között. A munkaasztal süllyedése után újabb porréteget terítenek és a folyamat így ismétlődik rétegről-rétegre, amíg a tárgy el nem készül.³¹³

Ennek az eljárásnak a fejlesztett változatai a szelektív lézeres megolvasztás³¹⁴ (SLM) és az elektronsugaras megolvasztás³¹⁵ (EBM). Ezek az eljárások az SLS-hez hasonlóak, de az alapanyag megolvad és ez kifejezetten jó minőségű fém gyártmányok készítését teszi lehetővé.³¹⁶

A fotopolimer jetting³¹⁷ (PJ) technológia folyamatos UV megvilágítást igényel. Az alapanyagot csepegtetik rétegről-rétegre, melyek a megvilágítás miatt megkeményednek.

³⁰⁹ GÁL Bence – NÉMETH András (2019): Additív gyártástechnológiák katonai alkalmazásának vizsgálata, különös tekintettel a katonai elektronika területére. *Hadmérnök*, 14(1), 233. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2019.1.19>; EMBER István (2022c): 3D nyomtató alkalmazási lehetősége egyes speciális robbantási feladatoknál. In DARUKA Norbert (szerk.): *Fűrés-Robbantástechnika Nemzetközi Szimpózium Különkiadás 2022*. Budapest: Magyar Robbantástechnikai Egyesület, 76.

³¹⁰ Angolul: Stereolithography Apparatus.

³¹¹ GÁL – NÉMETH 2019: 233–234.

³¹² Angolul: Selective Laser Sintering.

³¹³ GÁL – NÉMETH 2019: 234.

³¹⁴ Angolul: Selective Laser Melting.

³¹⁵ Angolul: Electron Beam Melting.

³¹⁶ GÁL – NÉMETH 2019: 234.

³¹⁷ Angolul: Poly Jet.

A ragasztott jetting³¹⁸ (BJ) technológia esetén egy speciális kötőanyag kerül rétegről-rétegre a por állagú alapanyagba. Mindkét eljárás kifejezetten jó minőségű felületet biztosít.³¹⁹

A laminálásos elven történő gyártás³²⁰ (LOM) során lemezek vagy lapok behúzásával, majd a kívánt réteg kontúrjának lézeres kimetszésével kezdődik a folyamat. A kimetszett részeket egy melegített henger vasalja egymásra, majd egy újabb lap behúzása és metszése következik.³²¹

A fenti eljárások közül a legegyszerűbb, költséghatékony, könnyen elérhető, elterjedt és a PLA alapanyagot felhasználó változatra esett a választásom a gyártáshoz. Az sem elhanyagolható szempont, hogy ez egy környezetben viszonylag gyorsan lebomló anyag és ez illeszkedik a környezetet kímélő tevékenység katonai felelősségi körének kutatásokra vonatkozó irányával.³²² Az FDM technológia minden korábbi feltételnek megfelel és nem igényel komoly szaktudást, így a vizsgálatba vont és majd eredményesnek ítélt töltetváltozat/változatok viszonylag könnyen reprodukálhatók lesznek a szakemberek számára.

4.6.2 A számítógépes tervezés

A töltetek alkatrészeinek tervezésére több lehetőség kínálkozott. A 3D modellek elkészítésére rengeteg program alkalmas, akár letöltés és telepítés nélkül, online is lehetséges alkatrészek tervének elkészítése. A választásom azonban egy ingyenes szoftverre esett, mely széles spektrumban kínál tervezési lehetőségeket. A FreeCAD 0.19 alkalmazás biztosítja a fenti előnyöket és akár bonyolult alkatelemek megtervezése is lehetséges vele. Azt azonban meg kell jegyezni, hogy a szoftver alkalmazása igényel némi előképzettséget a tervező programok világából. Laikusként is elsajátítható a kezelése, de ez viszonylag sok időt vesz igénybe, bár ez eléggé szubjektív megállapítás.

Az ilyen alkatrészek tervezése alapvetően térbeli geometriai elemekből áll, melyekbe furatokat, üregeket alakítunk ki. Ezzel a módszerrel viszonylag könnyen elkészíthetők akár komplex geometriai formákból álló alkatrészek is.

A töltetekhez tehát a fenti program alkalmazásával terveztem meg a szükséges alkatrészeket, melyek a következők voltak:

- töltetház (34. ábra);

³¹⁸ Angolul: Binder Jet.

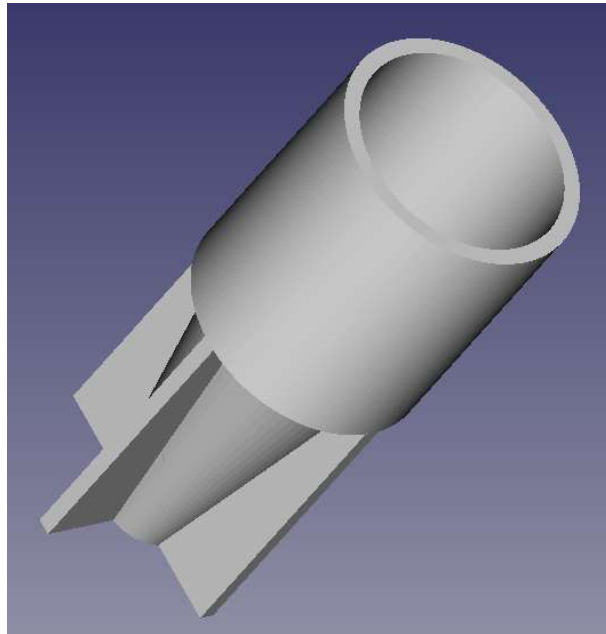
³¹⁹ GÁL – NÉMETH 2019: 233–234.

³²⁰ Angolul: Laminated Object Manufacturing.

³²¹ GÁL – NÉMETH 2019: 236.

³²² LUKÁCS László (2015): Környezetkímélő katonai robbantások alkalmazása a Magyar Honvédségnél. *Műszaki Katonai Közöny*, 25(2), 29. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2320/1588>

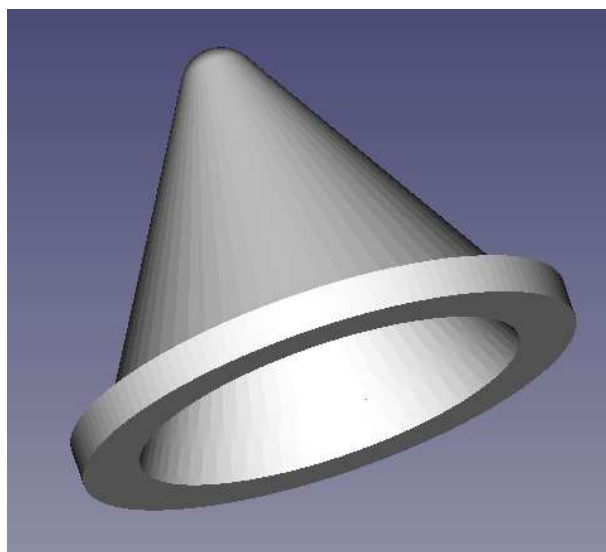
- kúp alakú béléstest (35. ábra);
- félgömb alakú béléstest (36. ábra);
- gyutacs hely formázó kupak (37. ábra);
- gyutacs támasztó kupak (38. ábra);
- az illeszkedést segítő toldalék (38. ábra).



34. ábra: Egy töltet ház modellje

Forrás: szerkesztette a szerző.

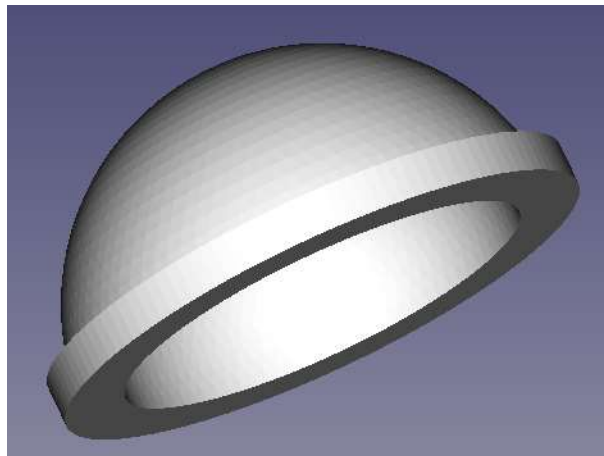
A fenti lista az összes lehetséges alkatetemet tartalmazza, de természetesen nem csak egy méretben készültek és nem minden alkatetel volt szükséges minden töltethez.



35. ábra: Egy bélés kúp modellje

Forrás: szerkesztette a szerző.

Az töltetházak elkészítésekor a külső átmérőjének megfelelő kör megrajzolása szolgáltatta az alapot egy henger kialakításához. A kialakított henger egyik felületén egy másik, 3 mm-el kisebb átmérőjű kör szolgáltatta egy, a testben kialakított furat alapját. A furat 3 mm-el rövidebb volt, mint az eredeti henger. Az így kialakult „pohár” alakzat zárt alján egy másik kör alappal rendelkező 3 mm mély furat alakította ki a töltetházban a béléstestet támasztó gyűrűt és a kumulatív sugár kiáramlásához szükséges lyukat. Erre a kisebb furattal rendelkező felületre két egymásra merőleges téglatest került, melyek magassága a henger aljától 3 mm-el kisebb volt, mint az adott töltet fókusz távolsága, vagy annak duplája. Ugyanerre a felületre kialakításra került egy csonka kúp, melynek magassága megegyezett a hasábok magasságával, a hengeren illeszkedő felülete 6 mm-el nagyobb átmérőjű volt, mint az ott található furat, a felső kisebb felülete 8 mm átmérővel készült. Utolsó mozzanatként a csonka kúp belsejében kellett kialakítani egy szintén csonka kúp formájú üreget. Ezek alsó és felső felületei pontosan illeszkedtek egymáshoz. A hengerhez illeszkedő oldalon pontosan az ott található furattal megegyező átmérőt alakítottam ki, míg a másik oldalon 10 mm-es átmérővel számoltam.



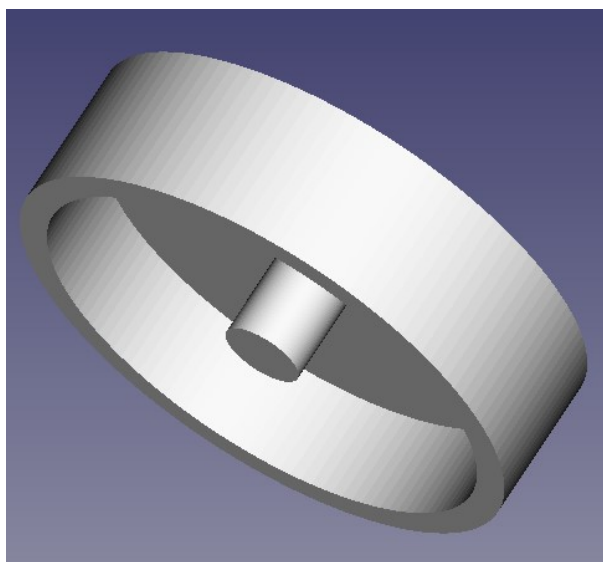
36. ábra: Egy félgömb béléstest modellje

Forrás: szerkesztette a szerző.

A béléskúpok tervezésénél minden esetben egy derékszögű háromszög rajzolása jelentette az alapot. Rövidebb befogója a béléstest belső átmérőjének a fele volt, a végén 60°-os szöggel illeszkedett az átfogó, amely így meghatározta a másik befogó méretét. A zárt háromszögből forgatással alakítottam ki a béléskúp belső felületét, melyet a szoftver segítségével kifelé megvastagítottam 3 mm-el. Ezt követően a kúp aljára egy, a töltetház falának belső átmérőjétől 1 mm-el kisebb átmérővel készült hengert, a gyakorlatban korongot illesztettem központozva. Ez a széles korong biztosítja a béléstestek biztos felfekvését a töltetházban. Az utolsó mozzanatban a korongból kellett kimetszeni a szükségtelen részeket.

Ennek érdekében egy csonka kúppal kellett furatot kialakítani a tárgyban, melynek magassága 3 mm volt, alsó átmérője a béléstest elvárt átmérője, a felső átmérője hozzávetőleg 3,5 mm-el volt kisebb az előzőnél.

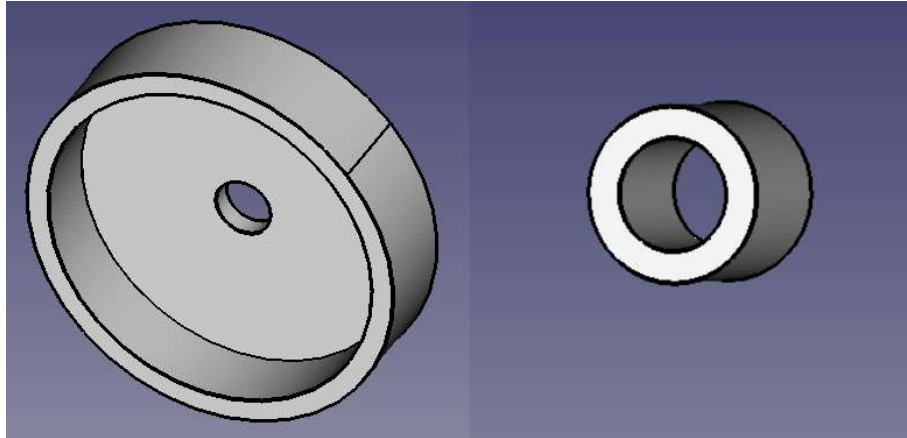
A félgömb alakú béléstestek esetében a tervezés első lépéseként egy derékszögű körcikket kellett megrajzolni, melynek sugara megegyezett a béléstest elvárt belső sugarával. Ezt a rajzot forgatással félgömbé alakítottam, majd 3 mm-t vastagítottam rajta a külső felületén a szoftver segítségével. Ezt követően központosva az aljára illesztettem egy 3 mm vastag korongot. Ebben az esetben is a béléstest felfekvését és illeszkedését szolgálta a töltetház belső átmérőjénél 1 mm-el kisebb átmérőjű korong. Ebből a korongból egy szintén központosva elhelyezett félgömb üreggel, melynek átmérője megegyezett a béléstest tervezett átmérőjével, alakítottam ki a végleges testet.



37. ábra: Egy gyutacs helyét kialakító kupak modellje

Forrás: szerkesztette a szerző.

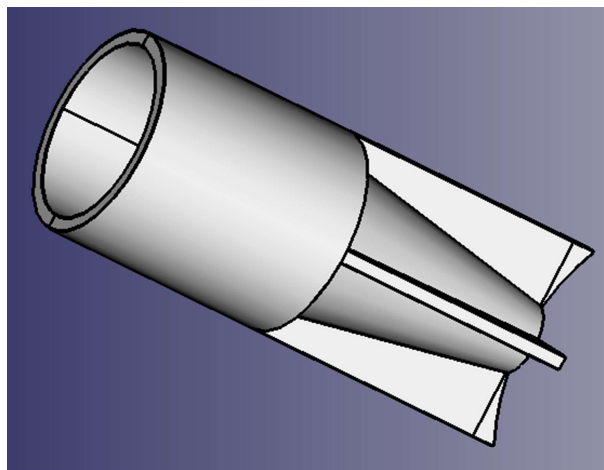
A gyutacsok megtámasztására szolgáló kupakot (38. ábra) az előzőhöz hasonlóan alakítottam ki. Az első két lépés teljesen megegyező volt, majd a mélyedés közepében egy újabb, immár 8 mm átmérőjű átmenő furatot helyeztem el. Mivel a nyomtatási tevékenységet optimalizálni szerettem volna, ezért két külön alkatrészből készült el ez a kupak. A másik alkatrész egy egyszerű 10 mm magas és 14 mm átmérőjű henger, melyben egy 8 mm átmérőjű átmenő furatot készítettem. A két elem pillanatragasztóval (Loctite Super Bond Power Flex Gel) rögzítettem egymáshoz.



38. ábra: Egy gyutacstámasztó kupak alkatrészeinek modellje

Forrás: szerkesztette a szerző.

A töltetek illeszkedését segítő toldalékot a kísérletekhez szintén külön készítettem el, majd ragasztással rögzítettem a töltetházakra. Ennek oka szintén az anyagtakarékosság volt. A töltetház alján található támaszhasábokat reprodukáltam, majd ezekből egy, a céltárgyak kaliberéhez illeszkedő furattal kimetszettem a nem kívánatos részeket.



39. ábra: Egy toldalékkal felszerelt töltetház modellje

Forrás: szerkesztette a szerző.

5.6.3 A 3D nyomtatás folyamata és körülményei

Az alkatrészek elkészítéséhez „CraftBot 3” típusú nyomtatók álltak rendelkezésre, ezért ehhez a típushoz optimalizált gyártási körülményekre volt szükség. Az elkészült modelleket a „CraftWare” szoftver alkalmazásával lehetett optimálisan szeletelni, mely a nyomtatóhoz dedikált termék. A szeletelés során a nyomtató számára értékelhető információk keletkeznek a rétegekre bontott modelltől, valamint a nyomtatás folyamatának technikai beállításairól. Ezzel a folyamattal határozható meg többek között az alapanyag olvasztási hőmérséklete, a munkaasztal hőmérséklete, a nyomtatás sebessége, a hűtőventilátorok sebessége, a nyomtatás

típusa, alapanyaga, a tárgy pozíciója a munkaasztalon stb. Az előbbi beállítások nagyban befolyásolják a végtermék minőségét. Az „.stl” kiterjesztésű fájlból, a modellből tehát a szeletelést követően elkészül az úgynevezett „G-code”, mely a nyomtató számára minden szükséges adatot tartalmaz a tárgyak elkészítéséhez.³²³

A nyomtatás fent említett részletei között az egyik lefontosabb a támasztékok kialakítása. Erre akkor van szükség, ha az egymás feletti rétegek egy meghatározott szögnél nagyobb vonalban térnek el a munkaasztal síkjától. Ez esetünkben 60° volt. A kúp béléstestek esetében nem volt szükség támasztásra, azonban a félgömb esetében nehézségek adódtak. Két oldalról is sikerült kinyomtatni ezt a béléstestet. Az első esetben alulról kellett megtámasztást beilleszteni, mely technikailag a félgömb belsejében helyezkedett el. Fejjel lefelé, az előző helyzetet 180°-kal elforgatva is készült próba, ahol gyakorlatilag a félgömb külső felülete volt alátámasztva. A támaszok eltávolítása sok nehézségbe ütközött, több esetben csak kisméretű csiszoló-gravírozó géppel sikerült azokat leszedni a béléstestekről. Végző soron a belső támasz tűnt optimálisabb megoldásnak, ezért a továbbiakban ezzel a módszerrel folyt a nyomtatás. A töltetházak esetében a támaszközökbe kellett a körív peremén egy viszonylag vékony sávban támaszt elhelyezni, melyek a nyomtatást követően könnyen eltávolíthatók voltak.³²⁴

A béléstestek nyomtatási paramétereit között meg kell említeni, hogy 0,4 mm-es fűvókával, 100%-os kitöltéssel készültek, 215°C-os „hotend” és 60°C-os munkaasztal hőmérsékletnél.³²⁵

A megfelelő nyomtatási paraméterek kialakításának folyamata, az alapanyagok felhasználásának helyes módszere és a technikai eszköz pontos kezelésének elsajátítása miatt a nyomtatások hozzávetőleg 10%-a hibás terméket eredményezett.³²⁶

A nyomtatott béléstestek paramétereit és nyomtatási idejét a 14. táblázat tartalmazza. A nyomtatási idő esetében a nyomtató által előre jelzett időtartam, akár 20%-kal is hosszabbnak bizonyult a valóságban.

A töltetházak (40. ábra) nyomtatása nem okozott jelentős technikai kihívást, alacsony hibaszázalékkal sikerült a feladatot elvégezni. A béléstestekhez viszonyítva jelentős eltérésnek nevezhető, hogy 0,8 mm-es fűvókával lettek elkészítve, a többi paramétert nem kellett

³²³ ÁDÁM Balázs – EMBER István (2022a): Béléstestek készítésének technikai lehetőségei alacsony sűrűségű anyagból. *Műszaki Katonai Közlemény*, 32(4), 108–109. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.3.6>

³²⁴ ÁDÁM– EMBER 2022a: 109.

³²⁵ ÁDÁM– EMBER 2022a: 109.

³²⁶ ÁDÁM– EMBER 2022a: 109.

változtatni. A nyomtatási idő előrejelzése itt is a fent jelzett problémákkal alakult, de más kirívó nehézség nem merült fel.³²⁷

14. táblázat: A béléstestek 3D nyomtatási paramétere

Fsz.	Töltettípus	Forma	Külső átmérő (mm)	Magasság (mm)	Nyomtatási idő (perc)
1.	20 mm-es béléstest	Kúp	29	20,32	18
2.	25 mm-es béléstest	Kúp	34	24,65	25
3.	30 mm-es béléstest	Kúp	39	29	33
4.		Félgömb	39	18	37
5.	35 mm-es béléstest	Kúp	44	33,3	40
6.		Félgömb	44	20,5	49
7.	40 mm-es béléstest	Kúp	53	37,7	56
8.		Félgömb	53	23	69

Forrás: ÁDÁM– EMBER 2022a: 110, 2. táblázat.

A különböző kiegészítő alkatrészeket (kupakok, toldalékok) szintén a töltetházakhoz kialakított beállításokkal sikerült a megfelelő minőségben elkészíteni. A nyomtatási adatokat a 15. táblázat tartalmazza.

A 3D nyomtatási tapasztalatok összegzéseként kijelenthető, hogy előnyös lehet az úgynevezett polivinil-alkohol (PVA) alkalmazása, mint támaszték, különösen az olyan béléstestek esetében, ahol azok eltávolítása nehézségekbe ütközhet. A PVA filament a nyomtatások során akkor alkalmazható, ha dupla nyomtatófejes a technikai eszközünk. Ilyenkor az egyik fej az építési anyagot kezeli, a másik pedig a támasztékot. A kész alakzatról a vízben oldódó PVA könnyen eltávolítható maradékok nélkül. Másik megoldás lehet, ha a PVA felhasználása gazdaságtalan, hogy eltérő színű alapanyagot használunk támasznak. Ilyenkor a szerszamos utókezelés során jól elhatárolható, hogy hol vannak az elemek határai.³²⁸

³²⁷ ÁDÁM Balázs – EMBER István (2022b): Kumulatív töltetházak 3D nyomtatása. *Hadmérnök*, 17(3), 43. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2022.3.2>

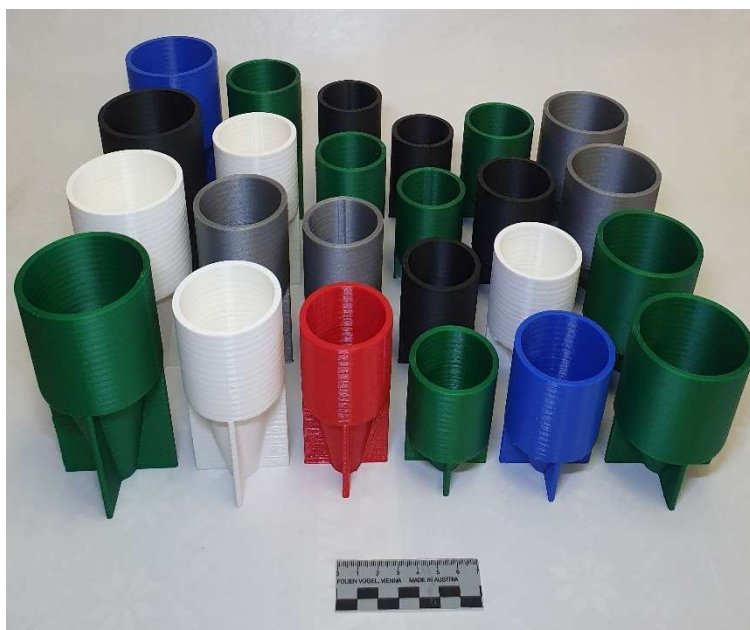
³²⁸ ÁDÁM – EMBER 2022a: 109.

15. táblázat: A töltetházak 3D nyomtatási paramétereit

Fsz.	Töltettípus	Átmérő (mm)	Magasság (mm)	Nyomtatási idő (perc)
1.	20 mm-es béléstesthez	36	61	40
2.		36	81	59
3.	25 mm-es béléstesthez	41	70	54
4.		41	95	92
5.	30 mm-es béléstesthez	46	80	71
6.		46	110	108
7.	35 mm-es béléstesthez	51	90	90
8.		51	125	139
9.	40 mm-es béléstesthez	60	100	131
10.		60	140	207

Forrás: *ÁDÁM-EMBER 2022b: 43, 1. táblázat.*

Az egymásba illeszkedő elemek tekintetében elvárható, hogy a sorják eltávolítása, mint utómunkálat után könnyen, de viszonylag szorosan illeszkedjenek egymásba. A méretek tekintetében az átmérők 0,5–1 mm-es növelésével ez az illeszkedés az FDM technológia esetében elérhető. Ezt az értéket a nyomtatási paraméterek befolyásolhatják, mint például a fúvóka átmérője.



40. ábra: Elkészült töltetházak

Forrás: szerkesztette a szerző.

4.7 A KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK BEMUTATÁSA

4.7.1 Az első robbantási sorozat eredményei

A robbantásra Táborfalván, az MH Böszörményi Géza Csapatgyakorlótér Parancsnokság (MH BGCSP) kijelölt robbantási területén került sor 2022. március 2-án. A feladat végrehajtásában az MH 1. TFE³²⁹ szakállománya segített. Az időjárás napos és felhőtlen volt, a szél nem volt számottevő, a hőmérséklet 6–8°C között alakult.

A robbantás során összesen 24 töltet hatékonyságát vizsgáltam a 16. táblázat szerinti megoszlásban.

16. táblázat: Az 1. robbantás tölteteinek megoszlása

Fsz.	Béléstest belső átmérője	Alkalmazott fókusz távolság	Béléstest alakja	Béléstest anyaga	Mennyiség
1.	30 mm	1D	kúp	PLA	2 db
2.		2D			2 db
3.		1D	félgömb		2 db
4.		2D			2 db
5.	35 mm	1D	kúp		2 db
6.		2D			2 db
7.		1D	félgömb		2 db
8.		2D			2 db
9.	40 mm	1D	kúp		2 db
10.		2D			2 db
11.		1D	félgömb		2 db
12.		2D			2 db
Összesen					24 db

Forrás: a szerző szerkesztése.

A töltetek típusainak az elnevezése a könnyebb megkülönböztetés miatt a legfontosabb paramétereikből tevődött össze. Az első elem a béléstest belső átmérője (30 mm, 35 mm és 40 mm), a második a fókusz távolság volt, ami a béléstest belső átmérőjével megegyező (1D), vagy annak duplája (2D). Az elnevezés harmadik eleme a béléstest alakjára utal: kúp (K) vagy félgömb (FG).

³²⁹ Az alakulat megnevezése ekkor még nem ez volt, de az egységesség érdekében mindenhol az aktuális formában említtem.

A kinyomtatott és készre szerelt töltetek mérete és tömege a 17. táblázat szerint alakult.

17. táblázat: Az 1. robbantás tölteteinek paraméterei

Fsz.	Típus	Töltetház átmérője (mm)	Töltetház magassága (mm)	Töltetház tömege (g)	Béléstest tömege (g)	Robb.ag. tömege (g)	Szerelt tömeg (g)
1.	30-1D-K	46	80	40	8	70	118
2.				40	8	70	118
3.	30-2D-K		110	53	8	71	132
4.				56	8	71	135
5.	30-1D-FG		80	43	7	65	115
6.				43	7	65	115
7.	30-2D-FG		110	54	7	71	132
8.				56	7	70	133
9.	35-1D-K	51	90	51	9	100	160
10.				51	9	100	160
11.	35-2D-K		125	67	9	101	177
12.				67	9	102	178
13.	35-1D-FG		90	52	10	99	161
14.				52	10	98	160
15.	35-2D-FG		125	66	10	97	173
16.				66	10	96	172
17.	40-1D-K	60	100	66	13	160	239
18.				66	13	161	240
19.	40-2D-K		140	90	13	162	265
20.				92	13	162	267
21.	40-1D-FG		100	66	13	157	236
22.				66	13	156	235
23.	40-2D-FG		140	88	13	157	258
24.				92	13	158	263

Forrás: a szerző szerkesztése.

A robbantási feladat során kétféle céltárgyat alkalmaztam a 18. táblázat szerinti elosztásban. A legnagyobb átmérőjű töltethez egy vastagabb céltárgy változat került

kialakításra, mert várható volt, hogy az átütési teljesítménye jelentősen nagyobb lesz, mint a kisebb céltárgy vastagsága.

18. táblázat: Az 1. robbantás céltárgyainak megoszlása

Fsz.	Töltet típusa	Céltárgy típusa
1.	30-1D-K	Összesen 20 mm vastag, nem homogén acél céltárgy: 5 db 4 mm vastagságú és egymásra hegesztett acéllemez, melynek felületi mérete 50x50 mm.
2.	30-2D-K	
3.	30-1D-FG	
4.	30-2D-FG	
5.	35-1D-K	
6.	35-2D-K	
7.	35-1D-FG	
8.	35-2D-FG	
9.	40-1D-K	Összesen 24 mm vastag, nem homogén acél céltárgy: 6 db 4 mm vastagságú és egymásra hegesztett acéllemez, melynek felületi mérete 50x50 mm.
10.	40-2D-K	
11.	40-1D-FG	
12.	40-2D-FG	

Forrás: a szerző szerkesztése.

A robbantásokhoz összesítve az alábbi robbanóanyagot és gyújtószerzt használtam fel:

- 500 fm 1-RV-58 utáskábel;
- 24 db BRWF/R villamos gyutacs;
- 2,619 kg Semtex-H plasztikus robbanóanyag.

A robbantási feladat elektromos hálózat kialakításával került végrehajtásra, méretcsoportonként egy tűzben. Ez a gyakorlatban 3 robbantást jelentett, robbantásonként pedig 8 töltetet, melyeket soros hálózatba kötött BRWF/R villamos gyutacsokkal iniciáltam.

A céltárgyakat és a rájuk helyezett tölteteket a talajban kialakított 300x300 mm alapterületű, 300 mm mély gödrökben helyeztem el. A gödröket egymástól a terep adottságainak figyelembe vételével, de minimum egymástól 5 m távolságra alakítottam ki.

A robbantási feladat – mivel a hagyományos robbantási tevékenységtől nem tér el – a Mű/213 Robbantási utasítás vonatkozó rendszabályai alapján került végrehajtásra. A biztonsági távolság a fémek robbantásra vonatkozó szabályok alapján lett meghatározva. A robbantások során több esetben előfordult, hogy néhány fémlap elvált a céltárgyokról, melyeket egy 25–30 m sugarú körön belül találtam meg a robbantások helyétől. Ez a kijelölt biztonsági zóna

határán jócskán belül volt. Előfordult, hogy a homokos talajba fúródott levált lapok nem kerültek elő, de ez nem befolyásolta a vizsgálat eredményességét, mert a legalsó lapok minden esetben rendelkezésre álltak. Ilyen formában az átütés minden kétséget kizáróan igazolható volt a céltárgyakon.

A tölteteket az alábbi munkafolyamattal készítettem el:³³⁰

1. A töltetházakat a béléstestekkel a feladatot megelőző napon összeszereltem, pillanatragasztóval (Loctite Super Bond Power Flex Gel) rögzítettem.
2. A helyszínen a tölteteket feltöltöttem plasztikus robbanóanyaggal (Semtex-H).
3. A feltöltött töltetekben kialakítottam a gyutacs helyét a formázó kupakkal.
4. A töltetek tömegét digitális mérleggel ellenőriztem.
5. A tölteteket pillanatragasztóval (Loctite Super Bond Power Flex Gel) rögzítettem a céltárgyakhhoz.
6. A céltárgyhoz rögzített tölteteket behelyeztem a robbantásra kialakított üregekbe.

A vizsgálati robbantás eredményeinek részletei:

1. töltet:



41. ábra: Az 1. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze

Forrás: a szerző szerkesztése.

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a legfelső lemez nem került elő;
- a második lemezen a behatolás átmérője 22 mm;
- a második lemezlapon a lyuktól körkörösen és sugár irányban kialakult korom nyomok találhatók;

³³⁰ EMBER István (2022d): Hatásvizsgálati robbantás kumulatív töltetekkel. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(4), 19. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.3.2>

- a közbenső lemezekben a lyuk pereme a kimeneti nyílás irányában kráterszerűen megnyúlt és elvékonyodott;
- a legalsó lemezen a kimeneti nyílás 26 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás szintén kráterszerű formával rendelkezik, melynek felső pereme elvékonyodott és repedések találhatók rajta.

2. töltet:



42. ábra: A 2. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze
 Forrás: a szerző szerkesztése.

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a legfelső lemezen a behatolás átmérője 37 mm;
- a legfelső lemez deformációja kráterszerű és jelentősen nagyobb a nyílás, mint a következő lemezen található;
- a második lemezen a behatolás átmérője 23 mm;
- a második lemezlapon a lyuktól körkörös kialakult korom nyomok találhatók;
- a közbenső lemezekben a lyuk pereme a kimeneti nyílás irányában kráterszerűen megnyúlt és elvékonyodott;
- a legalsó lemezen a kimeneti nyílás 25 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás szintén kráterszerű formával rendelkezik, melynek felső pereme elvékonyodott és repedések találhatók rajta.

3. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a legfelső lemezen a behatolás átmérője 28 mm;
- a legfelső lemez deformációja kráterszerű és jelentősen nagyobb a nyílás, mint a következő lemezen található;
- a második lemezen a behatolás átmérője 23 mm;

- a második lemezlap szinte teljesen korommal borított;
- a közbenső lemezekben a lyuk pereme a kimeneti nyílás irányában kráterszerűen megnyúlt és elvékonyodott;
- a legalsó lemezen a kimeneti nyílás 25 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás szintén kráterszerű formával rendelkezik, melynek felső pereme elvékonyodott és repedések találhatók rajta.



43. ábra: A 3. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze
Forrás: a szerző szerkesztése.

4. töltet:



44. ábra: A 4. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze
Forrás: a szerző szerkesztése.

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a legfelső lemezen a behatolás átmérője 36 mm;
- a legfelső lemez deformációja kráterszerű és jelentősen nagyobb a nyílás, mint a következő lemezen található;
- a második lemezen a behatolás átmérője 20 mm;
- a második lemezlapon sugár irányú korom nyomok találhatók;
- a közbenső lemezekben a lyuk pereme a kimeneti nyílás irányában kráterszerűen megnyúlt és elvékonyodott;
- a legalsó lemezen a kimeneti nyílás 30 mm átmérőjű;

- a kimeneti nyílás szintén krátterszerű formával rendelkezik, melynek felső pereme elvékonyodott és repedések találhatók rajta.

5. töltet:

- a töltet nem okozott átütést a céltárgyon;
- a legfelső lemez nem került elő;
- a második lemezen a behatolás átmérője 28 mm;
- a második lemezlapon a lyuktól körkörösén és sugár irányban kialakult korom nyomok találhatók;
- a kialakult üreg aljában az alsóbb lemezekből kiszakított korong alakú lapok láthatók összepréselődve;
- a legalsó lemezen nincs kimeneti nyílás, félgömb alakban deformálódott.



45. ábra: Az 5. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze

Forrás: a szerző szerkesztése.

6. töltet:



46. ábra: A 6. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze

Forrás: a szerző szerkesztése.

- a töltet nem okozott átütést a céltárgyon;
- a legfelső lemez nem került elő;
- a második lemezen a behatolás átmérője 29 mm;

- a második lemezlapon a lyuktól körkörösén és sugár irányban kialakult korom nyomok találhatóak;
- a kialakult üreg aljában az alsóbb lemezekből kiszakított korong alakú lapok láthatók összepréselődve;
- a legalsó lemezen nincs kimeneti nyílás, félgömb alakban deformálódott.

7. töltet:

- a töltet részleges átütést okozott a céltárgyon;
- a legfelső lemez nem került elő;
- a második lemezen a behatolás átmérője 25 mm;
- a második lemezlapon szinte teljes egészében körkörös és sugár irányú korom nyomokkal borított;
- a kialakult üreg aljában az alsóbb lemezekből kiszakított korong alakú lapok láthatók összepréselődve;
- a legalsó lemezen részleges kimeneti nyílás alakult ki.



47. ábra: A 7. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze
 Forrás: a szerző szerkesztése.

8. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a legfelső lemez nem került elő;
- a második lemezen a behatolás átmérője 25 mm;
- a második lemezlapon a lyuktól körkörösén és sugár irányban kialakult korom nyomok találhatóak;
- a közbenső lemezekben a lyuk pereme a kimeneti nyílás irányában kismértékben kráterszerűen megnyúlt és elvékonyodott;
- a legalsó lemezen a kimeneti nyílás 28 mm átmérőjű;

- a kimeneti nyílás szintén krátterszerű formával rendelkezik, melynek felső pereme elvékonyodott és repedések találhatók rajta.



48. ábra: A 8. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legsó lemeze
 Forrás: a szerző szerkesztése.

9. töltet:



49. ábra: A 9. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legsó lemeze
 Forrás: a szerző szerkesztése.

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a legfelső lemez nem került elő;
- a második lemezen a behatolás átmérője 28 mm;
- a második lemezlapon a lyuktól körkörösén és sugár irányban kialakult korom nyomok találhatók;
- a közbenső lemezeken a lyuk pereme a kimeneti nyílás irányában kismértékben krátterszerűen megnyúlt és elvékonyodott;
- a legsó lemezen a kimeneti nyílás 30 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás szintén krátterszerű formával rendelkezik, melynek felső pereme elvékonyodott és repedések találhatók rajta.

10. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;

- a legfelső lemezen a behatolás átmérője 35 mm;
- a legfelső lemez deformációja kráterszerű, nagyobb, mint a következő lemezen található;
- a második lemezen a behatolás átmérője 28 mm;
- a második lemezlapon a lyuktól meghatározóan sugár irányban kialakult korom nyomok találhatóak;
- a közbenső lemezek a lyuk pereme a kimeneti nyílás irányában kismértékben kráterszerűen megnyúlt és elvékonyodott;
- a legalsó lemezen a kimeneti nyílás 30 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás szintén kráterszerű formával rendelkezik, melynek felső pereme elvékonyodott és repedések találhatóak rajta.



50. ábra: A 10. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze

Forrás: a szerző szerkesztése.

11. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a legfelső lemezen a behatolás átmérője 34 mm;
- a legfelső lemez deformációja kráterszerű, nagyobb, mint a következő lemezen található;
- a második lemezen a behatolás átmérője 23 mm;
- a második lemezlapon a lyuktól sugár irányban korom nyomok találhatóak, de ezek az eddig tapasztaltakhoz képest csekély mennyiségben vannak jelen;
- a közbenső lemezek a lyuk pereme a kimeneti nyílás irányában kismértékben kráterszerűen megnyúlt és elvékonyodott;
- a legalsó lemezen a kimeneti nyílás 30 mm átmérőjű;

- a kimeneti nyílás szintén krátterszerű formával rendelkezik, melynek felső pereme elvékonyodott és repedések találhatók rajta.



51. ábra: A 11. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze

Forrás: a szerző szerkesztése.

12. töltet:



52. ábra: A 12. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze

Forrás: a szerző szerkesztése.

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a legfelső lemezen a behatolás átmérője 25 mm;
- a legfelső lemez deformációja krátterszerű, nagyobb, mint a következő lemezen található;
- a második lemezen a behatolás átmérője 24 mm;
- a második lemezlapon a lyuktól sugár irányban korom nyomok találhatók;
- a közbenső lemezeken a lyuk pereme a kimeneti nyílás irányában kismértékben krátterszerűen megnyúlt és elvékonyodott;
- a kialakult üreg hozzávetőleg egységes átmérővel rendelkezik;
- a legalsó lemezen a kimeneti nyílás 25 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás szintén krátterszerű formával rendelkezik, melynek felső pereme elvékonyodott és repedések találhatók rajta.

13. töltet:

- a töltet nem okozott átütést a céltárgyon;
- a legfelső lemez nem került elő;
- a második lemezen a behatolás átmérője 35 mm;
- a második lemezlapon alapvetően sugár irányban kialakult korom nyomok találhatók;
- a kialakult üreg aljában az alsóbb lemezekből kiszakított korong alakú lapok láthatók összepréselődve;
- a legalsó lemezen nincs kimeneti nyílás, félgömb alakban deformálódott, melyen felületi repedés látható.



53. ábra: A 13. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze

Forrás: a szerző szerkesztése.

14. töltet:



54. ábra: A 14. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze

Forrás: a szerző szerkesztése.

- a töltet nem okozott átütést a céltárgyon;
- a legfelső lemezen a kialakult lyuk 47 mm átmérőjű;
- a második lemezen a behatolás átmérője 35 mm;
- a második lemezlapon sugár irányban kialakult korom nyomok találhatók;

- a kialakult üreg aljában az alsóbb lemezekből kiszakított korong alakú lapok láthatók összepréselődve;
- a legelső lemezen nincs kimeneti nyílás, félgömb alakban deformálódott.

15. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a legfelső lemezen a behatolás átmérője 43 mm;
- a legfelső lemez deformációja kráterszerű, nagyobb, mint a következő lemezen található;
- a második lemezen a behatolás átmérője 32 mm;
- a második lemezlapon a lyuktól körkörösén és sugár irányban korom nyomok találhatóak;
- a közbenső lemezekben a lyuk pereme a kimeneti nyílás irányában kismértékben kráterszerűen megnyúlt és elvékonyodott;
- a legelső lemezen a kimeneti nyílás 32 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás szintén kráterszerű formával rendelkezik, melynek felső pereme elvékonyodott és repedések találhatóak rajta.



55. ábra: A 15. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legelső lemeze

Forrás: a szerző szerkesztése.

16. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a legfelső lemezen a behatolás átmérője 42 mm;
- a legfelső lemez deformációja kráterszerű, nagyobb, mint a következő lemezen található;
- a második lemezen a behatolás átmérője 25 mm;

- a második lemezlapon a lyuktól körkörösén és sugár irányban korom nyomok találhatóak;
- a közbenső lemezek a lyuk pereme a kimeneti nyílás irányában kismértékben krátterszerűen megnyúlt és elvékonyodott;
- a legalsó lemezen a kimeneti nyílás 25 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás szintén krátterszerű formával rendelkezik, melynek felső pereme elvékonyodott és repedések találhatóak rajta.



56. ábra: A 16. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze

Forrás: a szerző szerkesztése.

17. töltet:



57. ábra: A 17. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze

Forrás: a szerző szerkesztése.

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a legfelső lemezen a behatolás átmérője 51 mm;
- a legfelső lemez deformációja krátterszerű, nagyobb, mint a következő lemezen található;
- a második lemezen a behatolás átmérője 30 mm;
- a második lemez deformációja kismértékben krátterszerű, nagyobb, mint a harmadik lemezen található;

- a második lemezlap szinte teljesen korommal borított;
- a közbenső lemezeken a lyuk pereme a kimeneti nyílás irányában kismértékben kráterszerűen megnyúlt és elvékonyodott;
- a legalsó lemezen a kimeneti nyílás 30 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás szintén kráterszerű formával rendelkezik, melynek felső pereme elvékonyodott és repedések találhatók rajta.

18. töltet:



58. ábra: A 18. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze

Forrás: a szerző szerkesztése.

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a legfelső lemezen a behatolás átmérője 51 mm;
- a legfelső lemez deformációja kráterszerű, nagyobb, mint a harmadik lemezen található;
- a második lemez nem került elő;
- a harmadik lemezen a behatolás átmérője 35 mm;
- a harmadik lemezlap szinte teljesen korommal borított;
- a közbenső lemezeken a lyuk pereme a kimeneti nyílás irányában kismértékben kráterszerűen megnyúlt és elvékonyodott;
- a legalsó lemezen a kimeneti nyílás 33 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás szintén kráterszerű formával rendelkezik, melynek felső pereme elvékonyodott és repedések találhatók rajta.

19. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a legfelső lemezen a behatolás átmérője 50 mm;
- a legfelső lemez deformációja kráterszerű, nagyobb, mint a következő lemezen található;

- a második lemezen a behatolás átmérője 30 mm;
- a második lemez deformációja kismértékben krátterszerű, nagyobb, mint a harmadik lemezen található;
- a második lemezlap kismértékben, körkörösén korommal borított;
- a közbenső lemezek a lyuk pereme a kimeneti nyílás irányában kismértékben krátterszerűen megnyúlt és elvékonyodott;
- a legalsó lemezen a kimeneti nyílás 30 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás szintén krátterszerű formával rendelkezik, melynek felső pereme elvékonyodott és repedések találhatók rajta.



59. ábra: A 19. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze

Forrás: a szerző szerkesztése.

20. töltet:



60. ábra: A 20. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze

Forrás: a szerző szerkesztése.

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a legfelső lemezen a behatolás átmérője 60 mm;
- a legfelső lemez deformációja krátterszerű, nagyobb, mint a következő lemezen található;

- a harmadik lemezen a behatolás átmérője 32 mm;
- a második lemez nem került elő;
- a harmadik lemezlap kismértékben, sugár irányban korommal borított;
- a közbenső lemezeken a lyuk pereme a kimeneti nyílás irányában kismértékben krátterszerűen megnyúlt és elvékonyodott;
- a legalsó lemezen a kimeneti nyílás 32 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás szintén krátterszerű formával rendelkezik, melynek felső pereme elvékonyodott és repedések találhatók rajta.

21. töltet:



61. ábra: A 21. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze

Forrás: a szerző szerkesztése.

- a töltet nem okozott átütést a céltárgyon;
- a legfelső lemez nem került elő;
- a második lemezen a behatolás átmérője 45 mm;
- a második lemezen a lyuk pereme kismértékben kifelé hajlik;
- a második lemezlapon döntően sugár irányban kialakult korom nyomok találhatók, de szinte teljesen korommal fedett;
- a kialakult üreg aljában az alsóbb lemezekből kiszakított korong alakú lapok láthatók összepréselődve;
- a legalsó lemezen nincs kimeneti nyílás, félgömb alakban deformálódott.

22. töltet:

- a töltet nem okozott átütést a céltárgyon;
- a legfelső lemez nem került elő;
- a második lemezen a behatolás átmérője 42 mm;
- a második lemezen a lyuk pereme kismértékben kifelé hajlik;

- a második lemezlapon döntően sugár irányban kialakult korom nyomok találhatók, de szinte teljesen korommal fedett;
- a kialakult üreg aljában az alsóbb lemezekből kiszakított korong alakú lapok láthatók összepréselődve;
- a legalsó lemezen nincs kimeneti nyílás, félgömb alakban deformálódott.



62. ábra: A 22. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze

Forrás: a szerző szerkesztése.

23. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a harmadik lemezen a behatolás átmérője 38 mm;
- a legfelső és a második lemez nem került elő;
- a harmadik lemezlap kismértékben, körkörösén korommal borított;
- a közbenső lemezekben a lyuk pereme a kimeneti nyílás irányában kismértékben krátterszerűen megnyúlt és elvékonyodott;
- a legalsó lemezen a kimeneti nyílás 32 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás szintén krátterszerű formával rendelkezik, melynek felső pereme elvékonyodott és repedések találhatók rajta.



63. ábra: A 23. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze

Forrás: a szerző szerkesztése.

24. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a legfelső lemezen a behatolás átmérője 50 mm;
- a legfelső lemez deformációja krátterszerű, nagyobb, mint a következő lemezen található;
- a második lemezen a behatolás átmérője 40 mm, a lyuk pereme a legfelső lemez felé hajlik;
- a második lemez kismértékben, körkörösén korommal fedett;
- a közbenső lemezek a lyuk pereme a kimeneti nyílás irányában kismértékben krátterszerűen megnyúlt és elvékonyodott;
- a legalsó lemezen a kimeneti nyílás 40 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás szintén krátterszerű formával rendelkezik, melynek felső pereme elvékonyodott és repedések találhatók rajta.



64. ábra: A 24. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze

Forrás: a szerző szerkesztése.

A 30 mm-es belső átmérőjű, kúp alakú béléstestek mindkét eltartás esetében sikeresen átütötték a céltárgyakat. A 30 mm-es fókusztávolságú változatok a felső lemezlapon nagyobb átmérőjű lyukat ütöttek. Ennek feltételezhető oka, hogy a lemezek közötti részbe jutott a robbanás energiája és ez okozott belülről visszaáramlást. Ezt a kifelé domborodó legfelső lemezek, valamint a korom nyomok is igazolják a közbenső lemezek. A nagyobb, 60 mm-es eltartás kisebb lyukat eredményezett a felső lemezen, és a kimeneti nyílás jobban szétnyílt, mint a 30 mm-es változat esetében.

A 30 mm-es belső átmérőjű, kúp alakú béléstestek 30 mm-es fókusztávolság esetén nem értek el átütést. A lemezlapokból gyakorlatilag kivágott korongok az üreg aljában préselődtek egymáshoz. A 60 mm-es eltartás esetében ez utóbbi jelenség szintén azonosítható volt, viszont előfordult részleges átütés és teljes átütés is. Mindezek ellenére nem igazolható minden kétséget

kizáróan, hogy a félgömb béléstest hatékonysága ezekkel a töltetparaméterekkel eléri a kúpét, sőt jelentősen elmarad tőle.

A 35 mm-es belső átmérőjű, kúp alakú béléstestek 35 mm-es és 70 mm-es fókusztávolság esetén is sikeresen átütötték a céltárgyakat. A töltetek egyező képet produkáltak a céltárgyakon, hatékonyságuk kielégítőnek tekinthető.

A 35 mm-es belső átmérőjű, félgömb alakú béléstestek 35 mm-es eltartás esetén nem értek el átütést. A fent említett korongok itt is azonosíthatók voltak a céltárgyak üregeiben. A nagyobb, 70 mm-es eltartás esetén teljes átütés volt tapasztalható, mind a két töltet kielégítő teljesítményt mutatott.

A 40 mm-es belső átmérőjű, kúp alakú béléstestek 40 mm-es és 80 mm-es fókusztávolság esetén is sikeresen átütötték a céltárgyakat. Mind a négy töltet egyformán teljesítette az elvártakat, mely a korábbi eredmények ismeretében nem volt meglepő.

A 40 mm-es belső átmérőjű, félgömb alakú béléstestek 40 mm-es fókusztávolság esetén ebben az esetben sem értek el átütést. A kimetszett korongok itt is felgyűltek az üregek aljában, de meglepő módon ez a viszonylag nagy robbanóanyag töltetű változat sem volt képes a legalsó lemezlap deformálásánál nagyobb eredményt felmutatni. A 80 mm-es eltartású változatok viszont kielégítően teljesítették az elvártakat és teljes átütést okoztak.

A robbantások eredményei egyértelműen rámutattak, hogy ezekkel a paraméterekkel készült töltetek esetében a kumulatív béléskúp tekintetében a kúp forma hatékonysága a vizsgált fókusztávolságokon több mint kielégítő. Mind a 12 töltet teljesítette az elvárt átütési célokat. A 30 mm-es belső átmérőjű béléstest változatok rámutattak a robbanóanyag töltet és az eltartás helyes megválasztásának szerepére, mert itt már voltak könnyen azonosítható eltérések a kialakult üregekben.

A félgömb forma alkalmazását a további vizsgálatoknál elvettem, mivel a kis eltartással készült változatok egyike sem volt eredményes és a nagyobb fókusztávolság esetén sem minden esetben volt egységes a kialakult eredmény.

A céltárgyak esetében meg kell említenem, hogy ugyan beváltották a hozzájuk fűzött reményeket és sikerült szűkítenem általuk a vizsgált töltetek változatait, de vélhetően nem helyettesítik a homogén acél céltárgyakat. A lemezek között anyagbeáramlás volt azonosítható, mely a töltet, a robbanás hatékonyságának a csökkenését jelentheti és ez elsőre akár egy nehezítő tényezőnek is tűnhet a homogén változathoz képest. Azt azonban a kialakult üregek vizsgálatakor sikerült azonosítani, hogy az alsóbb lemezek lefelé egymásba nyílván, nyíró hatást

kifejtve segítették az átütés folyamatát. Vélhetően ez utóbbi hatás erősebben érvényesült, mint az első.

A további vizsgálatok során szükségesnek tartom a töltet méretének optimalizálását, mert a fent vizsgált legkisebb változat is képes volt a kitűzött 15 mm-es átütéshez képes jelentősen nagyobb teljesítményre. Ennek tekintetében 25, illetve 20 mm-es belső átmérővel rendelkező, kúp alakú béléstestek átütésének hatékonyságát tartom szükségesnek megvizsgálni, de már kizárólag homogén acél céltárgy alkalmazásával, hogy minél inkább hitelesebb eredmények születhessenek.

4.7.2 A második robbantási sorozat eredményei

A robbantásra szintén Táborfalván, az MH BGCSP kijelölt robbantási területén került sor 2022. április 22-én. A feladat végrehajtásában ismét az MH 1. TFE szakállománya segített. Az időjárás felhős volt, közepes erősségű széllel, időszakosan esővel, a hőmérséklet 12°C körül alakult.

A robbantás során összesen 18 töltet hatékonyságát vizsgáltam a 19. táblázat szerinti megoszlásban.

19. táblázat: A 2. robbantás tölteteinek megoszlása

Fsz.	Béléstest belső átmérője	Alkalmazott fókusz távolság	Béléstest forma	Béléstest anyag	Mennyiség (db)
1.	30 mm	1D	kúp	PLA	3
2.		2D			3
3.	25 mm	1D			3
4.		2D			3
5.	20 mm	1D			3
6.		2D			3
Összesen					18

Forrás: a szerző szerkesztése.

A kinyomtatott és készre szerelt töltetek mérete és tömege a 20. táblázat szerint alakult.

20. táblázat: A 2. robbantás tölteteinek paramétereit

Fsz.	Típus	Töltetház átmérője (mm)	Töltetház magassága (mm)	Töltetház tömege (g)	Béléstest tömege (g)	Robb.ag. tömege (g)	Szerelt tömeg (g)
1.	30-1D-K	46	80	41,0	3,8	76,3	121,1
2.				41,7	3,8	75,5	121,0
3.				41,8	3,9	76,2	121,9
4.	30-2D-K		110	53,9	3,9	75,6	133,4
5.				53,6	3,8	75,3	132,7
6.				54,1	3,8	75,7	133,6
7.	25-1D-K	41	70	32,0	5,4	48,8	86,2
8.				32,0	5,4	49,7	87,1
9.				31,9	5,4	48,6	85,9
10.	25-2D-K		95	43,0	5,4	48,9	97,3
11.				42,9	5,4	48,8	97,1
12.				42,6	5,4	49,2	97,2
13.	20-1D-K	36	61	24,5	3,8	33,3	61,6
14.				24,5	3,9	33,0	61,4
15.				24,4	3,8	32,8	61,0
16.	20-2D-K		81	32,2	3,9	32,5	68,6
17.				31,8	3,8	32,5	68,1
18.				30,8	3,8	33,3	67,9

Forrás: a szerző szerkesztése.

A töltetek típusainak az elnevezése megegyezett az első robbantásnál alkalmazottal.

21. táblázat: A 2. robbantás céltárgyainak megoszlása

Fsz.	Típus	Céltárgy
1.	20-1D-K	1 db 15 mm vastag homogén acéllemez, melynek felületi mérete 60x60 mm.
2.	20-2D-K	
3.	25-1D-K	
4.	25-2D-K	
5.	30-1D-K	1 db 25 mm vastag homogén acéllemez, melynek felületi mérete 80x80 mm.
6.	30-2D-K	

Forrás: a szerző szerkesztése.

A robbantási feladat során kétféle céltárgyat alkalmaztam a 21. táblázat szerinti elosztásban. A 30 mm-es béléstest belső átmérőjű töltethez egy vastagabb céltárgy változat került kialakítására, mert az első robbantási sorozat eredményei arra engedtek következtetni, hogy képes lesz átlukasztani 25 mm homogén acélt. A kisebb töltetknél az elvárt 15 mm-es átütés vizsgálatának érdekében ilyen vastagságú homogén acéllapokat alkalmaztam.

A robbantásokhoz összesítve az alábbi robbanóanyagot és gyújtószert használtam fel:

- 500 fm 1-RV-58 utáskábel;
- 18 db BRWF/R villamos gyutacs;
- 0,946 kg Semtex-H plasztikus robbanóanyag.

A robbantási feladat elektromos hálózat kialakításával került végrehajtásra, méretcsoportonként egy tűzben. Ez a gyakorlatban 3 robbantást jelentett, robbantásonként pedig 6 töltetet, melyeket soros kapcsolású hálózatba kötött BRWF/R villamos gyutacsokkal iniciáltam.

A céltárgyakat és a rájuk helyezett tölteteket az első robbantásnál kialakított gyakorlattal helyeztem el a robbantótéren. A robbantási tevékenység egyéb körülményei szintén az első robbantásoknál alkalmazottak voltak. A céltárgyak mindegyike a kialakított gödörből került elő, repeszképződést az indítóhelyről nem tapasztaltam.

Mivel ennél a sorozatnál már a gyutacsok megvezetéséhez és központi helyzetben tartásához a töltetet egy kupakkal kiegészítettem, az elkészítés folyamata megváltozott az alábbiak szerint:³³¹

1. A töltetházakat a béléstestekkel a feladatot megelőző napon összeszereltem, pillanatragasztóval (Loctite Super Bond Power Flex Gel) rögzítettem.
2. A helyszínen a tölteteket feltöltöttem plasztikus robbanóanyaggal (Semtex-H).
3. A feltöltött töltetekben kialakítottam a gyutacs helyét a formázó kupakkal.
4. A töltetek tömegét digitális mérleggel ellenőriztem.
5. Felhelyeztem a gyutacs megvezetésére és támasztására szolgáló kupakot a töltetházra.
6. A tölteteket pillanatragasztóval (Loctite Super Bond Power Flex Gel) rögzítettem a céltárgyakhoz.
7. A céltárgyhoz rögzített tölteteket behelyeztem a robbantásra kialakított üregekbe.

³³¹ EMBER István (2022g): 3D nyomtatott lyukasztó töltetek hatásvizsgálata. *Hadmérnök*, 17(4), 63–73. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2022.4.5>

A vizsgálati robbantás eredményeinek részletei:

1. töltet:

- a töltet nem okozott átütést a céltárgyon;
- a behatolás átmérője 23 mm;
- a bemeneti nyílás körül viszonylag szabályos perem alakult ki, melynek legnagyobb magassága 9 mm;
- a lyuk viszonylag homogén átmérővel rendelkezik, mélysége 22 mm;
- a céltárgy alján jól látható az anyag ~9 mm magas megnyúlása.



65. ábra: Az 1. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja
Forrás: a szerző szerkesztése.

2. töltet:

- a töltet nem okozott átütést a céltárgyon;
- a behatolás átmérője 22 mm;
- a bemeneti nyílás körül viszonylag szabályos perem alakult ki, melynek legnagyobb magassága 9 mm;
- a lyuk viszonylag homogén átmérővel rendelkezik, mélysége 22 mm;
- a céltárgy alján jól látható az anyag ~9 mm magas megnyúlása.



66. ábra: A 2. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja
Forrás: a szerző szerkesztése.

3. töltet:

- a töltet nem okozott átütést a céltárgyon;
- a behatolás átmérője 23 mm;
- a bemeneti nyílás körül viszonylag szabályos perem alakult ki, melynek legnagyobb magassága 9 mm;
- a lyuk viszonylag homogén átmérővel rendelkezik, mélysége 22 mm;
- a céltárgy alján jól látható az anyag ~9 mm magas megnyúlása.



67. ábra: A 3. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja

Forrás: a szerző szerkesztése.

4. töltet:

- a töltet nem okozott átütést a céltárgyon;
- a behatolás átmérője 25 mm, mely 15 mm-re szűkül;
- a bemeneti nyílás körül kissé szabálytalan perem alakult ki, melynek legnagyobb magassága 4 mm;
- a lyuk szűkülő, nem homogén átmérő mentén formálódott, mélysége 18 mm;
- a céltárgy alján jól látható az anyag ~6 mm magas megnyúlása.



68. ábra: A 4. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja

Forrás: a szerző szerkesztése.

5. töltet:

- a töltet nem okozott átütést a céltárgyon;
- a behatolás átmérője 25 mm, mely 15 mm-re szűkül;
- a bemeneti nyílás körül kissé szabálytalan perem alakult ki, melynek legnagyobb magassága 5 mm;
- a lyuk szűkülő, nem homogén átmérő mentén formálódott, mélysége 17 mm;
- a céltárgy alján jól látható az anyag ~7 mm magas megnyúlása.



69. ábra: Az 5. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja

Forrás: a szerző szerkesztése.

6. töltet:

- a töltet nem okozott átütést a céltárgyon;
- a behatolás átmérője 25 mm, mely 15 mm-re szűkül;
- a bemeneti nyílás körül kissé szabálytalan perem alakult ki, melynek legnagyobb magassága 4 mm;
- a lyuk szűkülő, nem homogén átmérő mentén formálódott, mélysége 21 mm;
- a céltárgy alján jól látható az anyag ~6 mm magas megnyúlása.



70. ábra: A 6. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja

Forrás: a szerző szerkesztése.

7. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a behatolás átmérője 18 mm;
- a bemeneti nyílás körül viszonylag szabályos perem alakult ki, melynek legnagyobb magassága 5 mm;
- a lyuk viszonylag homogén átmérővel rendelkezik;
- a kimeneti nyílás 17 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás körüli perem legnagyobb magassága 9 mm.



71. ábra: A 7. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja
Forrás: a szerző szerkesztése.

8. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a behatolás átmérője 19 mm;
- a bemeneti nyílás körül viszonylag szabályos perem alakult ki, melynek legnagyobb magassága 5 mm;
- a lyuk viszonylag homogén átmérővel rendelkezik;
- a kimeneti nyílás 18 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás körüli perem legnagyobb magassága 10 mm.



72. ábra: A 8. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja
Forrás: a szerző szerkesztése.

9. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a behatolás átmérője 19 mm;
- a bemeneti nyílás körül viszonylag szabályos perem alakult ki, melynek legnagyobb magassága 5 mm;
- a lyuk viszonylag homogén átmérővel rendelkezik;
- a kimeneti nyílás 19 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás körüli perem legnagyobb magassága 10 mm.



73. ábra: A 9. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja
Forrás: a szerző szerkesztése.

10. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a behatolás átmérője 17–20 mm;
- a bemeneti nyílás szabálytalan, melyet szabálytalan perem övez, aminek legnagyobb magassága 14 mm;
- a lyuk nem homogén átmérő mentén formálódott;
- a kimeneti nyílás 16 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás körüli szabálytalan perem legnagyobb magassága 14 mm.



74. ábra: A 10. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja
Forrás: a szerző szerkesztése.

11. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a behatolás átmérője 20 mm;
- a bemeneti nyílást szabálytalan perem övezi, aminek legnagyobb magassága 5 mm;
- a lyuk nem homogén átmérő mentén formálódott;
- a kimeneti nyílás 17 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás körüli szabálytalan perem legnagyobb magassága 12 mm.



75. ábra: A 11. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja

Forrás: a szerző szerkesztése.

12. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a behatolás átmérője 20 mm;
- a bemeneti nyílást szabálytalan perem övezi, aminek legnagyobb magassága 3 mm;
- a lyuk nem homogén átmérő mentén formálódott;
- a kimeneti nyílás 15–18 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás körüli szabálytalan perem legnagyobb magassága 9 mm.



76. ábra: A 12. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja

Forrás: a szerző szerkesztése.

13. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a behatolás átmérője 16 mm;
- a bemeneti nyílást viszonylag szabályos perem övezi, aminek legnagyobb magassága 14 mm;
- a lyuk viszonylag homogén átmérő mentén formálódott;
- a kimeneti nyílás 14 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás körüli perem legnagyobb magassága 10 mm és kissé befelé ível.



77. ábra: A 13. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja

Forrás: a szerző szerkesztése.

14. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a behatolás átmérője 15 mm;
- a bemeneti nyílást viszonylag szabályos perem övezi, aminek legnagyobb magassága 4 mm;
- a lyuk viszonylag homogén átmérő mentén formálódott;
- a kimeneti nyílás 15 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás körüli perem legnagyobb magassága 11 mm és kissé befelé ível.



78. ábra: A 14. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja

Forrás: a szerző szerkesztése.

15. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a behatolás átmérője 15 mm;
- a bemeneti nyílást viszonylag szabályos perem övezi, aminek legnagyobb magassága 3 mm;
- a lyuk viszonylag homogén átmérő mentén formálódott;
- a kimeneti nyílás 15 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás körüli perem legnagyobb magassága 13 mm és kissé befelé ível.



79. ábra: A 15. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja
Forrás: a szerző szerkesztése.

16. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a behatolás átmérője 12 mm;
- a bemeneti nyílást szabálytalan perem övezi, aminek legnagyobb magassága 3 mm;
- a lyuk nem homogén átmérő mentén formálódott;
- a kimeneti nyílás 12 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás körüli szabálytalan perem legnagyobb magassága 9 mm és kissé kifelé ível.



80. ábra: A 16. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja
Forrás: a szerző szerkesztése.

17. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a behatolás átmérője 13 mm;
- a bemeneti nyílást szabálytalan perem övezi, aminek legnagyobb magassága 4 mm;
- a lyuk nem homogén átmérő mentén formálódott;
- a kimeneti nyílás 12 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás körüli szabálytalan perem legnagyobb magassága 9 mm és kissé kifelé ível.



81. ábra: A 17. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja

Forrás: a szerző szerkesztése.

18. töltet:

- a töltet teljes átütést okozott a céltárgyon;
- a behatolás átmérője 14 mm;
- a bemeneti nyílást szabálytalan perem övezi, aminek legnagyobb magassága 2 mm;
- a lyuk nem homogén átmérő mentén formálódott;
- a kimeneti nyílás 13 mm átmérőjű;
- a kimeneti nyílás körüli szabálytalan perem legnagyobb magassága 7 mm és kissé kifelé ível.



82. ábra: A 18. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja

Forrás: a szerző szerkesztése.

A 30 mm-es béléstest belső átmérővel készített tölteteknél átütés egyik esetben sem történt, így kijelenthető, hogy 25 mm-es átütést homogén acél esetében nem képesek elérni. A nagyobb, 60 mm-es eltartású változat esetében szabálytalanabb üreget alakult ki, és a behatolás is elmaradt a kisebb, 30 mm-es fókusztávolságú változathoz képest. Ez az eredmény a kisebb változat jobb átütési képességét jelzi előre. A kialakult üregek alapján 20 mm körüli átütés realizálható, de ennek igazolására még további vizsgálatok szükségesek.

A 25 mm-es béléstest belső átmérővel készített tölteteknél minden esetben teljes átütés történt a 15 mm vastag céltárgyakon, ezért kijelenthető, hogy a 15 mm homogén acél átlyukasztása nagy valószínűséggel mindig teljesíthető ezekkel a töltetekkel. A nagyobb, 50 mm-es eltartás szabálytalanabb üreget eredményezett, mely eredmény a kisebb, 25 mm-es fókusztávolság alkalmazását valószínűsíti hatékonyabbnak.

A 20 mm-es béléstest belső átmérővel készített tölteteknél minden esetben teljes átütés történt a 15 mm vastag céltárgyakon, így kijelenthető, hogy a 15 mm homogén acél átlyukasztása nagy valószínűséggel mindig teljesíthető ezekkel a töltetekkel is. A nagyobb, 40 mm-es eltartás ezeknél a változatoknál szabálytalanabb üreget eredményezett, mely adat a kisebb, 20 mm-es fókusztávolság alkalmazását valószínűsíti hatékonyabbnak. A kisebb változatok esetében a befelé ívelő kilépő peremek jelzik, hogy határérték közeli az átütési teljesítményük.

A penetrációs képesség tekintetében egyértelműen megállapítható, hogy a 25 és 20 mm-es béléstest belső átmérővel rendelkező töltetváltozatok mindegyike alkalmas 15 mm homogén acél kilyukasztására. A töltet optimalizáció szempontjából a továbbiakban alapvetően a kisebbeket fogom tovább tesztelni, figyelembe véve, hogy az átütési teljesítményükben már vélhetően nincs sok tartalék a 20 mm-es eltartású típusnál. Ez a helyzet a nagyobb, 40 mm-es fókusztávolságúnál a kilépő élek alakja miatt feltételezhetően nem áll fent.

4.7.3 A harmadik robbantási sorozat eredményei

A robbantásra ismételtén Táborfalván, az MH BGCSP kijelölt robbantási területén került sor. Időpontja 2022. június 29. volt. A feladat végrehajtásában az MH 1. TFE kijelölt szakállománya segített. Az időjárás napos (kánikula) volt és felhőtlen, a hőmérséklet tartósan 39°C.

A robbantás során összesen 18 töltet hatékonyságát vizsgáltam a 22. táblázat szerinti megoszlásban.

22. táblázat: A 3. robbantás tölteteinek megoszlása

Fsz.	Béléstest belső átmérője	Alkalmazott fókusz távolság	Béléstest forma	Béléstest anyag	Toldalék	Mennyiség (db)
1.	20 mm	1D	kúp	PLA	10,5 cm-es gránáthoz	3
2.		2D				3
3.		1D			122 mm-es gránáthoz	3
4.		2D				3
5.		1D			-	3
6.		2D			-	3
Összesen						18

Forrás: a szerző szerkesztése.

A második robbantásnál tesztelt egyes 20 mm-es béléstest belső átmérőjű tölteteket kiegészítettem egy toldalékkal, mely a céltárgyként használt tüzérségi gránátok falához való illeszkedést hivatott biztosítani. Ez a kis toldalék okozta a töltetek méreteiben a lentebb látható eltéréseket.

A kinyomtatott és készre szerelt töltetek mérete és tömege a 23. táblázat szerint alakult.

A töltetek típusainak az elnevezése megegyezett az első robbantásnál alkalmazottal, azonban kiegészítésre kerültek a fentebb jelzett toldalékkal, mert azok az adott céltárgy tüzérségi gránát űrméretéhez lettek kialakítva. Így egyszerűbb volt a töltetek megkülönböztetése az alkalmazásukkor. Azt is fontos megemlítenem, hogy a robbantásra nagyobb átmérőjű töltetekkel is készültem, annak érdekében, hogy a kisebbek sikertelenségekor ne legyen szükség ismétlésre. Szerencsére ezekre nem volt szükség.

Az autentikus eredmények igazolása érdekében közepes űrméretű tüzérségi gránátok gyakorló változatait választottam céltárgynak: 1 db 10,5 cm-es magyar repesz-romboló gyakorló tüzérségi gránát és 1 db 122 mm-es szovjet repesz-romboló gyakorló tüzérségi gránát. Ezekon túl készítettem egy speciális céltárgyat (83. ábra), amellyel a gránátba behatoló kumulatív sugár hatását modelleztem a detonátorpersely falán. Ennek érdekében egy 15 mm-es homogén acéllapot kiegészítettem hegesztéssel egy 4 mm vastag, „U” alakban hajlított acéllemezzel. A hajlított kialakítás következtében kialakult 20 mm-es légrés a lemez és a lap

között imitálja a vegyi töltetű tűzérési gránátokban a gránát belső fala és a detonátorpersely közötti távolságot.

23. táblázat: A 3. robbantás tölteteinek paraméterei

Fsz.	Típus	Töltetház átmérője (mm)	Töltetház magassága (mm)	Töltetház tömege (g)	Béléstarték tömege (g)	Robb.ag. tömege (g)	Szerelt tömeg (g)
1.	20-1D-K-10,5	36	64	24,7	3,8	32,6	61,1
2.				24,7	3,8	31,9	60,4
3.				24,8	3,8	32,5	61,1
4.	20-1D-K-122		63	25,9	3,8	32,0	61,7
5.				23,0	3,8	32,6	59,4
6.				25,1	3,8	32,1	61,0
7.	20-2D-K-10,5		84	32,5	3,8	32,0	68,3
8.				31,2	3,8	32,1	67,1
9.				32,4	3,8	31,3	67,5
10.	20-2D-K-122		83	30,9	3,8	31,9	66,6
11.				32,6	3,8	32,4	68,8
12.				32,5	3,8	31,6	67,9
13-22.	Tartalék töltetek, melyek nem kerültek felrobbantásra.						
23.	20-1D-K	36	61	24,4	3,8	31,8	60,0
24.				22,8	3,8	32,7	59,3
25.				24,7	3,8	32,4	60,9
26.	20-2D-K		81	31,2	3,8	32,0	67,0
27.				31,7	3,8	31,2	67,7
28.				32,0	3,8	32,8	68,6

Forrás: a szerző szerkesztése.

A robbantási feladat három féle céltárgyat alkalmaztam a 24. táblázat szerinti elosztásban.

24. táblázat: A 3. robbantás céltárgyainak megoszlása

Fsz.	Típus	Céltárgy
1.	20-1D-K-10,5	1 db 10,5 cm-es magyar repeszromboló tüzérségi gránát, gyakorló.
2.	20-2D-K-10,5	
3.	20-2D-K-10,5	1 db 122 mm-es szovjet repeszromboló tüzérségi gránát, gyakorló.
4.	20-2D-K-122	
5.	20-1D-K	6 db speciális céltárgy.
6.	20-2D-K	

Forrás: a szerző szerkesztése.

A robbantásokhoz összesítve az alábbi robbanóanyagot és gyújtószert használtam fel:

- 500 fm 1-RV-58 utáskábel;
- 18 db BRWF/R villamos gyutacs;
- 0,578 kg Semtex-H plasztikus robbanóanyag.

A robbantási feladat elektromos hálózat kialakításával került végrehajtásra. Ez a gyakorlatban hat robbantást jelentett, melyek során alkalmanként kettő, az utolsó sorozatban pedig nyolc töltetet vizsgáltam, melyeket soros hálózatba kötött BRWF/R villamos gyutacsokkal iniciáltam.



83. ábra: Speciális céltárgy

Forrás: a szerző szerkesztése.

A céltárgyakat és a rájuk helyezett tölteteket az első és a második robbantásnál kialakított gyakorlattal helyeztem el a robbantótéren. A tüzérségi gránátokat a méretük miatt a helyszínen talált korábbi robbantások tölcseireiben helyeztem el. A robbantási tevékenység egyéb körülményei szintén az első és második robbantásoknál alkalmazottak voltak. A céltárgyak mindegyike előkerült, repeszképződést az indítóhelyről nem tapasztaltam.

A töltetek összeszerelése tekintetében a folyamaton nem változtattam a második robbantásnál bemutatott eljáráshoz képest.

A vizsgálati robbantás eredményeinek részletei:

1. töltet:



84. ábra: Az 1. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után

Forrás: a szerző szerkesztése.

- teljes átütés a gránát falán;
- a lyuk homogén és 13 mm átmérőjű;
- a lyuk középpontja a hengeres részen található, 72 mm-re a vezetőgyűrűtől;
- a lyuk körül cca. 2 mm magas perem látható.

2. töltet:



85. ábra: A 2. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után

Forrás: a szerző szerkesztése.

- nincs teljes átütés a gránát falán, 16 mm-es a behatolás;
- a lyuk homogén és 12 mm átmérőjű;

- a lyuk középpontja a hengeres részen található, 28 mm-re a vezetőgyűrűtől (itt az anyagvastagság cca. 18 mm);
- a lyuk körül cca. 2 mm magas perem látható.

3. töltet:

- teljes átütés a gránát falán;
- a lyuk homogén és 12 mm átmérőjű;
- a lyuk középpontja a hengeres részen található, 73 mm-re a vezetőgyűrűtől;
- a lyuk körül cca. 2 mm magas perem látható.



86. ábra: A 3. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után

Forrás: a szerző szerkesztése.

4. töltet:

- teljes átütés a gránát falán;
- a lyuk homogén és 13 mm átmérőjű;
- a lyuk középpontja a hengeres részen található, 58 mm-re a vezetőgyűrűtől;
- a lyuk körül 20–35 mm átmérőig anyagtüredezés látható.



87. ábra: A 4. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után

Forrás: a szerző szerkesztése.

5. töltet:

- teljes átütés a gránát falán;
- a lyuk homogén és 13 mm átmérőjű;

- a lyuk középpontja a hengeres részen található, 62 mm-re a vezetőgyűrűtől;
- a lyuk körül 15–30 mm átmérőig anyagtüredezés látható.



88. ábra: Az 5. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után

Forrás: a szerző szerkesztése.

6. töltet:

- teljes átütés a gránát falán;
- a lyuk homogén és 12 mm átmérőjű;
- a lyuk középpontja a hengeres részen található, 61 mm-re a vezetőgyűrűtől;
- a lyuk körül 25–30 mm átmérőig anyagtüredezés látható.



89. ábra: A: 6. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után

Forrás: a szerző szerkesztése.

7. töltet:

- teljes átütés a gránát falán;
- a lyuk 10–12 mm átmérőjű;
- a lyuk középpontja a hengeres részen található, 75 mm-re a vezetőgyűrűtől;
- a lyuk körül cca. 3 mm magas perem látható.



90. ábra: A 7. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után

Forrás: a szerző szerkesztése.

8. töltet:

- teljes átütés a gránát falán;
- a lyuk 9 mm átmérőjű;
- a lyuk középpontja a hengeres részen található, 77 mm-re a vezetőgyűrűtől;
- a lyuk körül cca. 2 mm magas perem látható.



91. ábra: A 8. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után

Forrás: a szerző szerkesztése.

9. töltet:



92. ábra: A 9. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után

Forrás: a szerző szerkesztése.

- teljes átütés a gránát falán;
- a lyuk 12 mm átmérőjű;
- a lyuk középpontja a hengeres részen található, 71 mm-re a vezetőgyűrűtől;
- a lyuk körül cca. 1 mm magas perem látható.

10. töltet:

- teljes átütés a gránát falán;
- a lyuk 10 mm átmérőjű;
- a lyuk középpontja a hengeres részen található, 53 mm-re a vezetőgyűrűtől;
- a lyuk körül 20–25 mm átmérőig anyagtüredezés látható.



93. ábra: A 10. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után

Forrás: a szerző szerkesztése.

11. töltet:

- teljes átütés a gránát falán;
- a lyuk 10 mm átmérőjű;
- a lyuk középpontja a hengeres részen található, 53 mm-re a vezetőgyűrűtől;
- a lyuk körül 20 mm átmérőig anyagtüredezés látható.



94. ábra: A 11. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után

Forrás: a szerző szerkesztése.

12. töltet:

- teljes átütés a gránát falán;
- a lyuk 11–12 mm átmérőjű;
- a lyuk középpontja a hengeres részen található, 54 mm-re a vezetőgyűrűtől;
- a lyuk körül csekély anyagtüredezés látható.



95. ábra: A 12. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után

Forrás: a szerző szerkesztése.

23. töltet:



96. ábra: A 23. töltet céltárgya felülről, oldalról és alulról a robbantás után

Forrás: a szerző szerkesztése.

- teljes átütés a speciális céltárgy felső lemezén;
- a lyuk homogén, 13 mm átmérőjű;
- a lyuk körül éles perem a belépő és kilépő felületeken, mely a belépő felületnél cca. 4 mm magas;
- az alsó lemezen deformitás látható, átütés nem történt.

24. töltet:

- teljes átütés a speciális céltárgy felső lemezén;
- a lyuk homogén, 14 mm átmérőjű;

- a lyuk körül éles perem a belépő és kilépő felületeken, mely a belépő felületnél cca. 4 mm magas;
- az alsó lemezen deformitás látható, átütés nem történt.



97. ábra: A 24. töltet céltárgya felülről, oldalról és alulról a robbantás után

Forrás: a szerző szerkesztése.

25. töltet:



98. ábra: A 25. töltet céltárgya felülről, oldalról és alulról a robbantás után

Forrás: a szerző szerkesztése.

- teljes átütés a speciális céltárgy felső lemezén;
- a lyuk homogén, 14 mm átmérőjű;
- a lyuk körül éles perem a belépő és kilépő felületeken, mely a belépő felületnél cca. 4 mm magas;
- az alsó lemezen deformitás látható, átütés nem történt.

26. töltet:

- teljes átütés a speciális céltárgy felső lemezén;
- a lyuk nem homogén, a belépő felületen az átmérő 15 mm, mely hirtelen szűkül 8–11 mm-re;

- a lyuk körül perem található a belépő és kilépő felületeken, mely a belépő felületnél cca. 3 mm magas;
- az alsó lemezen deformitás látható, átütés nem történt.



99. ábra: A 26. töltet céltárgya felülről, oldalról és alulról a robbantás után

Forrás: a szerző szerkesztése.

27. töltet:



100. ábra: A 27. töltet céltárgya felülről, oldalról és alulról a robbantás után

Forrás: a szerző szerkesztése.

- teljes átütés a speciális céltárgy felső lemezén;
- a lyuk nem homogén, a belépő felületen az átmérő 13 mm, mely hirtelen szűkül 11 mm-re;
- a lyuk körül perem található a belépő és kilépő felületeken, mely a belépő felületnél cca. 2 mm magas;
- az alsó lemezen deformitás látható, átütés nem történt.

28. töltet:

- teljes átütés a speciális céltárgy felső lemezén;
- a lyuk nem homogén, a belépő felületen az átmérő 15 mm, mely hirtelen szűkül 11 mm-re;

- a lyuk körül perem található a belépő és kilépő felületeken, mely a belépő felületnél cca. 2 mm magas;
- az alsó lemezen deformitás látható, átütés nem történt.



101. ábra: A 28. töltet céltárgya felülről, oldalról és alulról a robbantás után

Forrás: a szerző szerkesztése.

A tűzérési gránátok esetében kijelenthető, hogy mindkét töltetváltozat, a 20 mm-es és a 40 mm-es fókusz távolságú is képes volt meggyőző eredményt elérni. Viszont nem elhanyagolható tapasztalat, hogy a pozicionálásra kiemelt figyelmet kell fordítani, mert a gránátok fala változó vastagságú. Ezt jól alátámasztja a 2. töltet sikertelensége. A 10,5 cm-es magyar tűzérési gránátok esetében a vezetőgyűrűtől 75 mm-re, a hengeres részen ideális az anyagvastagság a sikeres lyukasztáshoz. A 122 mm-es szovjet tűzérési gránát esetében ez a távolság 60 mm.

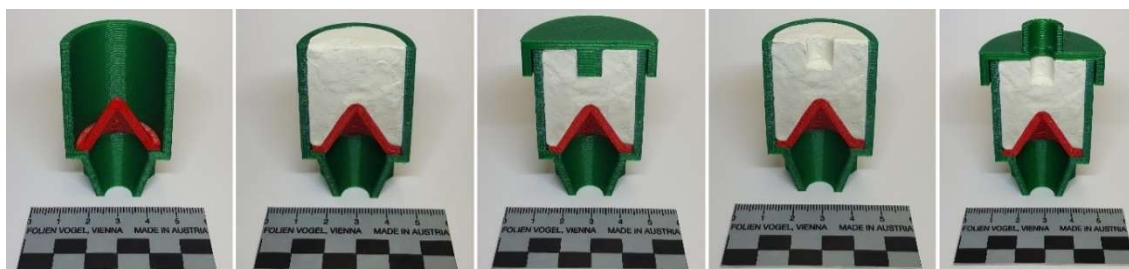
A speciális céltárgyak esetében azonosítható, hogy a töltet optimalizálásának folyamata sikeres volt. Egyetlen esetben sem tapasztaltam a céltárgy lemezlapján benyomódásnál súlyosabb roncsolást. Mivel repedést vagy lyukasztást ezen az alkatrészen a töltetek egyike sem okozott, nagy valószínűséggel kijelenthető, hogy az ilyen paraméterekkel rendelkező tűzérési gránátoknál a detonátorperselyben sem okoznának olyan kárt, mely nem várt robbanást eredményez. Ezt az eredményt azonban további vizsgálatokkal kell alátámasztani, nagyobb mintával és lehetőség szerint autentikus céltárgyakkal is. Ennek a kísérlet sorozatnak az eredményei miatt akár éles robbanótesteken is végre lehetne hajtani a teszteknek annak érdekében, hogy minden kétséget kizáró eredmények szülessenek.

4.7.4 A robbantási sorozatok eredményeinek összegzése

A tesztek egymásra épülése lehetővé tette, hogy a méretezési és optimalizációs folyamat az elvárt ütemben és mederben történjen meg. Az első sorozat során sikerült kellően leszűkíteni a lehetséges változatokat, béléstest és méret tekintetében egyaránt. A második tesztrobbantás

során sikerült meghatározni egy, az elvárt penetrációs képességhez leginkább megfelelő töltetméretet. A harmadik robbantásnál sikerült igazolni valóságos helyzetben a töltetek hatékonyságát az átütés tekintetében és olyan további eredmények is születtek, melyek a töltet tűzszerész szakmai szempontból jelentős képességeire világítottak rá.

A tesztek alatt sikerült kialakítani a töltetek elkészítésének, készre szerelésének metodikáját, mely megfelel a helyszíni végrehajtás feltételeinek (102. ábra).



102. ábra: Kumulatív töltet elkészítésének folyamata

Forrás: *EMBER 2022e*: 16, 3. ábra.

Mindhárom robbantásnál volt valamilyen sikertelenség is, melyek minden tekintetben előre mozdították a kutatási folyamatot. Az első sorozatban a félgömb béléstestek alkalmatlansága került előtérbe, ami természetesen kizárólag ebben a méretezési környezetben mérvadó eredmény. A második robbantási sorozat bebizonyította, hogy a töltetek penetrációs képessége a kúp alakú béléstestek belső átmérőjének 75%-a körül alakul. Ezt az utóbbi adatot természetesen szélesebb mintán még igazolni, pontosítani szükséges. A harmadik robbantási sorozatnál pedig bebizonyosodott, hogy mivel a töltet valóban a 15 mm-es átütési képesség közelében teljesít, a pontos elhelyezés a tűzérési gránátok hengeres részén elengedhetetlen.

A három tesztrobbantás eredményeit összegezve kijelenthető, hogy a méretezési folyamat során sikerült a kitűzött céloknak megfelelő töltetváltozatot kialakítani. A méretbeli optimalizáció a penetrációs képességet az elvárt 15 mm-hez kalibrálta be, miközben folyamatosan csökkent a betöltendő plasztikus robbanóanyag mennyisége. A kialakított 20 mm-es belső béléstest átmérőjű, kúp alakú béléstesttel szerelt, PLA alapanyagú töltet mindkét eltartású, 20 és 40 mm, változata képes volt a fenti célokat teljesíteni. Időtakarékossági és gazdaságossági okokból a 20 mm-es fókusz távolságú változatot (20-1D-K típusjelű) javaslom a szakembereknek további felhasználásra ilyen jellegű hatástalanítási feladatok során.

4.8 RÉSZKÖVETKEZTETÉSEK

A fejezetben áttekintettem a kumulatív töltetekkel kapcsolatos történelmi részleteket, valamint bemutattam a legfontosabbnak tartott méretezési változatokat. Az aktuális, kor színvonalán

folyó kutatások eredményeit is figyelembe véve sikerült meghatározni a kumulatív töltetekkel kapcsolatos legfontosabb paramétereket, melyek illeszkednek a kitűzött teljesítménybeli elvárásokhoz.

A 3D nyomtatás egyes módszereinek áttekintése során sikerült a célokhoz, paraméterekhez és az alkalmazott anyaghoz leginkább megfelelő technológiát kiválasztani. Az FDM típusú nyomtatás esetében a PLA nem is lehetett kérdés, hiszen ez a technológia gyakorlatilag szinte elválaszthatatlan ettől a környezetkímélő alapanyagtól.

Bemutattam a számítógépes tervezés folyamatát, mely lehetővé teszi az elektronikus modellek reprodukcióját, komolyabb tervezési erőforrások befektetése nélkül. Az elektronikus modellek 3D nyomtatásának részleteit az alkalmazott „CraftBot3” típusú eszköz esetében ismertettem, a legfontosabb beállítások részleteivel.

A nyomtatási folyamat eredményeképpen sikerült kúp és félgömb alakú béléstestekkel szerelt kumulatív tölteteket vizsgálnom, gyakorlati tesztekkel. Mindezeket kettő eltartással és három méretben. Ezzel a vizsgálattal leszűkítettem a lehetséges változatokat. A második tesztrobbantás során további két kisebb méretben is megvizsgáltam a kinyomtatott töltetek hatékonyságát. A harmadik tesztsorozattal pedig a valóságosnak tekinthető környezetben és módszerekkel igazoltam a végső változatok hatékonyságát. Mindezeket túl sikerült további eredményként bemutatni, hogy a töltet kumulatív sugara a teljes penetrációt követően nagy valószínűséggel nem okoz jelentős kárt a tűzérési gránátok detonátorperselyében.

A két töltetváltozat egyaránt a legkisebb kúp alakú, 20 mm-es belső átmérőjű béléstest befogadására képes. Az alkalmazott fókusz távolság esetükben 20 mm, illetve 40 mm. Az eredmények igazolták, hogy mindkét töltet képes kilyukasztani 15 mm vastag homogén acélt, valamint két különböző nemzet által gyártott közepes űrméretű tűzérési gránátot is. Az igazolt teljesítményű töltetek a 20-1D-K és 20-2D-K típusjelűek. Mindkettő képes az elvárt penetrációra, azonban a gyártási idő és az erőforrások optimalizálása miatt az első, 20 mm-es eltartási távolsággal készített változatot javaslom felhasználásra a tűzszerész szakfeladatok során.

Nem csak a tölteteket sikerül elkészítenem, hanem pontosan meghatároztam az összeszerelés lépéseit, annak érdekében, hogy a folyamat bemutatása segítséget nyújtson a szakembereknek a helyszíni összeszerelés során.

Ez a töltet nem kizárólag katonai feladatokra lehet alkalmas. A polgári robbantástechnikában is adódhatnak olyan feladatok, amikor ilyen alacsony sűrűségű béléstesttel készült kumulatív töltettel végezhetnek a szakemberek robbantásokat. Ez további

teszteket követel majd a jövőben, de például egyes eljegesedett vízi műtárgyak, ipari létesítmények részeinek jégmentesítéséhez, tömörödött anyagalmaz fellazításához és sziklatömbök repesztéséhez egyaránt alkalmas lehet.

A robbantások rávilágítottak néhány további vizsgálati irányra. Érdekes és hasznos lenne megvizsgálni a PA felhasználásával készült bélétestek hatékonyságát, mert a szimulációk alapján jelentős potenciál rejtőzhet benne, valamint a rézzel kevert PLA-t is hasonló okokból. A töltetek tekintetében kijelenthető, hogy vannak további fejleszthető alkatrészek is. Ilyen lehet a töltetház és a kupak bajonettzárás, vagy csavarmentes rögzítésének kialakítása. Érdemes lenne számításba venni inert lencse alkalmazását a töltetben, viszont ez nagy körültekintést igényel a helyszíni szerelés során. Másrészt a különböző robbanótesteken történő alkalmazás jegyében tervezem kiegészíteni a töltetet egy rögzítést segítő kiegészítő alkatrésszel. Ez az alkatelem a távtartókra lesz rögzíthető és lehetővé teszi majd, hogy egyféle töltet több tüzéségi gránát felületére illeszkedhessen nagy pontossággal.

ÖSSZEGZÉS

„Ami a rajnak nem hasznos, az a méhnek sem hasznos.”³³²

Marcus Aurelius

Az első fejezetben a statisztikai elemzések megmutatták, hogy a riasztások szempontjából a tavaszi időszak hordozza a legnagyobb terhet. Ezekre a márciusi–áprilisi időszakokra érdemes és szükséges felkészülni a feladatok hatékony megszervezése miatt. Az okok vélhetően a mezőgazdaság és az építőipar egyidejű felpörgésére vezethetők vissza.

Az országos riasztási adatok tekintetében a vizsgált három év riasztásai nem okoztak jelentős eltérést az elvárttól. Budapest, Pest vármegye és Fejér vármegye területéről ékezik a tűzserészek számára a feladatok közel fele, ami nem meglepő a II. világháború eseményeit tekintve, de mindenképpen fontos eredmény. Viszont Győr-Moson-Sopron vármegye esetében nem igazolódtott a jelentős szennyezés, melyet egy korábbi tanulmányban előre jeleztek. Békés, Tolna Nógrád és Zala vármegyék viszont megfeleltek az előrejelzéseknek, szinte alig érkezik robbanótestekről riasztás ezekről a területekről.

A Duna kisvízi helyzeteit vizsgálva a 2018-as és 2022-es adatok alapján készített statisztikák azt mutatják, hogy jelentősen, akár 19-szer több bejelentés érkezik ezekben az időszakokban a folyóból és környékéről. Ezek az eredmények megfeleltek arra, hogy meghatározzam az ilyen dinamikus helyzetek előrejelzéséhez szükséges indikátorokat. Ez azt jelenti, hogy 200 cm-es budapesti vízszint esetében fel kell készülni a riasztások emelkedő számára, 150 cm alatt már tartalék erőket kell generálni és 100 cm alatt pedig már számítani lehet a feladatok mennyiségének hirtelen növekedésére.

Mivel csoportokba rendeztem a tűzserész szakfeladatok megtervezésére hatást gyakorló tényezőket, sikerült elkészítenem egy tervezési segédletet, mely támogathatja a szervezési tevékenységet, ezzel hatékonyabb, gazdaságosabb erőforrás felhasználást tesz lehetővé. A Dunához kapcsolódó adatok természetesen integrálásra kerültek ebbe a segédletbe.

A fejezet szempontjából kijelenthető, hogy a felállított hipotézisem igazolást nyert. Az éghajlatváltozás a Duna kisvízi állapotai miatt hatást gyakorol a tűzserész szakfeladatok szervezésére és sikerült meghatározni azokat a vízállás adatokat, melyek markerként funkcionálhatnak az eredményesebb munkaszervezéshez.

³³² AURELIUS 2019: 78.

A közszolgálati feladatok során hatástalanítandó robbanótestek csoportjainak bemutatása után összegeztem a bennük rejlő veszélyeket. Ez egy minden részletre kiterjedő elemzés volt a kémiai és mechanikai lehetőségek teljes figyelembe vételével. Ezek a veszélyek jelzik, hogy fontos és szükséges a tevékenységet szigorú szabályok és folyamatos ellenőrzés mellett végezni, ami a katonai és rendvédelmi szervek esetében nem is lehet kérdés. A civil szektor esetében annak ellenére, hogy csak jelentős korlátok mellett végezhetnek felkutatást, lőszermentesítést, ezek a szabályok és az ellenőrzés csak szerényen van jelen.

Az építőipar, mint a fenti lőszermentesítést végző vállalkozások fő bevételi forrása nagy hatást gyakorol a tűzszerész szakfeladatokra. A beruházásokat megelőző átvizsgálások pedig komoly hatással lehetnek az egész kivitelezési folyamatra. A lőszermentesítés esetén három lehetősége van minden érintettnek, ezeket részletesen megvizsgáltam és javaslatot tettem a megfelelő lehetőségek kiválasztására. Technikailag bármelyik megoldás megfelelhet, amiben végrehajtásra kerül előzetes átvizsgálás, amennyiben ennek a gyakorlati megvalósítása lehetséges.

Ezt követően a lőszermentesítést végző vállalkozásokra vonatkozó hazai jogi körülményeket tekintetem át. Ez a terület igen szerényen szabályozott és a fentebb jelzett romló állapotú robbanótestek és a magas szintű minőségbiztosítás okán ez felülvizsgálatot, fejlesztést igényel.

Ezt a problémát megoldandó megvizsgáltam az ENSZ AMSZ által kiadott szabványokat és irányelveket, melyek a területet érinthetik. Ezek döntően aknamentesítéssel foglalkoznak, de akad olyan is, mely ténylegesen a tűzszerészek munkájára vonatkozik. Az ENSZ szabványaiban javasolt szervezetek és struktúrák áttekintése után kidolgoztam két változatban a hazai szabályozási és ellenőrzési felügyeleti szerv felépítését és feladatrendszerét. Javaslatot tettem, hogy azt a változatot alkalmazzuk, mely az ENSZ kétszintű vezetését egybe olvasztja (NTHKM). Ez jobban illeszkedhet a magyar sajátosságokhoz, illetve a kialakult hatástalanítási, felkutatási gyakorlathoz. Ez a változat személyi állomány tekintetében – így a kiadásokban is – moderáltabb igényt támaszt a közigazgatás felé.

Az eredmények egyértelműen igazolták feltételezésemet a szükségesség és lehetőségesség tekintetében egyaránt.

A következő fejezetben összefoglaltam egyes magyar különleges töltetű gránátok és a II. világháborúban alkalmazott gázharc részleteit. A vizsgálat bebizonyította, hogy a vizuális azonosítási módszer nem alkalmas a 10,5 cm-es magyar 1938/1933 M tűzérési gránátok négy

típusának teljes pontosságú megkülönböztetésére. A folyamat során pusztán két-két változatra lehetséges szűkíteni a számba vehető tüzérségi gránátokat.

Ennek a problémának a megoldása érdekében javaslatot tettem mobil röntgen készülék alkalmazására, mely a gyakorlati vizsgálatok során eredményesnek bizonyult. Ezt minden különböző készülék egyedi képességeihez mérten kell és lehet alkalmazni. A tapasztalatok alapján kialakítottam a fenti gránátok esetében az azonosítás lehetséges folyamatát, mely segítheti a tüzérszerek biztonságosabb, hatékonyabb munkavégzését. A témát érintő hipotézisem igazolást nyert, szükséges a vizuális módszereket egyes esetekben kiegészíteni technikai eszközök támogatásával és egy konkrét folyamatot is sikerült bemutatnom.

Az utolsó fejezetben áttekintettem a kumulatív töltetek történelmének, hatásmechanizmusának részleteit. Összegyűjtöttem a számításba vehető méretezési eljárásokat és azokat a kutatási eredményeket, melyek a legfrissebb adatokat szolgáltatják. Ezek alapján meghatároztam a legfontosabb paramétereket, melyekkel egy töltet megfelelhethet egy közepes űrméretű tüzérségi gránát magabiztos kilyukasztására. Ez hozzávetőleg 15 mm acél roncsolását jelenti, tehát más polgári robbantástechnikai feladat esetében is alkalmazható ilyen teljesítmény adatok mellett.

A 3D nyomtatás vagy additív gyártás fontosabb módszereinek áttekintése során sikerült a célokhoz, paraméterekhez és az alkalmazott anyaghoz illeszkedő technológiát kiválasztani. Ez FDM típusú nyomtatást és a PLA-t, mint alapanyagot jelenti.

Részletesen ismertettem a számítógéppel támogatott tervezés folyamatát, valamint a 3D nyomtatás részleteit a rendelkezésre álló Craftbot 3 nyomtató esetében. A részletes leírás segítséget nyújthat a szakembereknek a tervezésben. A gyártás paraméterei azonban csak irányadók, a különböző típusok esetében lehetnek eltérések a minőség, a gyártási sebesség és sikeresség területein egyaránt.

A gyakorlati vizsgálatok során kúp és félgömb alakú béléstesteket egyaránt vizsgáltam. A félgömb hatékonysága a tervezési paraméterek mentén nem bizonyult kielégítőnek, ezért a kúp esetében folytattam az optimalizációt a kitűzött célok elérése érdekében. A folyamat eredményeképpen az öt vizsgált átmérő tekintetében a legkisebb 20 mm-es típus (20-1D-K és 20-2D-K) mindkét (20 és 40 mm-es) eltartással megfelelt az elvárásoknak. A teljesítményüket valódi repesz-romboló gránáttesteken is igazoltam és további tesztek végeztem a kumulatív sugár detonátorperselyre gyakorolt hatásaival kapcsolatban. Ez utóbbi tesztek a vegyi töltetű robbanótestek esetében kifejezetten előnyös eredményeket hoztak a kísérleti körülmények között, a detonátorpersely elviekben nem szenvedhet el lyukasztást.

A kialakított töltetekhez kidolgoztam az összeszerelés lépéseit is, hogy megkönnyítsem a szakemberek munkáját, ha ilyen eszközökkel kezdik meg a hatástalanítást egy robbantási tevékenység keretében.

A töltet esetében kijelenthető, hogy alkalmazására nem kizárólag katonai feladatok során van lehetőség. Egyes polgári robbantási tevékenység során szintén megfelelhet az elvárásoknak, de ez további vizsgálatokat igényel.

Igazoltam tehát feltételezésemet, hogy lehetséges additív eljárással hatékony kumulatív töltetet készíteni, melynek reprodukciója nem igényel jelentős szaktudást. Továbbá azt a hipotézist is igazoltam, hogy ilyen additív eljárással lehetséges olyan töltetet készíteni, mely képes és alkalmas közepes űrméretű tüzérségi gránátok kilyukasztására.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Elemzésekre alapozva meghatároztam a Duna kisvízi helyzetének irányadó adatai és a tüzserész szakfeladatok tervezésének függőségét, azonosítva ezzel az éghajlatváltozás egyik hatását a hazai tüzserész közszolgálati feladatokra, majd erre figyelemmel összeállítottam egy segédletet a tüzserész munkaszervezéshez, növelve annak hatékonyságát.
2. Kidolgoztam a hazai polgári lőszermentesítés felügyeletére, szabályozására létrehozandó közigazgatási szerv struktúráját, meghatároztam a legfontosabb feladatait, megteremtve ezzel a kockázatok legalább részben történő csökkentésének lehetőségét.
3. Kidolgoztam a magyar 10,5 cm-es 1938/1933 M különleges töltetű és repesz-romboló tüzérségi gránátokra vonatkozó minden kétséget kizáró tüzserész beazonosítás folyamatát, biztonságosabbá téve ezzel a hatástalanítást.
4. Meghatároztam a paramétereit és számítógéppel támogatott tervezési módszerrel megterveztem olyan kumulatív tölteteket, melyek additív eljárással könnyen elkészíthetők, a reprodukciójuk nem igényel jelentős tervezési és 3D nyomtatási ismereteket.
5. Additív eljárással elkészítettem és optimalizáltam egy kizárólag alacsony sűrűségű anyagból készült kumulatív töltetet, mely képes a tüzserész szakfeladatok végrehajtása során a közepes űrméretű tüzérségi gránátok kilyukasztására.

AJÁNLÁSOK ÉS A KUTATÁSI EREDMÉNYEK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI

A tűzszerész szakfeladatok tervezéséhez kialakított segédlet hasznosítására az MH 1. TFE erre feladatra kijelölt szervezeti egységénél van lehetőség. A feltüntetett adatok és időszakok hozzájárulhatnak a hatékony munkaszervezéshez, viszont a vízállások tekintetében azok folyamatos nyomonkövetése szükséges.

A hazai polgári lőszermentesítés felügyeletére, szabályozására kialakított közigazgatási szerv létrehozása esetén nagyban fogja segíteni a terület szabályozásának kialakítását, fejlesztését és a folyamatban lévő feladatok, felkészítések ellenőrzését.

A 10,5 cm-es 1938/1933 M különleges töltetű és repesz-romboló tűzéségi gránátokra vonatkozó minden kétséget kizáró azonosítási folyamat alkalmazását javaslom a tűzszerész gyakorlatba illeszteni. Ez segítheti a szakemberek munkáját, csökkentheti a feladatokra fordított időt és energiát.

A kialakított kumulatív tölteteket a tűzszerész szakemberek alkalmazni tudják majd, ha az eljárás rendszeresítésre kerül, akár vegyi, vagy más különleges töltetű robbanótestek hatástalanítása során. A közepes űrméretű tűzéségi gránátok esetében a töltet képes nagy biztossággal kilyukasztani azok falát, de ettől függetlenül más hasonló falvastagságú és töltetű eszközök esetén is eredményes lehet. Egy viszonylag egyszerű, olcsó 3D nyomtató alkalmazásával és a bemutatott eljárással könnyen reprodukálhatók, tehát elegendő az adott feladat előtti időszakban elkészíteni a szükséges számban a töltetek alkatrészeit.

JAVASLATOK TOVÁBBI KUTATÁSI IRÁNYOKRA

További kutatási iránynak gondolom más éghajlatváltozásból fakadó környezeti hatások tűzszerész feladatokra gyakorolt hatását is megvizsgálni, vagy a bemutatott folyamatot megismételni más jelentős felszíni vizünkkel kapcsolatosan. Az eredményekkel bővíthetővé válik a kidolgozott segédlet és további támpontok segítik majd a szakembereket a munkaszervezésben.

A lőszermentesítés esetében fontos kutatási feladat lehet a bemutatott kérdéskör jogi elemzése, mely az ismertetett szakmai feladatok háttérét teremthetné meg. A konkrét ENSZ AMSZ szabályzók, szabványok és eljárásrendek implementálása a hazai gyakorlatba szintén olyan lehetőség, mely sok kihívást tartogat.

A vizuális robbanótest azonosítás támogatásában mobil röntgen alkalmazásával a közszolgálati tűzszerész feladatok során szintén akadnak feltérképezetlen területek. Véleményem szerint vannak más különleges töltetű eszközök is, melyek előkerülhetnek hazánk

területén és a bemutatottal megegyező problémakörbe esnek. Ezek feltérképezése és az eljárás kiterjesztése az újonnan azonosított robbanótestekre szintén további lehetőségként vehető számításba.

A kumulatív töltetek tekintetében további alapanyagok hatékonyságának vizsgálata, a töltetek méretének és béléstestének más robbanótestekhez optimalizálása, az illesztéshez kialakított segédalkatrész megtervezése, tesztelése mind-mind további lehetőség a kutatások folytatásához. A polgári robbantástechnikai alkalmazást sem szabad elfelejteni, mert egy alapvetően kettős felhasználhatóságú eszközzől beszélhetünk, ezen a területen is lehetséges további eredményeket felmutatni, valamint a töltetek hatékonyságát igazolni.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. ÁDÁM Balázs – EMBER István (2022a): Béléstestek készítésének technikai lehetőségei alacsony sűrűségű anyagból. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(4), 101–111. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.3.6> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
2. ÁDÁM Balázs – EMBER István (2022b): Kumulatív töltetházak 3D nyomtatása. *Hadmérnök*, 17(3), 35–44. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2022.3.2> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
3. AGU, Henry Obediah (2019): *The effect of 3D printed material properties on shaped charge liner performance*. PhD disszertáció. Cranfield University. Online: <https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/handle/1826/15285> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
4. AHMAD, Farrukh – HUGHES, Joseph B. (2000): Anaerobic Transformation of TNT by Clostridium. In SPAIN, Jim C. – HUGHES, Joseph B. – KNACKMUSS, Hans-Joachim (szerk.): *Biodegradation of Nitroaromatic Compounds and Explosives*. Boca Raton: CRC, 185–212.
5. AURELIUS, Marcus (2019): *Elméltedések*. Ford. HUSZTI József. H. n.: Helikon.
6. BACKOFEN, Joseph E. – WILLIAMS, Larry W. (1981): Antitank mines. *Armor – The Magazine of Mobile Warfare*, 90(4), 26–30.
7. BALOGH János (1987): *Az álcázó ködösítés alapjai*. H. n.: ZMKMF.
8. BEREK Tamás (2004): Az Osztrák Magyar Monarchia hadseregének első gáztámadása az olasz hadszíntéren. *Bolyai Szemle*, 13(1), 88–98. Online: https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/static/pdfjs/web/viewer.html?file=https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/1959/berek_tamas.pdf?sequence=2&isAllowed=y (Letöltés: 2023. 07. 17.)
9. BEREK Tamás (2016): ABV (CBRN) tűzszerészcsoporthoz, mint a biztonsági kihívásokra adott válaszlépés. *Bolyai Szemle*, 25(4), 22–34. Online: [https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/14564/ABV%20\(CBRN\)%20t%20zszer%20E9s%20z csoport,%20mint%20a%20biztons%20E1gi%20kih%20EDv%20E1sokra%20adott%20v%20E1la szl%20E9p%20E9s.pdf?sequence=1](https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/14564/ABV%20(CBRN)%20t%20zszer%20E9s%20z csoport,%20mint%20a%20biztons%20E1gi%20kih%20EDv%20E1sokra%20adott%20v%20E1la szl%20E9p%20E9s.pdf?sequence=1) (Letöltés: 2023. 07. 17.)
10. BEREK Tamás – EMBER István (2023): Vegyi töltetű robbanóttestek azonosításának nehézségei. In GÖCZE István – PADÁNYI József (szerk.): *Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában*. Budapest: Ludovika, 29–44. Online: <https://webshop.ludovika.hu/termek/konyvek/hadtudomany/husz-ev-a-katonai-muszaki-tudomanyok-szolgalataban-a-katonai-muszaki-tudomanyok-tudomanyag-idoszeru->

[kerdesei-aktualis-tudomanyos-kutatasi-eredmenyei-oktatoi-kotet/](#)

(Letöltés: 2023. 07. 17.)

11. BODA József et al. (2016): A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök. *Államtudományi Műhelytanulmányok*, 16. 1–23. Online: <http://www.med.u-szeged.hu/download.php?docID=90702> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
12. BRAUNER Iván Miklós (1931): *Gázharc a világháborúban*. Hadtörténelmi Levéltár: doboz – 57, őrzési egység – 468.
13. BUCSÁK et al. szerk. (2015): *70 év az életveszély árnyékában. A magyar tűzserész- és aknakutató alakulatok története 1945–2015*. Budapest: Zrínyi.
14. CHANG, B. H. et al. (2015): Numerical Simulation of Modified Low-Density Jet Penetrating Shell Charge. *International Journal of Simulation Modelling*, 14(3), 426–437. Online: [https://doi.org/DOI:10.2507/IJSIMM14\(3\)5.295](https://doi.org/DOI:10.2507/IJSIMM14(3)5.295) (Letöltés: 2023. 07. 17.)
15. COOPER, Paul W. (1996): *Explosive Engineering*. New York: Wiley–VCH.
16. DAMÓ Elemér (2008): Utász harctéri tapasztalatok – Ma is felhasználható tapasztalatok a 2. világháborúból. *Műszaki Katonai Közlöny*, 18(1–4), 175–306. Online: <https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2008.pdf> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
17. DARUKA Norbert (2011): *A katasztrófák elleni védekezés robbantástechnikai vonatkozásai*. Budapest: Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem. Online: <https://docplayer.hu/12325354-A-katasztrofak-elleni-vedekezes-robbantastechnikai-vonatkozasai-1.html> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
18. DARUKA Norbert (2012): Terroristák és taktikák, avagy védekezz, ha tudsz. *Repüléstudományi Közlemények*, 24(2/ksz.), 33–41. Online: https://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2012_cikkek/02_Daruka_Norbert.pdf (Letöltés: 2023. 07. 17.)
19. DARUKA Norbert (2013): *A bűnös célú/terror jellegű robbantások és az ellenük való védekezés lehetőségei, különös tekintettel a tűzserész feladatok ellátására*. PhD disszertáció. Nemzeti Közsolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola. Online: <https://doi.org/10.17625/NKE.2014.032> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
20. DARUKA Norbert (2014a): Robbanótestek I. – Amit a bombákról tudni érdemes. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24(4), 68–82. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2298/1565> (Letöltés: 2023. 07. 17.)

21. DARUKA Norbert (2014b): Jégvédekezés robbantással. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24(4), 51–67. Online: https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2014_4_4_Jegvedekezes%20robbantassal.pdf (Letöltés: 2023. 07. 17.)
22. DARUKA Norbert (2016): Robbanóanyag-ipari alapanyagok és termékek osztályozásának lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26(1), 26–44. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2187/1456> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
23. DARUKA Norbert (2021): *A robbanóanyag-ipari termékek gyártásának és felhasználásának munkavédelme*. Szakdolgozat. Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar.
24. DIÓSZEGI Imre (2014a): *Robbanóanyagipari technológiák – előadás*. Pannon Egyetem, Mérnöki Kar: Veszprém.
25. DIÓSZEGI Imre (2014b): *Robbanóanyagok bomlása a környezetben – előadás*. Pannon Egyetem, Mérnöki Kar: Veszprém.
26. DOIG, Alistair (1998): Some Metallurgical Aspects of Shaped Charge Liners. *Journal of Battlefield Technology*, 1(1), 1–3.
27. EMBER István (2016): Alternatíva a tüzserész szakfeladatok során alkalmazható kumulatív töltetekre. *Seregszemle*, 14(3–4), 50–63. Online: <http://docplayer.hu/68314588-A-magyar-honvedseg-osszhaderonemi-parancsnoksag-folyoirata-seregszemle-fegyver-fegyver-kevantatik-es-jo-vitezi-resolutio.html> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
28. EMBER István (2019): A dunai alacsony vízállások tüzserész tapasztalatai 2018-ban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 29(3), 65–77. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2019.3.5> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
29. EMBER István (2020a): A robbanótetek, mint a talajban fekvő potenciális veszélyforrások. In. VARGA et al.: *Geotechnika 2020 Konferencia*. Budapest: Konferencia Iroda, 25–32. Online: <http://geotechnikakonferencia.hu/achivum/> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
30. EMBER István (2020b): A tüzserész-szakkiképzés rendszerének fejlesztése felderítőtüzserész-felkészítés kialakításával. *Honvédségi Szemle*, 148(1), 66–77. Online: <https://doi.org/10.35926/HSZ.2020.1.5> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
31. EMBER István (2020c): Lehetőségek a tüzserész-szakkiképzés fejlesztésére. *Műszaki Katonai Közlöny*, 30(1), 99–110. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2020.1.7> (Letöltés: 2023. 07. 17.)

32. EMBER István (2020d): A lőszermentesítés szerepe az építőiparban. *Építőanyag*, 72(2), 59–63. Online: <https://doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2020.9> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
33. EMBER István – PETRUSKA Ferenc (2020): A felderítő-tűzszerészek alkalmazásának jogi szempontjai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 30(2), 117–126. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2020.2.9> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
34. EMBER István (2021): The role and the risks of explosive ordnance decontamination in Hungary. *Science & Military (Veda a Vojenstvo)*, 16(1), 32–42. Online: http://ak.aos.sk/images/repozitar/sam/sam_1_2021/sam_1_2021_5.pdf (Letöltés: 2023. 07. 17.)
35. EMBER István (2022a): Kumulatív töltetek alkalmazási lehetősége tűzszerész szakfeladatok során. In SZELEI Ildikó (szerk.): *A hadtudomány és a 21. század*. Budapest: Colorcom Media, 8-16.
36. EMBER István (2022b): Modern kumulatív töltet méretezésének lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(1), 5–15. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.1.1> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
37. EMBER István (2022c): 3D nyomtató alkalmazási lehetősége egyes speciális robbantási feladatoknál. In DARUKA Norbert (szerk.): *Fúrás-Robbantástechnika Nemzetközi Szimpózium Különkiadás 2022*. Budapest: Magyar Robbantástechnikai Egyesület, 75–83.
38. EMBER István (2022d): Hatásvizsgálati robbantás kumulatív töltetekkel. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(4), 13–23. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.3.2> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
39. EMBER István (2022e): Modern kumulatív töltetek hatékonyságának vizsgálata. *Haditechnika*, 56(6), 15–20. DOI: 10.23713/HT.56.6.03
40. EMBER István (2022f): Célfeladatra készített kumulatív töltetek kialakításának vizsgálata. In SZELEI Ildikó (szerk.): *A hadtudomány aktuális kérdései 2022*. Budapest: Ludovika, 13–28.
41. EMBER István (2022g): 3D nyomtatott lyukasztó töltetek hatásvizsgálata. *Hadmérnök* 17(4), 63–73. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2022.4.5> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
42. FEHÉR János (2006): Akna és lőszermentesítés Somogyban. In HAJDU Ráfis János – PAPP János (szerk.): *Aknászok, tűzszerészek. Hős magyar honvédek a II. világháborúban és az azt követő években*. Mezőkövesd: Legatum, 34–39.

43. FÖLDI László (2015): Current Status of Chemical and Biological Weapons' Development, Trends Possibilities and Prospect. *Hadmérnök*, 10(4), 75–85. Online: http://hadmernok.hu/154_08_foldil.pdf (Letöltés: 2023. 07. 17.)
44. FRITSCHÉ, Wolfgang et al. (2000): Fungal Degradation of Explosives: TNT and Related Nitroaromatic Compounds. In SPAIN, Jim C. – HUGHES, Joseph B. – KNACKMUSS, Hans-Joachim (szerk.): *Biodegradation of Nitroaromatic Compounds and Explosives*. Boca Raton: CRC, 213–237.
45. GÁL Bence – NÉMETH András (2019): Additív gyártástechnológiák katonai alkalmazásának vizsgálata, különös tekintettel a katonai elektronika területére. *Hadmérnök*, 14(1), 231–249. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2019.1.19> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
46. GELLÉRT Tibor (1981): *Tűzszerészek és aknakutatók. Csapattörténet*. Budapest: Zrínyi.
47. GERSBECK, Tom (2014): *Practical Military Ordnance Identification*. Boca Raton: CRC.
48. GÖCZE István (2011): A tudományos kutatás módszerei. *Hadtudományi Szemle*, 4(3), 157–166. Online: https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/static/pdfjs/web/viewer.html?file=https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/13609/2011_3_alt_gocze_istvan_157_166.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Letöltés: 2023. 07. 17.)
49. Hajdú Ferenc (2010): Ismeretlen világhírű ezredes. *Élet és tudomány*, 65(33), 1028–1029.
50. HATALA András (2010a): Üreges töltetek I. rész. Misnay József tevékenysége. *Haditechnika*, 44(2), 72–76. Online: https://adt.arcanum.com/hu/view/Haditechnika_2010/?pg=439&layout=s (Letöltés: 2023. 07. 17.)
51. HATALA András (2010b): Üreges töltetek II. rész. További összefüggések, fejlesztések, kutatások. *Haditechnika*, 44(3), 61–64. Online: https://adt.arcanum.com/hu/view/Haditechnika_2010/?pg=439&layout=s (Letöltés: 2023. 07. 17.)
52. HATALA András (2010c): Üreges töltetek III. rész. A második világháború alatt gyártott magyar üreges töltetek. *Haditechnika*, 44(4), 55–58. Online: https://adt.arcanum.com/hu/view/Haditechnika_2010/?pg=439&layout=s (Letöltés: 2023. 07. 17.)
53. HATALA András (2010d): Üreges töltetek IV. rész. A második világháború alatt gyártott magyar üreges töltetek. *Haditechnika*, 44(5), 63–67. Online:

- https://adt.arcanum.com/hu/view/Haditechnika_2010/?pg=439&layout=s
(Letöltés: 2023. 07. 17.)
54. HATALA András (2010e): A 43.M TAK harckocsiakna. *Haditechnika*, 44(6), 53–57.
Online: https://adt.arcanum.com/hu/view/Haditechnika_2010/?pg=439&layout=s
(Letöltés: 2023. 07. 17.)
55. HELD, Manfred (2005): Shaped Charge Optimization against ERA Targets. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 30(3), 216–223. Online: <https://doi.org/10.1002/prop.200500009> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
56. HAVAI Gábor (1998): *Vegyvédelmi ismeretek*. Budapest: ZMNE.
57. HERNÁD Mária – KUGYELA Lóránd (2012): Risk of Carbon Monoxid Intoxication in Explosions. *Hadmérnök*, 8(2), 56–64 Online: http://hadmernok.hu/2012_2_hernad_kugyela.pdf (Letöltés: 2023. 07. 17.)
58. HERNÁD Mária (2007): Robbanóanyagok toxikológiája – I. *Műszaki Katonai Közlöny*, 17(1–4), 191–198. Online: <https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2007.pdf>
(Letöltés: 2023. 07. 17.)
59. HERNÁD Mária (2013): *A robbanás és a robbanóanyagok emberi szervezetre gyakorolt hatásai és megelőzésének lehetőségei*. PhD disszertáció. Nemzeti Közszerológati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola. Online: 10.17625/NKE.2014.035
(Letöltés: 2023. 07. 17.)
60. HORVÁTH Tibor (2016): A műveleti környezet műszaki támogatásának kihívásai. In CSENGERI János – KRAJNC Zoltán: *Humánvédelem - békeműveleti és veszélyhelyzetkezelési eljárások fejlesztése (Tanulmánygyűjtemény I., e-book)*. H. n.: Nemzeti Közszerológati Egyetem, 256-300. Online: http://real.mtak.hu/33554/1/tanulmanygyujtemeny%20ujratervezes_CsJ_KZ_1.5.pdf
(Letöltés: 2023. 07. 17.)
61. HORVÁTH Tibor (2018): Rögtönzött robbanótestek hatástalanításának (C-IED) veszélyhelyzetei, kezelésük lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 28(2), 103-117. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/1629/942>
(Letöltés: 2023. 07. 17.)
62. HORVÁTH Tibor – EMBER István (2021): Characteristics of homemade explosive materials and the possibilities of their identification. *Revista Academiei Fortelor Terestre / Land Forces Academy Review*, 26(2), 100–107. Online: <https://doi.org/10.2478/raft-2021-0015>
(Letöltés: 2023. 07. 17.)

63. HORVÁTH Tibor – EMBER István (2022): A robbanóanyagok azonosításának biztonsági jelentősége a tűzszerész szakfeladatok ellátása során. *Honvédségi Szemle*, 150(4), 94–103. Online: <https://doi.org/10.35926/HSZ.2022.4.7> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
64. JOHNSON, Mark S. – SALICE, Christopher. J. (2009): Toxicity of Energetic Compounds to Wildlife Species. In SUNAHARA, Geoffrey I. et al.: (szerk.) *Ecotoxicology of Explosives*. Boca Raton: CRC, 157–176.
65. KLAPÖTKE, Thomas M. (2017): *Chemistry of High Energy Materials*. Berlin: Walter de Gruyter. Online: <https://doi.org/10.1515/9783110536515-007> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
66. KOTTER, John P. (1999): *A változások irányítása*. Budapest: Kossuth.
67. KOVÁCS Tibor – NYERS József – PADÁNYI József (2012): *Építünk, védünk, alkotunk. A műszaki csapatok története 1945-től napjainkig*. Budapest: Zrínyi.
68. KOVÁCS Vilmos (1997): A Magyar Királyi Honvédség vegyi harcanyaggal töltött lövedékei. *Hadtörténelmi közlemények*, 110(3), 523-550. Online: <https://epa.oszk.hu/00000/00018/00002/pdf/> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
69. KOVÁCS Zoltán (2002): Gondolatok a műszaki támogatás és a műszaki zárás alapjairól. *Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények*, 6(1), 30–35.
70. KOVÁCS Zoltán (2012a): Az improvizált robbanóeszközök főbb típusai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22(2), 37–52. Online: https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2012_2_03%20IED-k%20f%C5%91bb%20t%C3%ADpusai%20-%20Kov%C3%A1cs%20Z.pdf (Letöltés: 2023. 07. 17.)
71. KOVÁCS Zoltán (2012b): Fontos létesítmények IED elleni védelme. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22(ksz.), 35–44. Online: https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2012_k_05%20IED%20elleni%20v%C3%A9delem%20-%20Kov%C3%A1cs_Z.pdf (Letöltés: 2023. 07. 17.)
72. KOVÁCS Zoltán – EMBER István (2023): A közszolgálati tűzszerészet aktuális kihívásai. In GÖCZE István – PADÁNYI József (szerk.): *Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában*. Budapest: Ludovika, 185–202. Online: <https://webshop.ludovika.hu/termek/konyvek/hadtudomany/husz-ev-a-katonai-muszaki-tudomanyok-szolgالاتaban-a-katonai-muszaki-tudomanyok-tudomanyag-idoszeru-kerdesei-aktualis-tudomanyos-kutatasi-eredmenyei-oktatoi-kotet/> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
73. KUGYELA Lóránd (2019): Experiments with Small Size Shaped Charges. *Hadmérnök*, 14(2), 99–110. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2019.2.8> (Letöltés: 2023. 07. 17.)

74. KUGYELA Lóránd (2020): A többkomponensű robbanóanyagok múltja, jelene és jövője. *Katonai Logisztika*, 28(4), 58–75. Online: <https://doi.org/10.30583/2020.4.058> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
75. LÁNG László – BUCSÁK Mihály (2015): A „Vörös Zászló Érdemrenddel kitüntetett” 1. Önálló Tűzszerész és Aknakutató Zászlóalj. In BUCSÁK et al. (szerk.): *70 év az életveszély árnyékában. A magyar tűzszerész- és aknakutató alakulatok története 1945–2015*. Budapest: Zrínyi, 75–100.
76. LENGYEL László – VERES József (2022a): Az ABV-tűzszerész képesség kialakítása, avagy egy út, hogy a legjobbak közé kerülhessünk (1.). *Honvédségi Szemle*, 150(4), 16–30. Online: <https://doi.org/10.35926/HSZ.2022.4.2> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
77. LENGYEL László – VERES József (2022b): Az ABV-tűzszerész képesség kialakítása, avagy egy út, hogy a legjobbak közé kerülhessünk (2.). *Honvédségi Szemle*, 150(5), 83–96. Online: <https://doi.org/10.35926/HSZ.2022.5.6> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
78. LUKÁCS László (1992): *A kumulatív hatás és a kumulatív töltetek méretezése. Jegyzet a Szárazföldi Haderőnemi Fakultás műszaki hallgatói számára*. H. n.: Magyar Honvédség, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Műszaki tanszék.
79. LUKÁCS László (2010): A kumulatív töltetek és gyakorlati alkalmazásuk. *Műszaki Katonai Közöny*, 20(1–4), 175–196. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2866/2122> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
80. LUKÁCS László (2013): Bombafenyegetés – robbantószerkek a honi katonai robbantástechnikában. *Repüléstudományi Közlemények*, 25(2), 123–143. Online: http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-09-Lukacs_Laszlo.pdf (Letöltés: 2023. 07. 17.)
81. LUKÁCS László (2015): Környezetkímélő katonai robbantások alkalmazása a Magyar Honvédségnél. *Műszaki Katonai Közöny* 25(2), 22–83. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2320/1588> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
82. LUKÁCS László (2017): *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből, Különös tekintettel a továbbfejlesztés várható irányaira és a kor új kihívásaira*. Budapest: Dialóg Campus.
83. MACHIAVELLI: *A fejedelem*. Ford. LUTTER Éva. H. n.: Helikon.

84. MIJAMOTO, Muszasi (2018): *Az öt elem könyve*. Ford. ABE Tetsushi – Varga Orsolya. H. n.: Helikon.
85. MULLIGAN, Pihillip et al. (2019): 3D Printed Conical Shaped Charge Performance. *Proceedings of the 2019 Hypervelocity Impact Symposium*. Destin, 113–122. Online: <https://doi.org/10.1115/HVIS2019-110> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
86. NAGY-KOVÁCS Zs. –TAKÁCSNÉ GYÖRGY K. (2016): A Duna Vízsztint-Változásainak Vizsgálata Nagymaros és Budapest Vonatkozásában. *Proceedings of 8th International Engineering Symposium at Bánki*. Online: <http://bgk.uni-obuda.hu/iesb/2016/publication/30.pdf> (Letöltés: 2019. 04. 19.)
87. ORLOVA, J. J. (1986): *Brizáns robbanóanyagok kémiája és technológiája*. Budapest: Műszaki.
88. PADÁNYI József (1994): *A Magyar Honvédség műszaki csapatainak lehetőségei és feladatai békeidőben a természeti- és civilizációs katasztrófák megelőzésében és a következményeik felszámolásában*. Kandidátusi értekezés.
89. PADÁNYI József (2022): *Kihívások, kockázatok, válaszok. Az éghajlatváltozás okozta kihívások és azok hatásai a katonai erőre*. Budapest: Ludovika.
90. PARRAGH et al. (1964): *A vegyi és biológiai fegyver*. H. n.: Zrínyi.
91. POSTA Lajos (2015): A tűzszerész és aknakutató tevékenység megjelenése Magyarországon. In BUCSÁK et al. (szerk.): *70 év az életveszély árnyékában. A magyar tűzszerész- és aknakutató alakulatok története 1945–2015*. Budapest: Zrínyi, 13–32.
92. SIMON Ákos (1990): *Mérgező-, gyújtó- és ködösítő anyagok*. Budapest: BJKMF.
93. STECKIEWICZ, Arthur– TRZCINSKI, Waldemar (2014): Investigation of the reaction of energetic materials on jet impact. *17th International Seminar New Trends in Research of Energetic Materials*. Pardubice: University of Pardubice, 1038–1049.
94. SZATAI Zsolt József (2019): Fém tartalmú robbanótestek felderítéséhez alkalmazott technikai eszközök. *Műszaki Katonai Közlöny*, 29(1), 121–138. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2019.1.10> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
95. SZUN-CE (2018): *A háború művészete*. Ford. TOKAJI Zsolt. H. n.: Helikon.
96. TOMOLYA János – PADÁNYI József (2012): A terrorizmus jelentette kihívások. *Hadtudomány*, 22(3–4), 34–67. Online: https://www.mhht.eu/hadtudomany/2012/3_4/HT_2012_3-4_Tomolya_Padanyi.pdf (Letöltés: 2023. 07. 17.)

97. UNGVÁR Gyula (1975): A kumulatív robbanás fizikája. *Haditechnikai Szemle*, 9(3), 73–76.
98. VÖRÖS Mihály – DARUKA Norbert (2012): Tűzszerészek a közszolgálati feladatok ellátásában. *Seregszemle*, 10(2), 22–33. Online: https://honvedelem.hu/files/files/33676/seregszemle_2012_2.pdf (Letöltés: 2023. 07. 17.)
99. YI, Jianya et al. (2019): *Simulation Study on Expansive Jet Formation Characteristics of Polymer Liner*. *Materials*, 12(5), 744. Online: <https://doi.org/10.3390/ma12050744> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
100. Golden Engineering (é. n.): *XRS Series*. Online: <https://www.goldenengineering.com/wp-content/uploads/2022/07/XRS3-4-cutsheet-for-print.pdf> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
101. Nemzeti Közszolgálati Egyetem Ludovika Egyetemi Kiadó (é. n.): *Szerzői útmutató*. Online: https://www.ludovika.hu/wp-content/uploads/2023/01/Kiadoi_utmutato_LEK2022.pdf (Letöltés: 2023. 07. 17.)
102. Országos Vízelző Szolgálat, Központi Hidrológiai Adattár, Archívum. Online <https://www.hydroinfo.hu/vituki/archivum/index.html> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
103. Vízügyi Főigazgatóság (2009): *Duna*. Online: <https://www.vizugy.hu/print.php?webdokumentumid=33> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
104. Novo (é. n.): Rover II. System. Online: https://www.novo-dr.com/files/ugd/181191_de6e6575400d49728d4005af6628dc66.pdf (Letöltés: 2023. 07. 17.)
105. Az Európai Parlament és a Tanács 1893/2006/EK rendelete a gazdasági tevékenységek statisztikai osztályozása NACE Rev. 2. rendszerének létrehozásáról és a 3037/90/EGK tanácsi rendelet, valamint egyes meghatározott statisztikai területekre vonatkozó EK-rendeletek módosításáról.
106. *A különleges lőszer gyártása és töltése* (1941). Budapest: k. n.
107. Department of the Army – U.S. Marine Corps (1994): *Unexploded Ordnance (UXO) Procedures (FM 21-16)*. Washington, D.C.: Department of the Army.
108. *Harcászati szabályzat I. rész harcászati elvek* (1924). H. n.: M.kir. Honvédelmi Minisztérium.
109. *IMAS 02.10 – Guide for the establishment of a mine action programme*. First Edition, 2007 (felülvizsgálva: 2013), United Nations Mine Action Service: New York. Online: <https://www.mineactionstandards.org/standards/02-10/> (Letöltés: 2023. 07. 17.)

110. *IMAS 03.10 – Guide to the procurement of mine action equipment*. First Edition, 2003 (felülvizsgálva: 2013), United Nations Mine Action Service: New York. Online: <https://www.mineactionstandards.org/standards/03-10/> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
111. *IMAS 09.30 – Explosive ordnance disposal*. Second Edition, 2008 (felülvizsgálva: 2022), United Nations Mine Action Service: New York. Online: <https://www.mineactionstandards.org/standards/09-30/> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
112. *IMAS 06.10 - Management of training*. Second Edition, 2023, United Nations Mine Action Service: New York. Online: <https://www.mineactionstandards.org/standards/06-10/> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
113. *IMAS 07.12 - Quality Management in Mine Action*. First Edition, 2016, United Nations Mine Action Service: New York. Online: <https://www.mineactionstandards.org/standards/07-12/> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
114. *Test and Evaluation Protocol 09.30/01/2022 – Conventional Explosive Ordnance Disposal (EOD) Competency Standards*. Second Edition, 2022, United Nations Mine Action Service: New York. Online: <https://www.mineactionstandards.org/standards/09-30-01-2022/> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
115. *Jelentés ködlövés hatáskísérleteiről* (1942). Budapest: M.kir. honvéd Haditechnikai Intézet.
116. *Kézikönyv az ABV védelmi műveletek egészségügyi vonatkozásairól (vegyi) III. kötet* (2010). H. n.: MH Dr. Radó György Honvéd Egészségügyi Központ.
117. *Lőszer ismertetés III. rész* (1941). Budapest: Honvédelmi Minisztérium.
118. *Műszaki erődharc kiképzési segédlet 1. füzet 1. melléklet* (1942). Budapest: Attila Nyomda.
119. MSZ EN ISO 9001:2015 – Minőségirányítás Rendszer;
120. MSZ EN ISO 14001:2015 – Környezetközpontú Irányítási Rendszer;
121. MSZ 28001:2008 – Munkahelyi Egészségvédelem és Biztonság Irányítási Rendszer.
122. *NATO Standard, ATP-3.18.1, Allied Tactical Doctrine for Explosive Ordnance Disposal, Edition A, Version 1* (April 2017). H. n.: NATO Standardization Office (NSO).
123. *Olaszországi harcvezetés lefolyt gázharcok értékesítése a csapatkiképzésre* (1918). 3528/1918. sz. honvédelmi miniszteri rendelet.
124. *TÜFE/107 Tüzérségi gyűjtők* (1969). H. n.: Honvédelmi Minisztérium.
125. *TÜFE/59 Tüzérségi lőszer segédlet* (1951). Budapest: Honvédelmi Minisztérium.
126. *TÜFE/136 Lőszer anyagismeret* (1972). Budapest: Honvédelmi Minisztérium.

127. *Tüzérségi lőszer és gyújtók* (é, n.). H. n.: Haditechnikai Intézet.
128. 32/2007. (III. 19.) GKM rendelet a haditechnikai termékek jelöléséről, valamint a haditechnikai termékek és szolgáltatások nyilvántartásáról.
129. 142/1999. (IX. 8.) Kormányrendelet a tűzszerészeti mentesítési feladatok ellátásáról.
130. 156/2017. (VI. 16.) Kormányrendelet a haditechnikai tevékenység engedélyezésének és a vállalkozások tanúsításának részletes szabályairól.
131. 2001. évi LXIV. törvény a kulturális örökség védelméről.
132. 2005. évi CIX. törvény a haditechnikai termékek gyártásának és a haditechnikai szolgáltatások nyújtásának engedélyezéséről.

1. MELLÉKLET – ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Tűzserész riasztások száma Magyarországon 1990–2021 között.....	24
2. ábra: Tűzserész riasztások havi eloszlása 2019-ben	25
3. ábra: Tűzserész riasztások havi eloszlása 2020-ban	26
4. ábra: Tűzserész riasztások havi eloszlása 2021-ben	27
6. ábra: Tűzserész riasztások megoszlása vármegyénként 2020-ban	30
7. ábra: Tűzserész riasztások megoszlása vármegyénként 2021-ben	31
8. ábra: Hatástalanított robbanótestek megoszlása 2019-ben.....	33
9. ábra: Hatástalanított robbanótestek megoszlása 2020-ban.....	34
10. ábra: Hatástalanított robbanótestek megoszlása 2021-ben.....	35
11. ábra: A Duna vízszintjének alakulása 2018-ban.....	41
12. ábra: A Duna vízszintjének napi alakulása 2022.08.01 – 2022.09.06. időszakban.....	43
13. ábra: A lőszermentesítés változatai	71
15. ábra: A TMK szervezeti struktúrája (változat).....	91
16. ábra: A NTHMK szervezeti struktúrája (változat)	94
17. ábra: 33 M gyújtószerkezet.....	107
18. ábra: FH. GR. 38 - 10,5 cm-es német repesz-romboló tüzérségi gránát (felül) és 1938/1933 M - 10,5 cm-es magyar repesz-romboló tüzérségi gránát (alul)	109
19. ábra 1938/1933 M - 10,5 cm-es magyar repesz-romboló tüzérségi gránát (felül) és 1933 M - 10 cm-es magyar repesz-romboló tüzérségi gránát (alul).....	110
20. ábra: 1938/1933 M - 10,5 cm-es magyar repesz-romboló tüzérségi gránát (felül) és 1933 M - 10,5 cm-es magyar repesz-romboló tüzérségi gránát (alul)	110
21. ábra: 1938/1933 M 10,5 cm-es magyar repesz-romboló tüzérségi gránát fejcsavarral (felül) és 10,5 cm-es magyar köd tüzérségi gránát szájcsavarral (alul)	111
22. ábra: 1938/1933 M - 10,5 cm-es magyar KLARK töltetű tüzérségi gránát fejcsavarral (bal oldalon); köd töltetű tüzérségi gránát szájcsavarral (középen); mustár töltetű tüzérségi gránát szájcsavarral (jobb oldalon)	112
23. ábra: A készülékek elhelyezkedése a röntgenes vizsgálat alatt.....	114
24. ábra: A detonátorperselyek vége a röntgenfelvételeken.....	115
25. ábra: 1938/1933 M - 10,5 cm-es magyar kénmustár töltetű tüzérségi gránát (felül) és ködsav töltetű tüzérségi gránát (alul).	116
26. ábra: 1938/1933 M - 10,5 cm-es magyar repesz-romboló tüzérségi gránát (felül) és KLARK töltetű tüzérségi gránát (alul).....	117

27. ábra: 1938/1933 M - 10,5 cm-es magyar különleges töltetű tüzérségi gránátok azonosítási folyamata (változat).....	118
28. ábra: Kumulatív töltet általános felépítése	127
29. ábra: A béléstest deformálódásának szerkezete.....	131
30. ábra: A kumulatív sugár kialakulása	132
31. ábra: A MH plasztikus robbanóanyagból formált kumulatív töltete	136
32. ábra: A MH HTI eljárása alapján a kumulatív töltetek paraméterei.....	137
33. ábra: A Cooper-féle töltet paraméterei	141
34. ábra: Egy töltetház modellje	150
35. ábra: Egy béléskúp modellje.....	150
36. ábra: Egy félgömb béléstest modellje.....	151
37. ábra: Egy gyutacs helyét kialakító kupak modellje	152
38. ábra: Egy gyutacstámasztó kupak alkatrészeinek modellje.....	153
39. ábra: Egy toldalékkal felszerelt töltetház modellje.....	153
40. ábra: Elkészült töltetházak.....	156
41. ábra: Az 1. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	160
42. ábra: A 2. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	161
43. ábra: A 3. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	162
44. ábra: A 4. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	162
45. ábra: Az 5. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	163
46. ábra: A 6. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	163
47. ábra: A 7. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	164
48. ábra: A 8. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	165
49. ábra: A 9. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	165

50. ábra: A 10. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	166
51. ábra: A 11. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	167
52. ábra: A 12. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	167
53. ábra: A 13. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	168
54. ábra: A 14. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	168
55. ábra: A 15. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	169
56. ábra: A 16. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	170
57. ábra: A 17. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	170
58. ábra: A 18. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	171
59. ábra: A 19. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	172
60. ábra: A 20. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	172
61. ábra: A 21. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	173
62. ábra: A 22. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	174
63. ábra: A 23. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	174
64. ábra: A 24. töltet a céltárgyon rögzítve, a céltárgy robbantás után megtalált legfelső és legalsó lemeze	175
65. ábra: Az 1. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja.....	180
66. ábra: A 2. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja.....	180
67. ábra: A 3. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja.....	181

68. ábra: A 4. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja.....	181
69. ábra: Az 5. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja.....	182
70. ábra: A 6. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja.....	182
71. ábra: A 7. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja.....	183
72. ábra: A 8. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja.....	183
73. ábra: A 9. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja.....	184
74. ábra: A 10. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja.....	184
75. ábra: A 11. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja.....	185
76. ábra: A 12. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja.....	185
77. ábra: A 13. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja.....	186
78. ábra: A 14. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja.....	186
79. ábra: A 15. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja.....	187
80. ábra: A 16. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja.....	187
81. ábra: A 17. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja.....	188
82. ábra: A 18. töltet a céltárgyon rögzítve, a robbantás után a céltárgy teteje és alja.....	188
83. ábra: Speciális céltárgy.....	192
84. ábra: Az 1. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után.....	193
85. ábra: A 2. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után.....	193
86. ábra: A 3. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után.....	194
87. ábra: A 4. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után.....	194
88. ábra: Az 5. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után.....	195
89. ábra: A 6. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után.....	195
90. ábra: A 7. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után.....	196
91. ábra: A 8. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után.....	196
92. ábra: A 9. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után.....	196
93. ábra: A 10. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után.....	197
94. ábra: A 11. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után.....	197
95. ábra: A 12. töltet a céltárgyon rögzítve és a kialakult lyuk a robbantás után.....	198
96. ábra: A 23. töltet céltárgya felülről, oldalról és alulról a robbantás után.....	198
97. ábra: A 24. töltet céltárgya felülről, oldalról és alulról a robbantás után.....	199
98. ábra: A 25. töltet céltárgya felülről, oldalról és alulról a robbantás után.....	199
99. ábra: A 26. töltet céltárgya felülről, oldalról és alulról a robbantás után.....	200
100. ábra: A 27. töltet céltárgya felülről, oldalról és alulról a robbantás után.....	200

101. ábra: A 28. töltet céltárgya felülről, oldalról és alulról a robbantás után	201
102. ábra: Kumulatív töltet elkészítésének folyamata.....	202

2. MELLÉKLET – TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat: Riasztások alakulása a 2016–2018 időszakban.....	38
2. táblázat: Hatástalanított robbanótestek a 2016–2018 időszakban.....	40
3. táblázat: A Dunához köthető riasztások alakulása 2018-ban	42
4. táblázat: A Dunához köthető riasztások 2022.08.01. – 2022.09.06. időszakban	44
5. táblázat: 2018-ban a Dunából előkerült robbanótestek	45
6. táblázat: 2018-ban a Dunából kiemelt gyakori robbanótestek	46
7. táblázat: Segédlet a tűzszerész szakfeladatok szervezéséhez	49
8. táblázat: A TNT tulajdonságai.....	66
9. táblázat: Előny-hátrány vizsgálat a lőszermentesítés változataihoz.....	72
10. táblázat: Az XRS3 mobil röntgen fontosabb adatai.	113
11. táblázat: A NOVO 22WS röntgen detektor fontosabb adatai.....	114
12. táblázat: A robbanóanyagok állandó értékei a MH HTI eljárásához.....	138
13. táblázat: Ajánlás csúcshő meghatározásához.....	139
14. táblázat: A béléstestek 3D nyomtatási paraméterei.....	155
15. táblázat: A töltetházak 3D nyomtatási paraméterei.....	156
16. táblázat: Az 1. robbantás tölteteinek megoszlása	157
17. táblázat: Az 1. robbantás tölteteinek paraméterei.....	158
18. táblázat: Az 1. robbantás céltárgyainak megoszlása	159
19. táblázat: A 2. robbantás tölteteinek megoszlása.....	177
20. táblázat: A 2. robbantás tölteteinek paraméterei	178
21. táblázat: A 2. robbantás céltárgyainak megoszlása	178
22. táblázat: A 3. robbantás tölteteinek megoszlása.....	190
23. táblázat: A 3. robbantás tölteteinek paraméterei	191
24. táblázat: A 3. robbantás céltárgyainak megoszlása	192

3. MELLÉKLET – RÖVIDÍTÉSEK

ABV	atom, biológiai és vegyi
AMK	Aknamentesítő Műveleti Központ
AMSZ	Aknamentesítő Szolgálat
ASA	akrilnitril-sztirol-akrilátot
AX	adandoned explosive ordnances
BJ	binder jet
BM	Belügyminisztérium
D	átmérő (a töltetek jelzésében)
EBM	Electron Beam Melting
ENSZ	Egyesült Nemzetek Szervezete
EO	explosive ordnance
ERW	explosive remnants of war
FDM	fused deposition modeling
FG	félgömb (a töltetek jelzésében)
FH. GR.	Feldhaubitze Granate
HM	Honvédelmi Minisztérium
HT-IT	helyszínen tölthető irányított töltet
IMAS	International Mine Action Standard
IP	International Protection Marking
K	kúp (a töltetek jelzésében)
KR	Készenléti Rendőrség
LOM	Laminated Object Manufacturing
LÖTAK	lövőtányérakna
MAC	Mine Action Centre
MH	Magyar Honvédség
MH 1. TFE	MH 1. Tűzszerész és Folyamór Ezred
MH BHK	MH Bakony Harckiképző Központ
MH HTI	MH Haditechnikai Intézet
NAMH	Nemzeti Aknamentesítő Műveleti Hatóság
NAMSZ	Nemzetközi Aknamentesítési Műveleti Szabvány
NAMT	Nemzeti aknamentesítési műveleti terv
NATO	North Atlantic Treaty Organisation
Nb	Nebel

NMAA	National Mine Action Authority
NSO	NATO Standardization Office
NTH	Nemzeti Tűzszerészeti Hatóság
NTHMK	Nemzeti Tűzszerészeti Hatóság és Műveleti Központ
OMM	Osztrák-Magyar Monarchia
PA	poliamid
PC	polycarbonate
PET-G	polietilén-glikol-tereftalát
PLA	polylactic acid
PJ	poly jet
PTFE	politetrafluoretilén
PVA	polivinil-alkohol
SLA	stereolithography apparatus
SLM	selective laser melting
SLS	selective laser sintering
TAK	tányérakna
TEÁOR'08	Gazdasági tevékenységek egységes ágazati osztályozási rendszere
TMK	Tűzszerészeti Műveleti Központ
TNT	trinitro-toluol
ÚNKP	Új Nemzeti Kiválóság Program
UNMAS	United Nations Mine Action Service
UV	ultraviola
UXO	unexploded ordnance

**4. MELLÉKLET – A SZERZŐ TÉMAKÖRI PUBLIKÁCIÓS
JEGYZÉKE**

Egyszerzős írásművek:

- EMBER István (2016): Alternatíva a tűzszerész szakfeladatok során alkalmazható kumulatív töltetekre. *Seregszemle*, 14(3–4), 50–63. Online: <http://docplayer.hu/68314588-A-magyar-honvedseg-osszhaderonemi-parancsnoksag-folyoirata-seregszemle-fegyver-fegyver-fegyver-kevantatik-es-jo-vitezi-resolutio.html> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
- EMBER István (2019): A dunai alacsony vízállások tűzszerész tapasztalatai 2018-ban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 29(3), 65–77. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2019.3.5> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
- EMBER István (2020a): A robbanótestek, mint a talajban fekvő potenciális veszélyforrások. In. Varga et al.: *Geotechnika 2020 Konferencia*. Budapest: Konferencia Iroda, 25–32. Online: <http://geotechnikakonferencia.hu/achivum/> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
- EMBER István (2020b): A tűzszerész-szakkiképzés rendszerének fejlesztése felderítő-tűzszerész-felkészítés kialakításával. *Honvédségi Szemle*, 148(1), 66–77. Online: <https://doi.org/10.35926/HSZ.2020.1.5> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
- EMBER István (2020c): Lehetőségek a tűzszerész-szakkiképzés fejlesztésére. *Műszaki Katonai Közlöny*, 30(1), 99–110. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2020.1.7> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
- EMBER István (2020d): A lőszermentesítés szerepe az építőiparban. *Építőanyag* 72(2), 59–63. Online: <https://doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2020.9>
- EMBER István (2021a): The role and the risks of explosive ordnance decontamination in Hungary. *Science & Military (Veda a Vojenstvo)*, 16(1), 32–42. Online: http://ak.aos.sk/images/repozitar/sam/sam_1_2021/sam_1_2021_5.pdf (Letöltés: 2023. 07. 17.)
- EMBER István (2022a): Kumulatív töltetek alkalmazási lehetősége tűzszerész szakfeladatok során. In SZELEI Ildikó (szerk.): *A hadtudomány és a 21. század*. Budapest: Colorcom Media, 8-16.
- EMBER István (2022b): Modern kumulatív töltet méretezésének lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(1), 5–15. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.1.1> (Letöltés: 2023. 07. 17.)

- EMBER István (2022c): 3D nyomtató alkalmazási lehetősége egyes speciális robbantási feladatoknál. In DARUKA Norbert (szerk.): *Fúrás-Robbantástechnika Nemzetközi Szimpózium Különkiadás 2022*. Budapest: Magyar Robbantástechnikai Egyesület, 75–83.
- EMBER István (2022d): Hatásvizsgálati robbantás kumulatív töltetekkel. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(4), 13–23. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.3.2> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
- EMBER István (2022e): Modern kumulatív töltetek hatékonyságának vizsgálata. *Haditechnika*, 56(6), 15–20. DOI: 10.23713/HT.56.6.03
- EMBER István (2022f): Célfeladatra készített kumulatív töltetek kialakításának vizsgálata. In SZELEI Ildikó (szerk.): *A hadtudomány aktuális kérdései 2022*. Budapest: Ludovika, 13–28.
- EMBER István (2022g): 3D nyomtatott lyukasztó töltetek hatásvizsgálata. *Hadmérnök* 17(4), 63–73. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2022.4.5> (Letöltés: 2023. 07. 17.)

Többszerzős írásművek:

- ÁDÁM Balázs – EMBER István (2022a): Béléstestek készítésének technikai lehetőségei alacsony sűrűségű anyagból. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(4), 101–111. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.3.6>
- ÁDÁM Balázs – EMBER István (2022b): Kumulatív töltetházak 3D nyomtatása. *Hadmérnök*, 17(3), 35–44. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2022.3.2>
- BEREK Tamás – EMBER István (2023): Vegyi töltetű robbanótestek azonosításának nehézségei. In GÖCZE István – PADÁNYI József (szerk.): *Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában*. Budapest: Ludovika, 29–44. Online: <https://webshop.ludovika.hu/termek/konyvek/hadtudomany/husz-ev-a-katonai-muszaki-tudomanyok-szolgalataban-a-katonai-muszaki-tudomanyok-tudomanyag-idoszeru-kerdesei-aktualis-tudomanyos-kutatasi-eredmenyei-oktatoi-kotet/> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
- EMBER István – PETRUSKA Ferenc (2020): A felderítő-tűzszerészek alkalmazásának jogi szempontjai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 30(2), 117–126. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2020.2.9> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
- HORVÁTH Tibor – EMBER István (2021): Characteristics of homemade explosive materials and the possibilities of their identification. *Revista Academiei Fortelor*

- Terestre / Land Forces Academy Review*, 26(2), 100–107. Online: <https://doi.org/10.2478/raft-2021-0015> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
- HORVÁTH Tibor – EMBER István (2022): A robbanóanyagok azonosításának biztonsági jelentősége a tűzszerész szakfeladatok ellátása során. *Honvédségi Szemle*, 150(4), 94–103. Online: <https://doi.org/10.35926/HSZ.2022.4.7> (Letöltés: 2023. 07. 17.)
 - KOVÁCS Zoltán – EMBER István (2023): A közszolgálati tűzszerészet aktuális kihívásai. In GÖCZE István – PADÁNYI József (szerk.): *Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában*. Budapest: Ludovika, 185–202. Online: <https://webshop.ludovika.hu/termek/konyvek/hadtudomany/husz-ev-a-katonai-muszaki-tudomanyok-szolgalataban-a-katonai-muszaki-tudomanyok-tudomanyag-idoszeru-kerdesei-aktualis-tudomanyos-kutatasi-eredmenyei-oktatoi-kotet/> (Letöltés: 2023. 07. 17.)

5. MELLÉKLET – TÁRSZERZŐI NYILATKOZATOK



NEMZETI
KÖZSZOLGÁLATI
EGYETEM
LUDOVIKA

TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT

Alulírottak ezennel kijelentjük, hogy az

Ádám Balázs és Ember István

szerzők által készített

Béléstestek készítésének technikai lehetőségei alacsony sűrűségű anyagból

című publikáció létrejöttében — mint társszerzők — az alábbi arányban vettünk részt, illetve működtünk közre. Ezt a publikációt a későbbi minősítési eljárásban az alábbi százalékos szerzői arányok figyelembevételével, de egymástól eltérő tudományos eredményeket összefoglaló tézisek beadásával kívánjuk felhasználni.

Kizárólag Ember István hozzájárulása az elkészült műhöz „A béléstesttel szemben támasztott követelmények”, illetve a „Kumulatív béléstestek 3D modellezése” részfejezetek, valamint a bemutatott kettő ábra.

	Társszerző neve	Részvételi arány (%)	Aláírás
1.	Ádám Balázs	50	
2.	Ember István	50	

Dátum: 2022. 05. 23.



NEMZETI
KÖZZSZOLGÁLATI
EGYETEM
LUDOVIKA

TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT

Alulírottak ezennel kijelentjük, hogy az

Ádám Balázs és Ember István

szerzők által készített

Kumulatív töltetházak 3D nyomtatása

című publikáció létrejöttében — mint társszerzők — az alábbi arányban vettünk részt, illetve működtünk közre. Ezt a publikációt a későbbi minősítési eljárásban az alábbi százalékos szerzői arányok figyelembevételével, de egymástól eltérő tudományos eredményeket összefoglaló tézisek beadásával kívánjuk felhasználni.

Kizárólag Ember István hozzájárulása az elkészült műhöz „A töltetházzal szemben támasztott követelmények”, illetve a „Kumulatív töltetházak 3D modellezése” részfejezetek, valamint a bemutatott négy ábra.

	Társszerző neve	Részvételi arány (%)	Alíírás
1.	Ádám Balázs	50	
2.	Ember István	50	

Dátum: 2022. 05. 23.



TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT

Alulírottak ezennel kijelentjük, hogy az

Dr. Berek Tamás és Ember István

szerzők által készített

Vegy töltetű robbanótestek azonosításának nehézségei

című publikáció létrejöttében — mint társszerzők — az alábbi arányban vettünk részt, illetve működtünk közre. Ezt a publikációt a későbbi minősítési eljárásban az alábbi százalékos szerzői arányok figyelembevételével, de egymástól eltérő tudományos eredményeket összefoglaló tézisek beadásával kívánjuk felhasználni.

Az írásműben Ember István munkája a bemutatott robbanótestek azonosítási problémájának elemzése „Az azonosítás gyakorlati nehézségei” részfejezetben, valamint az ehhez kapcsolódó következtetések.

	Társszerző neve	Részvételi arány (%)	Aláírás
1.	Dr. Berek Tamás	50	
2.	Ember István	50	

Dátum: 2023. 03. 06.



NEMZETI
KÖZSZOLGÁLATI
EGYETEM
LUDOVIKA

TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT

Alulírottak ezennel kijelentjük, hogy az

Dr. Kovács Zoltán Tibor és Ember István

szerzők által készített

A közszolgálati tűzserézet aktuális kihívásai

című publikáció létrejöttében — mint társszerzők — az alábbi arányban vettünk részt, illetve működtünk közre. Ezt a publikációt a későbbi minősítési eljárásban az alábbi százalékos szerzői arányok figyelembevételével, de egymástól eltérő tudományos eredményeket összefoglaló tézisek beadásával kívánjuk felhasználni.

Az írásműben kizárólag Ember István munkái a bemutatott ábrák, az elkészítésükhöz szükséges statisztikai adatok elemzése és az ezekből fakadó következtetések levonása.

	Társszerző neve	Részvételi arány (%)	Aláírás
1.	Dr. Kovács Zoltán Tibor	50	
2.	Ember István	50	

Dátum: 2023. 03. 06.



TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT



Alulírottak ezennel kijelentjük, hogy a

Dr. Horváth Tibor és Ember István

szerzők által készített

**A robbanóanyagok azonosításának biztonsági jelentősége a
tűzszerész szakfeladatok ellátása során**

című publikáció létrejöttében — mint társszerzők — az alábbi arányban vettünk részt, illetve működtünk közre. Ezt a publikációt a későbbi minősítési eljárásban az alábbi százalékos szerzői arányok figyelembevételével, de egymástól eltérő tudományos eredményeket összefoglaló tézisek beadásával kívánjuk felhasználni.

	Társszerző neve	Részvételi arány (%)	Aláírás
1.	Dr. Horváth Tibor	50	
2.	Ember István	50	

Dátum: 2022. 05. 23.



TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT

Alulírottak ezennel kijelentjük, hogy a



Dr. Horváth Tibor és Ember István

szerzők által készített

Characteristics of Homemade Explosive Materials and the Possibilities of their Identification

című publikáció létrejöttében — mint társszerzők — az alábbi arányban vettünk részt, illetve működtünk közre. Ezt a publikációt a későbbi minősítési eljárásban az alábbi százalékos szerzői arányok figyelembevételével, de egymástól eltérő tudományos eredményeket összefoglaló tézisek beadásával kívánjuk felhasználni.

Kijelentjük, hogy a házi keverésű robbanóanyaggal készült improvizált robbanótestek gyártási folyamatának életveszélyes lépéseinek azonosítása Ember István önálló tudományos eredménye.

	Társszerző neve	Részvételi arány (%)	Aláírás
1.	Dr. Horváth Tibor	50%	
2.	Ember István	50%	

Dátum: 2021. 05. 12.



TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT



Alulírottak ezennel kijelentjük, hogy a

Ember István és Dr. Petruska Ferenc

szerzők által készített

A FELDERÍTŐ-TŰZSZERÉSZEK ALKALMAZÁSÁNAK JOGI SZEMPONTJAI

című publikáció létrejöttében — mint társszerzők — az alábbi arányban vettünk részt, illetve működtünk közre. Ezt a publikációt a későbbi minősítési eljárásban az alábbi százalékos szerzői arányok figyelembevételével, de egymástól eltérő tudományos eredményeket összefoglaló tézisek beadásával kívánjuk felhasználni.

	Társszerző neve	Részvételi arány (%)	Alíírás
1.	Ember István	50%	
2.	Dr. Petruska Ferenc	50%	

Dátum: 2021. 01. 20.