



LUDOVIKA
EGYETEMI KIADÓ



Lukács László

Szemelvények a hazai katonai robbantástechnika és a föld alatti aknaharc fejlődéstörténetéből

Lukács László

Szemelvények a hazai katonai robbantástechnika
és a föld alatti aknaharc fejlődéstörténetéből

Vákát

Lukács László

Szemelvények a hazai katonai robbantástechnika és a föld alatti aknaharc fejlődéstörténetéből



LUDOVIKA
EGYETEMI KIADÓ
Budapest, 2023

A mű TKP2020-NKA-09 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a Tématerületi Kiválósági Program 2020 pályázati program finanszírozásában valósult meg.



Szerző
Lukács László

Szakmai lektor
Dr. Kovács Zoltán

Kiadja a Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Ludovika Egyetemi Kiadó
A kiadásért felel: Deli Gergely rektor

Székhely: 1083 Budapest, Ludovika tér 2.
Kapcsolat: kiadvanyok@uni-nke.hu

Felelős szerkesztő: Karácsony Fanni
Olvasószerkesztő: Bíró Csilla
Korrektor: Tomka Eszter
Tördelőszerkesztő: Stubnya Tibor

ISBN 978-963-531-695-3 (nyomtatott)
ISBN 978-963-531-696-0 (elektronikus PDF) | ISBN 978-963-531-697-7 (ePub)

© A szerző, 2023
© A kiadó, 2023

Minden jog védve.

Tartalom

Előszó	11
I. MOZGÁSAKADÁLYOZÁS ROBBANTÁSSAL	17
1. Az alkalmazott hazai katonai robbantóanyagok	17
1.1. Katonai robbantóanyagok és töltetek	17
1.1.1. Robbantóanyagok a magyar fegyveres erőknél 1945-ig	21
1.1.2. Robbantóanyagok a magyar fegyveres erőknél 1945 után	37
1.2. Katonai gyújtószerkezetek	45
1.2.1. A tűzzel való gyújtás eszközei és fejlődésük	48
1.2.2. A villamos gyújtás eszközei és fejlődésük a magyar fegyveres erőknél	56
1.2.3. A NONEL gyújtási rendszer a Magyar Honvédségnél	65
1.2.4. Feltámadt a szikragyutacs és iniciálás lézerrel	68
2. Robbantási alapfeladatok tervezése	71
2.1. Fém szerkezeti elemek robbantása	71
2.1.1. Acéllemez és -tartók robbantása	71
2.1.2. Acélcsövek és -rudak, gömbvasak és sodronykötelek robbantása	77
2.2. Téglá-, kő-, beton- és vasbeton elemek robbantása	79
2.2.1. Téglá-, kő- és beton szerkezeti elemek robbantása	79
2.2.2. Vasbeton elemek robbantása	85
2.2.3. Téglá-, kő-, beton- és vasbeton elemek robbantása közbehelyezett töltettel	88
2.3. Földrobbantás	88
3. Mozgásakadályozás robbantással	104
3.1. A rombolások helye, szerepe a harc/hadművelet műszaki biztosításában/támogatásában	104
3.2. Utak és műtárgyaik robbantása	122
3.3. Vasutak robbantása	151
3.4. A repülőterek robbantással történő rombolásának jellemzői, a végrehajtás szabályainak és előírásainak változása	165
3.5. Hidrotechnikai létesítmények robbantása	170
3.6. Építmények harcászati célú robbantása	179
3.6.1. Építmények robbantása belső, közbehelyezett összpontosított töltettel	179
3.6.2. Építmények robbantása kontakttöltetekkel	182
II. A FÖLD ALATTI AKNAHARC TÖRTÉNETI FEJLŐDÉSE	195
4. A föld alatti aknaharc története – a kezdetek és az ókor	195
4.1. A bányászat mint a föld alatti aknaharc tanító mestere	195
4.2. Városok, várak – védelem és támadás az ókorban	202
4.2.1. Mezopotámia – védelmi és ostromtechnika	204
4.2.2. Az asszír birodalom ostromtechnikája	207
4.2.3. Ostromok az ókori Egyiptomban	212
4.2.4. Perzsa ostromtechnika	215
4.2.5. Ostromtechnika az ókori Kínában	218
4.2.6. A klasszikus ókor erődépítészet – a görög városállamok	225
4.2.7. Erődök és ostromok a Római Birodalomban	232
5. Föld alatti aknaharc a középkorban	249
5.1. A kora középkor városerődítése és azok ostromai (400–1000)	250
5.1.1. Bizánc – a krétai hadjárat (960–961)	255
5.1.2. Mopszuesztia és Tarszosz bevétele (964–965)	256
5.1.3. A korabeli bizánci hadművészet jellemzői	258

5.2. Várak és ostromok a 11–14. században	259
5.2.1. Nikaia ostroma – 1097	269
5.2.2. Aknaásás a 12. század elején	270
5.2.3. Szaladin felemelkedése – 1137	270
5.2.4. A Jákob gázlójánál épült erőd ostroma – 1179	271
5.2.5. Szaladin elfoglalja Jeruzsálemet – 1187	274
5.2.6. Akko 1191-es kereszties ostroma	275
5.2.7. Az iszlám csapatok elfoglalják Akko erődítményét 1291-ben	276
5.2.8. Lisszabon kereszties ostroma – 1147	279
5.2.9. Zára kereszties ostroma – 1202	280
5.2.10. Château Gaillard építése és ostroma – 1196	282
5.2.11. Csák Máté csehországi hadjárata 1315-ben	286
5.2.12. Az Oszmán Birodalom felemelkedése – a nikápolyi csata (1396)	287
5.3. Ostromok, ostromtechnikák a késő középkorban – 14–15. század	289
5.3.1. Konrad Kyeser (1366–1405?) és a Bellifortis	292
5.3.2. Mariano (di Jacopo detto il) Taccola (1382–1453) – De rebus militaribus	295
5.3.3. Robbanóaknák és ellenaknák a 14. század első felében	299
5.3.4. Nándorfehérvár első török ostroma – 1440	300
5.3.5. Konstantinápoly török elfoglalása – 1453	309
6. Föld alatti aknaharc a 16–17. században	312
6.1. Művészek és hadmérnökök a várvédelemben és -ostromban	316
6.1.1. Francesco di Giorgio Martini (1439–1501) – az első európai várfal alatti támadó-robbanóakna	316
6.1.2. Leonardo da Vinci, a hadmérnök (1452–1519)	321
6.1.3. Pedro Navarro (1460–1528) és a lőporral töltött föld alatti támadó- és ellenakna	324
6.1.4. Robbanó föld alatti támadó- és ellenaknák fejlődése a 16–17. században	327
6.2. Az Oszmán Birodalom fénykora – hódítások az aknaharc tükrében	330
6.2.1. Az oszmán haderő és hadművészete	330
6.2.2. Nagy Szulejmán várostromai és az aknaharc	336
6.3. Török várostromok Szulejmán uralkodását követően	356
6.3.1. Eger ostroma – 1596	356
6.3.2. Nagyvárad ostroma – 1660	360
6.3.3. Érsekújvár ostroma – 1663	365
6.4. Montecuccoli és az aknaharc	370
6.4.1. A támadásról	371
6.4.2. A védelemről	373
6.4.3. Török háborúk	374
6.4.4. A köszörő aknák	377
6.5. Petárdák a várostromokban	381
6.5.1. A petárdák típusai, szerkezeti felépítésük	384
6.5.2. Petárdák a magyar hadszíntéren	392
6.5.3. A petárda későbbi hazai alkalmazása	397
6.6. Más hadszínterek – ugyanaz az aknaharc	398
6.6.1. Áden portugál ostroma – 1513	398
6.6.2. Kazany orosz ostroma – 1552	399
6.6.3. Aknaharc Indiában – 1567	400
6.6.4. Godesberg bajor ostroma – 1583	401
6.6.5. Szmolenszk lengyel ostroma – 1609–1611	403
6.6.6. Kandia török ostroma – 1669	403

6.7. Bécs és Buda – ostrom és védelem az aknaharc tükrében – 1683–1686	407
6.7.1. Bécs török ostroma – 1683	407
6.7.2. Buda keresztény ostroma – 1684	411
6.7.3. Buda visszafoglalása a törököktől – 1686	414
6.8. Sébastien Le Prestre de Vauban (1633–1707)	418
7. Aknaharc a 18–19. században	436
7.1. Aknaharc a 17. század elején	437
7.1.1. A török aknaharc technikája a 17. század elején	437
7.1.2. Tournai ostroma – 1709	438
7.2. Napóleon és a várak	442
7.3. Orosz–török háború (1828–1829) – Várna orosz ostroma	443
7.4. A krími háború – Szevasztopol ostroma 1854–1855	449
7.5. Az Osztrák–Magyar Monarchia műszaki csapatai és az aknaharc	453
7.6. Mérgezések az aknaharc során – Kőszeghy Martony Károly és az első gázálarc	462
7.6.1. Szén-monoxid-mérgezés az aknaharc során	464
7.6.2. Kőszeghy Martony Károly és a gázálarc	466
8. Aknaharc a 20. században	470
8.1. Port Arthur japán ostroma – 1904–1905	471
8.2. Aknaháború az I. világháborúban – mi változott?	479
8.3. A magyar hadsereg és az aknaharc az I. világháborúban	486
8.3.1. A Manilova-magaslat felrobbantása 1915. március 12-én	492
8.3.2. A Monte San Michele-i aknaharcok – 1916	494
8.3.3. A St. Martinó-i aknaharc – 1916	496
8.3.4. A Passubio felrobbantása – 1917	499
8.3.5. Akik nélkül nincs föld alatti aknaharc – a sziklafúró alakulatok	505
8.4. Az aknaharc 1918 és 1945 között	510
8.5. Ugyanaz új köntösben – az 1945 utáni alagútháborúk	521
Felhasznált irodalom	528
Törvények, határozatok, intézkedések	540
Katonai szabályzatok, szakutasítások	541
MELLÉKLETEK	543

Vákát

Mellékletek jegyzéke

1.	Táblázat a vaselemek robbantására való harcserű töltetek megállapításához – 1899	543
2.	Töltettáblázat vasrobbantáshoz és a vasrobbantás nomogramja – 1928	544
3.	Hengerelt tartók keresztmetszeti területei és a robbantásukhoz szükséges felkerekített robbanóanyag-mennyiség – 1950	546
4.	A fojtási tényező értékei fal-és sziklarobbantásnál – 1928	547
5.	Fal és kemény szikla robbantásához való összpontosított töltetek és azok nomogramja – 1928	548
6.	Tégla-, kő-és betonfalak robbantásához szükséges összpontosított töltetek nagysága – 1950	550
7.	Az α szilárdsági tényező értékei – 1950	551
8.	Az összpontosított töltet nagysága β és R különböző értékei mellett és nomogram a töltet nagyságának meghatározására – 1950	552
9.	Az 'A' szilárdsági és a 'B' fojtási tényező értékei a töltetek elhelyezésének különböző eseteiben – 1965	554
10.	A 'K' tényező értékei fűrt lyukba elhelyezett töltetek számításához – 1965	556
11.	Töltettáblázat vasbeton szerkezeti elemek robbantásához – 1950	557
12.	A 'c' és a 'k' töltési együtthatók összehasonlító táblázata – 1903	558
13.	A hátrahagyott tölcsér adatainak meghatározása – 1928	559
14.	Összpontosított töltetek táblázata föld és laza szikla robbantásához és földrobbantás-nomogramok – 1928	560
15.	Töltettáblázat földrobbantáshoz alacsony hatóerejű robbanóanyag alkalmazása és megerősített töltetek esetén – 1950	564
16.	A legnagyobb rombolási és rezgési sugarak meghatározására szolgáló képletek, a 'K' tényező értékei, a hátrahagyott tölcsér mélysége és a tölcsérkoszorú magassága, a_n távolságok és harcoksiárok főbb adatai robbantással való elkészítésük esetén – 1950	565
17.	A talaj fajtájától és az alkalmazott robbanóanyagtól függő K-tényező és a töltet hatásmutatójától (n) függő M és M_{ny} tényező – 1965	568
18.	Fajlagos robbanóanyag-fogyás (K) értékei és a töltet hatásmutatójától (n) függő M és M_{ny} értékei – 1971	570
19.	Utak és műtárgyaik robbantása – összefoglaló táblázat	571
20.	Lövedékek és légibombák robbanása következtében keletkező tölcsérek méretei laza talajban – 1971 és tüzérségi löszerek és légibombák robbanóanyag-töltete – 2017	572
21.	Épületek, tornyok és kémények robbantása közbehelyezett töltettel, 1903–1971	573
22.	Robbanótöltetek és a képzett tölcsér nagysága a föld alatti aknaharc során – 1943	575
23.	Dr. Mueller Othmár robbantástechnikai szakgyűjteményének eredeti adományozólevele	576

*„Minden háborúnak megvannak a maga tanulságai.
Az a háborút, melyből nem tudunk okulni, hiába vívták meg,
és a katonák, akik elesetek a harcban, semmiért adták életüket.”*

(Frederic Forsyth)

Előszó

Az egész 47 évvel ezelőtt kezdődött. A Kossuth Lajos Katonai Főiskola Műszaki Szaktanszékének gimnáziumban érettségizett fiatal hallgatójaként egy új világba csöppentem. Évfolyamtársaim közül többen jöttek út- és vasútépítő szakközépiskolából, de nekem az általános katonai ismereteken kívül a statika, geodézia, talajmechanika, építőanyagok és a többi építő-műszaki tevékenységgel kapcsolatos tárgy is új volt. Aztán a mindenki számára ismeretlen robbantás tantárgy első foglalkozására bejött egy magas, ősz, dörgő hangú őrnagy, és egy varázslatos, új világról kezdett mesélni. A felejthetetlen emlékű Hegyi Ferenc eldöntötte a további pályafutásomat. Tisztte avatásom után az 1. Honvéd Tűzszerész és Hadihajós Zászlóalj szakaszparancsnokaként az öreg tűzszerész zászlós és tiszthelyettes kollégáktól az évtizedek alatt felhalmozott szakmai tudásukon kívül még egy nagyon fontos dolgot tanultam: a szakmai alázatot. Azt, hogy ebben a szakmában (egyébként másban sem) nincs olyan, hogy valaki már „mindent tud”. A robbanóanyagtól, robbanószerkezettől nem félni kell, hanem maximálisan betartani a biztonságos kezelésükkel kapcsolatos minden előírást és rendszabályt, és közben folyamatosan tanulni. Mindig új és még újabb szakmai ismereteket gyűjteni, mert ezek is a velük végzett munka biztonságát növelik. A megszerzett tudást pedig tovább kell adni a következő generációknak, mert ez a fejlődés és ugyancsak a biztonságos munkavégzés egyedüli záloga.

Két év csapatszolgálatot követően, pályázat útján kerültem vissza a főiskola Műszaki Szaktanszékére, a közben egészségügyi okok miatt nyugállományba vonult Hegyi Ferenc őrnagy megüresedett beosztásába, robbantás és műszaki zárás oktatónak. Ma, a szakmában eltöltött több mint 40 éves oktatói és kutatói tapasztalat után egy dologban vagyok biztos: még nagyon sok mindent nem tudok a robbantástechnikáról. A szaktanszék Magasépítő Szakcsoportjában tanító Sajtós Gábor kolléga az 1980-as évek elején megkérdezte: „»Robbantósként« te miért nem vagy a tagja az Építéstudományi Egyesület (ÉTE) Robbantástechnikai Szakbizottságának?” „Miért, van ilyen?” Igen, volt, és dr. Mueller Othmár révén egy újabb világra nyílt ki egy kapu számomra: az ipari robbantástechnikában dolgozó kiváló civil szakemberek révén a robbanóanyagok békés célú felhasználásának területei felé.

A *homo ardearsurus*, a kíváncsi ember mindenki ott lakik. A katonai robbantástechnika oktatása során ez a kíváncsiság mindig új és még újabb területek felé irányított. A hatályos Robbantási utasításban¹ leírt szabályok, képletek honnan származnak, mennyire időtállóak, milyen tapasztalatokon alapulnak? Az ipari robbantástechnika egyre környezetkímélőbb robbantásokat biztosító robbanóanyagai, módszerei közül adaptálható-e valamelyik a katonai robbantások során? A kérdések még eggyel kibővültek, amikor a rendszerváltozást követően az akkori Magyar Honvédség egyes illetékesei kijelentették: „Az orosz elveket el kell felejteni.” Ez valóban így van a robbantástechnikában is?

¹ A szakmailag kiváló utasítás ebben az évben „ünnepli” kiadásának 50. évfordulóját.

A kérdésekre keresett válaszok először az 1995-ben írt kandidátusi disszertációmban,² majd az 1997-ben kiadott *A katonai robbantástechnika és a környezetvédelem* című egyetemi jegyzetemben³ jelentek meg. Ha azt mondom, hogy a szűkebb szakmai berkeken kívül nem hoztak átütő eredményt a Magyar Honvédség felsőbb szintjein, akkor valóságghűen jellemzem a történeteket. Ezért aztán minden évben felhívtam a hallgatóim figyelmét arra, hogy a jegyzetben leírt környezetkímélő robbantási módszereket még véletlenül se alkalmazzák a katonai gyakorlatban, mert ott egyedül a hatályos Robbantási utasítás szabályai az érvényesek.

Ennek ellenére az elkezdett munkát tovább folytattam. Az ipari robbantástechnika aktuális kérdéseit összefoglaló, köznapi forgalomban beszerezhető művek – bár nem nagy számban, de – koronként megjelentek a hazai szakkönyvkiadásban.⁴ A honi katonai robbantástechnika múltjának feldolgozásával, rendszerező áttekintésével és a továbbfejlesztésének lehetséges irányjaival foglalkozó könyvet viszont Magyarországon még nem írtak. Ez változott meg 2017-ben, amikor a Nemzeti Közszolgálati Egyetem kiadta a *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből* című könyvemet.⁵ Ennek bevezetésében az alábbiakat fogalmaztam meg.

„A katonai felsőoktatásban 1979 óta robbantást oktató tanárként meggyőződésem, hogy akkor alkalmazható igazán mesterien egy-egy eljárás, módszer, ha nemcsak a végeredményként megfogalmazott szabályt, hanem annak kialakulását, fejlődését is ismerjük. Szakmai önbizalmunkat növeli, az egyes szabályok, eljárások, módszerek iránti bizalmat erősíti, ha bizonyítottan látjuk ezek időtállóságát, a sok-sok éven keresztül folytatott elméleti kutatásokon és a megszerzett gyakorlati tapasztalatokon nyugvó megalapozottságát.”⁶

A könyvben, fejlődésük vizsgálatán keresztül feldolgoztam a magyar honvédségnél⁷ alkalmazott katonai robbantástechnikai módszerek és eljárások legfontosabb kérdéseit. Ezen belül az éppen érvényes (szabályzatokban, utasításokban foglalt) előírások alakulásán keresztül bemutattam a robbantóanyagokat, a szerkezeti elemek, a föld és sziklás kőzetek, valamint egy komplex feladat, a híd robbantás szabályainak, módszereinek a fejlődését. Külön fejezetben foglaltam össze a hazai katonai robbantástechnika és a környezetvédelem kérdéseivel kapcsolatos elképzeléseimet. Az a korábbiak tükrében már nem jelentett számomra meglepetést, hogy bár jeleztem az erről szóló javaslataimat

² Lukács László: *A magyar honvédségnél alkalmazott robbantási eljárások és robbantóanyagok legfontosabb részterületei fejlődésének vizsgálata és a továbbfejlesztés javasolt irányai*. Kandidátusi disszertáció, Budapest, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, 1995.

³ Lukács László: *A katonai robbantástechnika és a környezetvédelem*. Egyetemi jegyzet, Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Hadtudományi Kar Műszaki Harcászati-Hadműveleti Tanszék, 1997.

⁴ Bassa Róbert – Kun László: *Robbantástechnikai kézikönyv*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1965; Bohus Géza – Horváth László – Papp József: *Ipari robbantástechnika*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1983; Mueller Othmár: *Korszerű épületbontás*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1985.

⁵ Lukács László: *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből, különös tekintettel a továbbfejlesztés várható irányaira és a kor új kihívásaira*. Budapest, Dialóg Campus, 2017b.

⁶ Lukács (2017b): i. m. 11.

⁷ A könyvben a „magyar honvédség” alatt azt a mindenkori, központilag szervezett fegyveres erőt értem (függetlenül annak éppen aktuális megnevezésétől), amelynek feladata az ország védelme volt.

a Honvédelmi Minisztérium környezetvédelemért felelős szakmai szervezete felé, érdeklődés továbbra sem volt ez iránt. A Magyar Honvédség 2015-ben kiadott Környezetvédelmi doktrína 1. kiadványában ezt olvashatjuk: „Összhangban a NATO/EU-elvárásokkal, a Honvédelmi Minisztérium és a Magyar Honvédség arra törekszik, hogy a kiképzés, a gyakorlatok és egyéb, a honvédelemmel összefüggő feladatok végrehajtása során a környezet védelmére is figyelmet fordítson.”⁸ 2017-ben sajnos továbbra sem érezte senki a szükségét annak, hogy egy támadó doktrínájú katonai szervezet részére íródott 50 éves Robbantási utasítás átdolgozásával ezek a „törekvések” a gyakorlati élet szintjén is realizálódjanak. A könyvben megemlékeztem a magyar ipari robbantástechnika elmúlt évtizedeiről is legalább azoknak a robbantóanyagoknak a bemutatásával, amelyeknek azóta a hazai gyártó bázisai is megszűntek. Az utolsó fejezetet olyan speciális robbantási munkáknak szenteltem, mint a fémmezmunkáló robbantások, a jégrobbantás és a mezőgazdasági robbantások.

Ennek a műnek mintegy folytatásaként készült el a jelen kiadvány, amelynek első részében az előző könyvből kimaradt robbantási területeket dolgoztam fel: a mozgásakadályozás robbantással végrehajtható feladatait. Ezen belül az alkalmazott hazai katonai robbantóanyagok és a robbantási alapfeladatok tervezésének koronkénti összefoglalását követően bemutatom az utak és műtárgyaik, a vasutak, a repülőterek és a hidrotechnikai létesítmények robbantási szabályainak fejlődését az 1800-as évektől napjainkig. Az első részt az építmények harcászati célú robbantási szabályai zárják. A szakterület e kérdéseinek fejlődéstörténeti vizsgálata alapján is bizonyítottam az előző könyvben megfogalmazott azon állításomat, amely szerint „az eddig alkalmazott robbantási elveket nem kell »elfelejteni«, mert azok szervesen illeszkednek a robbantástechnika általános vonulatába, mely az idők folyamán, empirikus úton szerzett ismeretekből kiindulva, a tudományos vizsgálatok eredményein nyugvó eljárásokká fejlődött”.⁹

A könyv második részében egy olyan robbantási területet vizsgálok, amely ilyen formában még szintén nem került Magyarországon feldolgozásra: a föld alatti aknaharcot. Ez volt a történelem leghosszabb időn át alkalmazott eljárása az ellenség megerősített helyeinek elfoglalására, és ennek ellentettjeként a védők hasonló válasza, az ellenaknák alkalmazása. Az ókortól a középkoron át az újkori csatákig egyaránt találkozunk vele. Csúcspontját az I. világháború tömeges aknaharcai jelentették az ellenség állásai alá ásott/fúrt aknák és a védők által ennek hatástalanítására készített ellenaknák révén, mégis viszonylag keveset tudunk róla. A föld alatti aknaharc történetéről, fejlődéséről szóló fejezetekben korról korra bemutatom a támadók és a védők által alkalmazott technikákat és technológiákat az adott időszak aknaharccal foglalkozó hadtudományi értekezéseiből, műveiből vett idézetekkel és megtörtént csatákról szóló beszámolókkal.

A fejezethez két megjegyzést kell fűznöm. Az első: mivel nem vagyok történész, a szakterület művelői bizonyára számos hibát találnak az alkalmazott kutatás módszerében. Amire robbantástechnikával foglalkozó szakemberként törekedtem: az adott kor

⁸ Ált/218. *Honvédségi Közlöny*, 142. (2015), 10. (2015. november 6.), a Honvéd Vezérkar főnökének 260/2015 (HK. 10.) HVKF szakutasítása a Környezetvédelmi Doktrína 1. kiadásáról, 2–1.

⁹ Lukács (2017b): i. m. 280.

védelmi létesítményei jellemzőinek és az ellenük folytatott aknaharc eszközeinek, eljárásainak bemutatása. A kettő, egymással elválaszthatatlan egységben és kölcsönhatásban fejlődött az idők folyamán, időnként elfelejtve az elődök tapasztalatait, majd a szükség kényszerítő realitása következtében újra felfedezve egyes építészeti vagy ostromeljárást.

A másik megjegyzés a korabeli műszaki katonák eltérő megnevezéseire vonatkozik a könyvben. Ezen a téren a szakirodalmakban is meglehetősen a „zűrzavar”. A mai utász kifejezés eredetileg a francia *sape* aláásni szóból eredő *sapeur* kifejezés volt és árkászokat jelentett. Az orosz haderőt megteremtő I. Péter cár ugyancsak a francia szakki-fejezést vette át az orosz „сапер” megnevezéssel. Az orosz hadseregben ugyanebben az időben megjelent a bányaakna angol és francia nyelvben egyformán *mine* szavából a „минер” aknász kifejezés is, de ahogy Veremejev is ír erről, a gyakorlatban nem volt jelentős különbség az utászok és az aknászok között. A 18. század elejére a francia, a brit, a porosz, kevéssel később más hadseregek szervezeteiben is megjelennek a *pioneer* elnevezésű utász alegységek. A Habsburg Birodalom ausztriai felében 1716-ban *Mineurkompanie* néven állították fel az első aknászs századot, 1747-ben a hadmérnöki kart *Ingenieurkorps*, míg 1760-ban az árkásztüzetet *Sappeurkorps* megnevezéssel. Egy 1939-es magyar meghatározás szerint viszont már „az árkászok főfeladata az erődítés és a rombolás (robbantás), valamint az aknaharc. Az utászok dolga elsősorban a folyó-átkeléseknél a csapatok áthajózása és a hadi-hidak megépítése, másodsorban az árkászok támogatása.”¹⁰ Ezért aztán meghagytam az egyes irodalmakban található megnevezéseket az idézett anyagokban, de a korabeli nevüktől függetlenül mindegyik a föld alatti szűk járatokban, az oxigénhiányos környezet fojtogató közegében pislákoló fények mellett aknaharcot vívó, a járatok beomlásától vagy az ellenséges ellenaknák robbanásától fenyegetett műszaki katonákról szól. A legegyszerűbb dolgom egyébként a török hadsereg aknásaival, a *lagumdzsikkal* volt.

A munkám során – ugyanúgy, mint az előző könyv esetében – nagy segítségemre volt a Nemzeti Közszerződési Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Könyvtára részét képező, mintegy 26 ezer kötetes Mueller Othmár Robbantástechnikai Különgyűjtemény.¹¹ A 2002 decemberében elhunyt dr. Mueller Othmár, az ÉTE Robbantástechnikai Szakbizottság alapítója és vezetője az általa összegyűjtött, Európában is ritkának számító szakkönyvtárát több évtizedes barátságunk alapján és a Nemzetvédelmi Egyetem Műszaki Tanszékén folytatott, többek között személyemhez is kapcsolódó robbantásoktatás és -kutatás színvonalának elismeréseként adományozta az egyetemnek (23. számú melléklet). Az adományozó a végakaratóban megtisztelt a könyvtár szakmai továbbfejlesztésének folytatásával, amelyet nyugdíjazásomat követően dr. Kovács Zoltán alezredes, egyetemi docens kollégám vett át. Ezenkívül felhasználtam az egyetem könyvtárában és a Hadtörténeti Intézet és Múzeum Hadtörténeti (Hadtudományi) Könyvtárában található vonatkozó szakirodalmat. Az adott témákhoz kapcsolódó, célzott

¹⁰ Korszerű műszaki csapatok. *Új Magyarország*, 1939. június 18. 13.

¹¹ Lukács László: A ZMNE Központi Könyvtár, Dr. Mueller Othmár Robbantástechnikai Különgyűjteménye. *Műszaki Katonai Közlöny*, 16. (2006), 1–4. 135–142.

kutatást végeztem az interneten. Sok értékes anyagot találtam továbbá az Arcanum Digitális Tudománytárban.

A műben egyes fogalmak és anyagok nevei többféle formában és helyesírással szerepelnek. Ennek oka az, hogy a különböző szakirodalmakban így jelentek meg, ezért az idézett részekben – a történeti hűség okán – nem alkalmaztam a ma elfogadott megnevezéseket.¹² Ugyanígy az idézetekben meghagytam az anyagban szereplő korabeli helyesírást is.

Befejezésül köszönetet szeretnék mondani azoknak a katonáknak és civil szakembereknek, kollégáknak, akik munkámban támogattak, segítettek!

Ezt a könyvet is felejthetetlen főiskolai robbantástanárom, az 1994 nyarán elhunyt *Hegyi Ferenc honvéd őrnagy*¹³ és több mint két évtizeden keresztül mentorom és barátom, *dr. Mueller Othmár*¹⁴ emlékének ajánlom.

„A műszakiak, ahogyan ez a háború előtt is volt, és ahogyan minden elkövetkező háborúban is lesz, mindig árnyékban maradtak. Természetesen az uralkodó értékelni fogja a munkájukat, és megjutalmazza a zászlóalj vezetőit és a zászlóalj egészét, de a háború történelmi beszámolóit semmiképpen sem fogják hűen tükrözni az aknászok munkájának jelentőségét” – írta Veremejev, a Várna 1828–1829-es ostromában részt vevő orosz utász gárdazászlóaljáról szóló tanulmányában.¹⁵

Ezzel a könyvvel – mintegy napfényre hozva életüket, szolgálatukat, munkásságukat – emléket kívánok állítani a magyar honvédségnél a robbantástechnika kutatásával, fejlesztésével, a robbantás oktatásával, a kiképzéssel és a gyakorlati munkák kivitelezésével foglalkozó műszaki katonáknak, szakembereknek.

Budapest, 2021. augusztus

A szerző

¹² Ahol ezt (a könnyebb érthetőség kedvéért) szükségesnek érzem, ott lábjegyzetben utalok a ma ismert megnevezésre.

¹³ Lukács László: Hegyi Ferenc nyugállományú őrnagy. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2. (1992a) 3. 9–18.

¹⁴ Lukács László: In Memoriam dr. Mueller Othmár. *Műszaki Katonai Közlöny*, 12. (2002), 3–4. 103–108.

¹⁵ Юрий Григорьевич Веремеєв: Лейб-гвардии Саперный батальон – Часть 3. Взятие Варны 1826–1830 гг.

Vákát

I. MOZGÁSAKADÁLYOZÁS ROBBANTÁSSAL

1. Az alkalmazott hazai katonai robbantóanyagok

A fejezetben – a honi ipari robbantástechnikában elfogadott terminológiát alapul véve – a robbantóanyag fogalma alatt a robbanóanyagokat és a robbantószerkezeteket összefoglalóan értjük. Ezen belül robbantószer a töltet közvetlen iniciálására szolgáló anyag vagy szerkezet: azaz gyutacs, időzített gyújtózsín és robbanózsín stb.¹⁶ Tesszük ezt azért, mert a katonai szakterminológiában az egyes korokban jelentős az eltérés ezeknek az anyagoknak az összefoglaló megnevezéseiben. A robbanóanyagokkal foglalkozó alfejezetben részletesebben kitérünk azoknak a katonai gyakorlatban korábban széleskörűen alkalmazott robbanóanyagoknak a bemutatására (ekrazit, cseppfolyós levegő), amelyek jellemzői a mai szakemberek számára értelemszerűen már nem ismertek.

1.1. Katonai robbanóanyagok és töltetek

A feketelőpor Kr. u. 700-ban történő kínai felfedezése után még kb. 300 békeév következett, amikor csak tűzijátékok céljára használták ezt a salétromból, faszénből és kénből álló keveréket. Aztán 1000 körül megérkeztek a mongol hódítók, és azt követően a lőpor évszázadokon keresztül a pusztítás és rombolás szinonimájává vált. Kevés olyan ember alkotta anyag van, amely ilyen nagy hatást gyakorolt az emberiség történelmének alakulására. Csak érdekességként említjük meg, hogy a Budapesten 1996. augusztus 7–11. között megrendezett 23rd Symposium of the International Committee for the History of Technology – ICOHTEC'96 – programjában¹⁷ külön lőportörténeti szekciót is szerveztek 23 előadó (amerikai, brit, ausztrál, francia, görög, kanadai, magyar, német, olasz, svéd, szlovák, orosz) részvételével.¹⁸ A francia René Amiabile előadásában kijelentette: „A középkor adta az emberiség részére a két legrosszabb dolgot, a lőport és a romantikus szerelmet.”

Magyarországon a tényleges lőporgyártás a 15. század közepe táján kezdődött el, bár a korabeli feljegyzések szerint Zsigmond király már 1429–1430-ban két, salétrom szárítására szolgáló sátorral is rendelkezett a pozsonyi várban.¹⁹ Az Osztrák–Magyar Monarchiában a lőporgyártás a császári és királyi katonai kincstár kezelésében volt, még a magánhasználatra szolgáló vadász- és akna- (bányászati célú) lőport is a kincstár

¹⁶ *Robbantástechnikai terminológia – A robbantástechnika időszerű kérdései*. 5. sz. füzet. Budapest, az OMBKE Robbantástechnikai Szakbizottság kiadványa, 1980.

¹⁷ Programme of 23rd Symposium of the International Committee for the History of Technology, 4th Section, The History of Gunpowder (organisers Brenda Buchanan, Lukács László). 23–25.

¹⁸ Abstract of Papers of 23rd Symposium of the International Committee for the History of Technology, 4th Section, The History of Gunpowder. 71–94.

¹⁹ Arday Géza: *A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történeti fejlődése*. Kassa, Szent Erzsébet Nyomda Részvénytársaság, 1910.

forgalmazta. Az előállítás részben a kincstár tulajdonában lévő, részben pedig az ellenőrzése alatt álló magánygyárakban folyt. A legnagyobb kincstári löporgyár Stein mellett működött, és kizárólag hadi célokra szolgáló anyagokat termelt. A legnagyobb magányüzem, a Mayr és Roth-féle az ausztriai Felixdorf mellett mindenféle lőport gyártott. Ez utóbbi 1888-ban 120 főt foglalkoztatott, éves kapacitása 450 ezer kg puskapor vagy 900 ezer kg löveglőpor, vagy 1 millió kg magáncélú (vadász- és akna-) lőpor volt. A salétromot és a ként a kincstár biztosította, máshonnan beszerzett alapanyagok felhasználása tilos volt. A faszenet helyben állították elő, abban az időben galagonya fájából. A szemcse alakú készterméket vászonzsákokba csomagolták, amelyeket 112 kg (két úgynevezett régi bécsi mázsa) lőpor befogadására alkalmas puhafa hordókba tettek. A hasábos fekete és barna löveglőport, valamint a sajtolt aknalőport faládákban forgalmazták.²⁰ Az I. világháború ideje alatt ugrásszerűen megnőtt az igény a lőszerre és a robbanóanyagok iránt. Ennek kielégítésére lépett életbe 1916 végén a Hindenburg-program, amely az ipar teljesítőképességének maximálisra fokozását, az addigi gyártókapacitás duplájára növelését irányozta elő. A gyárak bővítése és új gyárak építése ellenére a tervezett teljesítményt nem sikerült elérni. A feketelőpor ekkor már háttérbe szorult. Jól érzékelteti ezt az 1918. július havi szükséglet, amely 2100 tonna gyér füstű és csak 185 tonna feketelőpor volt.²¹ Az I. világháború után a feketelőpor továbbra is rendszerben maradt a honvédségnél, bár jelentősége csökkent.²²

A 19. század drámai változásokat hozott a robbanóanyagok terén. Szinte az összes, a mai napig önállóan vagy robbanóanyag-keverékekben alkalmazott robbanóanyag ebben az időszakban jelent meg:²³

- 1807: durranóhigany (Alexander John Forsyth);
- 1808: trizinát (Chevreuil);
- 1846: nitrocellulóz (Christian Friedrich Schönbein);
- 1846: nitroglicerín (Ascanio Sobrero);
- 1867: gurdinamit (Alfred Nobel);
- 1875: robbanózselatin (Alfred Nobel);
- 1871: pikrinsav²⁴ (Hermann Sprengel);
- 1879: tetril (Michler és Meyer);
- 1884: füst nélküli lőpor (Paul Vieille);
- 1884: ammónium-nitrát robbanóanyag (Favier);
- 1888: ballistit – kétbázisú nitroglicerines lőpor (Alfred Nobel);

²⁰ Scheich László: A löpörnek gyártása. *Ludovica Akadémia Közlönye*, (1888), 10.

²¹ Turcsányi Gyula: Az osztrák–magyar hadianyagipar fegyver- és lőszertermelésének a világháború alatt. *Műszaki Szemle*, (1925), 1. 4–24.

²² Bővebben lásd Lukács (2017b): i. m. 30–33.

²³ Bővebben lásd Lukács (2017b): i. m. 33–36.

²⁴ Ezzel megteremtődnek a lehetőségek, hogy 1887-ben a francia Eugen Turpin bemutassa a pikrinsav-collodium bázisú *melinitet* (a francia hadsereg rendszeresítette a Turpin-féle, pikrinsavas robbanóanyag-töltetű tüzérségi lőszeret). Ezt követően sorban jelentek meg az egyes országokban a pikrinsavas katonai robbanóanyagok, mint az angol *lyddite*, az orosz *silotwor*, az Osztrák–Magyar Monarchiában az *ekrazit*, a japán *simoze* és a német Sprengkörper.

- 1889 cordit – angol kétbázisú nitroglicerines lőpor (Frederick August Abel és Sir James Dewar);
- 1891: ólomazid (Curtius);
- 1891: trotil (Carl Haussermann);
- 1891: nitropenta (Tollens);
- 1899: ammonal (George Roth és Richard Escales);
- 1895: folyékony oxigén robbanóanyag (LOX²⁵) (Carl Paul Gottfried von Linde);
- 1899: hexogén (Hans Henning) – robbanóanyagként Edmund von Herz szabadalmaztatja 1920-ban.

Az új robbanóanyagok szinte kivétel nélkül megjelentek a katonai gyakorlatban is hatalmas pusztító erejük miatt. Ugyanakkor az is egyre világosabbá vált, hogy a robbanóanyag-fejlesztés másik iránya az ipari robbantástechnika felé fordult, ahol egész más követelményeknek kellett megfelelni, mint amit a hadi alkalmazás elvart: többek között a költséghatékonyságnak.

1956-ban, a *Katonai Szemlé*ben jelent meg Szeberényi István százados írása *Robbanóanyagok a haditechnikában* címmel.²⁶ A hétoldalas tanulmányban egy rövid robbanóanyag-fejlesztéstörténeti bevezető után a robbanás és a robbanóanyag fogalmát, a robbanási folyamatok osztályozását és a gyújtólánc működését (iniciálás) tárgyalja a szerző. A robbanóanyagok osztályozásánál kitér a katonai robbanóanyagokkal szemben támasztott speciális követelményekre is, úgymint: kellő energiatartalom, külső behatásokkal szembeni érzéketlenség, kémiai stabilitás, könnyű alakíthatóság és szerelhetőség, könnyű, olcsó és biztonságos, elsősorban hazai alapanyagokon nyugvó gyárt-hatóság. A szerző itt leszögezi, hogy „a jelenleg ismert és felhasznált robbanóanyag közül egyik sem elégíti ki maradék nélkül a fenti követelményeket, csak arra tudunk szorítkozni, hogy olyan robbanóanyagokat állítsunk elő, amelyeknek tulajdonságaiban a legjobban megközelítik az ideális robbanóanyagot”.²⁷

Czapek Béla egy 1977-es cikkében²⁸ szintén foglalkozott a robbanóanyagokkal szemben támasztott katonai és polgári igények közötti eltéréssel. Mint írja, amíg az ipari robbantások legtöbbször főleg tolóhatású robbanóanyagot alkalmaznak, addig a haditechnikában akár a lőszeres tölteteként, akár építményrobbantások úgynevezett „utász robbanóanyagaként” elsősorban közepes vagy magas hatóerejű brizáns robbanóanyag felhasználása szükséges. Ugyanakkor „a brizáns robbanóanyagokkal lehet, de nagyon gazdaságtalan fedezéket robbantani. Ennek ellenére még ma is az öntött TNT-ből készült földrobbantó töltetek vannak elterjedve a hadseregekben.”²⁹ Arra is felhívja azonban

²⁵ *Liquid Oxigene explosive*.

²⁶ Szeberényi István: *Robbanóanyagok a haditechnikában. Katonai Szemle*, (1956), 9. 104–110.

²⁷ Szeberényi (1956): i. m. 106.

²⁸ Czapek Béla: *Új robbanóanyagok az építés szolgálatában. Haditechnikai Szemle*, 10. (1977), 3. 84–88.

²⁹ Czapek (1977): i. m. 87–88.

a figyelmet, hogy a hadsereg igényeinek megfelelő tolóhatású robbanóanyagokkal szemben a polgári alkalmazáshoz képest eltérő követelmények vannak, úgymint:

- legalább 5–10 éves tárolhatóság;
- -40 °C és $+50\text{ °C}$ közötti működőképesség;
- a közepes hatóerejű robbanóanyagokkal megegyező vagy nagyobb hatás a földrobbantásnál;
- a veszélytelen szállíthatóság mindenfajta járművön;
- egységes súlyú és méretű töltetek;
- a TNT-hez viszonyított kisebb ár.³⁰

Az ipari robbanóanyagokhoz képest a *katonai robbanóanyagokkal szemben támasztott speciális követelményeket a Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből* című könyvben az alábbiak szerint foglaltam össze:

- Fokozott kémiai stabilitás: a robbanóanyagoknak legalább 10 évig felhasználható állapotban kell maradniuk (a fél- vagy egyévente végrehajtandó csere a központi készleteknél – anyagi megfontolások miatt is – elképzelhetetlen).
- Nagy fokú érzéketlenség a külső, mechanikai hatásokkal szemben: nemcsak ütésre, de még lövedék becsapódására sem robbanhatnak fel.
- Gyutacsindíthatóság: a tölteteknek fel kell robbanniuk a 8-as erősségű gyutacs robbanásának hatására.
- Vízállóság: mivel a robbanóanyagok tárolása során ugyanúgy, mint a felhasználáskor előre nem látható, kedvezőtlen külső feltételek is fennállhatnak, a robbanóanyagoknak ellen kell állniuk e hatásoknak is.
- Szélsőséges hőmérsékleti viszonyok között is működőképesnek kell maradniuk: mivel a harcselekmények minden évszakban folyhatnak, így a robbanóanyagoknak a várhatóan előforduló legalacsonyabb és legmagasabb hőmérsékleten is robbanniuk kell (általában $-20\text{--}30\text{ °C}$ -tól $+60\text{ °C}$ -ig).
- Könnyű adagolhatóság és szerelhetőség: a harcban nincs lehetőség a mérleg alkalmazására, ugyanakkor például az egyes szerkezeti elemek robbantásánál a töltet könnyű felhelyezhetősége és felerősíthetősége is lényeges szempont, ezért a katonai robbanóanyagokat rendszerint meghatározott tömegű töltetek (legtöbbször préstestek vagy plasztikus robbanóanyagok esetén „téglák”) formájában gyártják.
- Megfelelő brizancia: a katonai robbanóanyagok az esetek jelentős részében fojtás nélkül, úgynevezett szabadon felfektetett (rátett) töltetként kerülnek felhasználásra. A robbantandó céltárgy lehet fa, fém, kő, beton, vasbeton ugyanúgy, mint például talaj; ezért a közepes vagy magas hatóerejű brizáns robbanóanyagokat alkalmazzák a katonai gyakorlatban, és ezek közül is elsősorban azokat, amelyek a fentebb vázolt követelményeknek megfelelnek.

³⁰ Czapek (1977): i. m. 88.

Josef Köhler és Rudolf Meyer *Explosives* című munkájukban³¹ az 1. táblázatban foglaltakat közlik erről.

1. táblázat: Az ipari és a katonai robbanóanyagokkal szemben támasztott követelmények

Követelmény megnevezése	Ipari robbanóanyag	Katonai robbanóanyag
Teljesítmény	<ul style="list-style-type: none"> – Nagy gázfejlődés és magas robbanás-hő = nagy robbanóerő (munkavégző képesség). – A magas detonációsebesség nem követelmény (kivéve a szeizmikus kutatásokhoz gyártott speciális robbanózselatinokat). 	<p>Függ az alkalmazástól: aknák, bombák, tüzérségi lőszer, rakéták.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Harci fejek töltetei: <ul style="list-style-type: none"> • magas gáznyomás; • nagy gázfejlődés; • magas robbanás-hő (magas detonációsebesség nem követelmény). – Gránátok töltetei: <ul style="list-style-type: none"> • nagy repeszképző hatás; • nagy töltési sűrűség; • nagy detonációsebesség; • közepes munkavégző képesség elegendő. – Kumulatív töltetek: <ul style="list-style-type: none"> • extrém magas sűrűség és detonációsebesség (HMX a legjobb); • magas hatóerő (brizancia) és munkavégző képesség.
Érzékenység	<ul style="list-style-type: none"> – Kezelésbiztonság. – Gyutacsérzékenység (kivéve a <i>slurry</i>-ket és az ammónium-nitrát tüzelőanyag-keveréket). 	<ul style="list-style-type: none"> – Amennyire csak lehetséges, érzéketlen. – Tűzbiztos. – Ütésbiztos. – Lövésbiztos.
Stabilitás és tárolhatóság	<ul style="list-style-type: none"> – Kb. hat hónap tárolási idő vagy több. – Semleges (nincs az alkotók között nitric-azid [salétromsav – <i>L. L.</i>]). 	<ul style="list-style-type: none"> – 10 év vagy több a tárolási idő. – Semleges. – Fémekkel nem reagál. – Alakítható.
Vízállóság	<ul style="list-style-type: none"> – Töltényezve két órát el kell viselnie állóvízben (szeizmikus robbanóanyagoknak többet). 	<ul style="list-style-type: none"> – Tökéletes vízállóság, legalább a fegyverbe való betöltésig.
Adagolhatóság	<ul style="list-style-type: none"> – Zselatinált vagy por. 	<ul style="list-style-type: none"> – Öntött vagy préselt.
Hőtűrő képesség	<ul style="list-style-type: none"> – –25 °C-ig (–13 °F) nem fagyhat meg. – +60 °C-ig (140 °F) néhány órát ki kell bírnia. 	<ul style="list-style-type: none"> – Teljes működőképességét meg kell őriznie –40 °C (–40 °F) és +60 °C (+140 °F) között, sőt különleges esetekben e fölött is.

Forrás: Köhler–Meyer (1993): i. m. 142. 12. táblázat alapján, fordította a szerző

1.1.1. Robbanóanyagok a magyar fegyveres erőknél 1945-ig

Az Osztrák–Magyar Monarchia közös hadseregében a lőport (feketelőpor), a dinamitot és 1892-ig a hadi „repesztő-gelatine-t” használták. Ez utóbbi a hadi kormányzat rendelkezése alapján saját fejlesztésű robbanóanyag volt, amely már kis távolságú

³¹ Josef Köhler – Rudolf Meyer: *Explosives*. 4. kiadás. Weinheim, VCH Verlagsgesellschaft GmbH, 1993.

lövessel szemben is érzéketlen maradt (ellentétben az egyébként alkalmazott hagyományos „repszto-gelatine”-nal). Ezt a képességét 96% „repszto-gelatine” és 4% kámfor megfelelő keverésével érték el. Ennek ellenére 1892 után a katonai gyakorlatban a hadi „robbantó-gelatine”-t az ekrazit (pikrinsavas robbanóanyag) váltotta fel, amelynek hatása ugyanakkora volt, mint a dinamité (dynamit), sőt vasszerkezetek robbantása esetén még felül is múlta azt.³²

A dinamitról Kobilicz Lajos honvéd hadnagy az alábbiakat írta a *Ludovica Académia Közleménye* 1875-ös számában megjelent cikkében.³³

„Az osztrák magyar hadseregben következő dynamit-robbantólőszer használtatik:

2. A robbantó bődön, bádogból készített 11" 5" magas és 8" átmérőjű,³⁴ teljesen elzárt hengerben, szirony-papírhüvelybe borítva 25 font³⁵ dynamitot tartalmaz;
3. A robbantó szelencze bádogból készített, 2' hosszú és 3" átmérőjű mindkét végén elzárt hengerben; szirony-papírhüvelyekben két egyenlő nagyságú, egyenként 3.5 font, összesen 7 font dynamitot foglal magában.
4. A nagy robbantótöltény 6" hosszú 5/4" vastag s szironypapírból készítve 11 lat³⁶ dynamitot tartalmaz.
5. A kis robbantótöltény 6" hosszú 1" átmérőjű papírhüvelyben 7 lat³⁷ dynamitot tartalmaz.”³⁸

Érdekesség, hogy a „dynamit-robbantólőszerkezetekhez” háromféle (az 1–3. jelű töltényeknek megfelelő méretű), lemezhangerekben elhelyezett külön gyújtótöltény volt rendszeresítve. A töltetük 25% lögyapot és 75% nitroglicerinn volt, és egy foglalatot is kialakítottak benne a robbantógyutacs számára, amelynek „hossza 1", átmérője 2 3/4" veresrézből van készítve, s félig 1 gramm durrhigannyal megtöltve”.³⁹

A következőkben ismerkedjünk meg a másik korabeli robbanóanyaggal, a „repszto-gelatin”-nal, amelyről Dolecskó Ferenc írt 1881-ben megjelent cikkében.⁴⁰

„Nem mulaszthatom el, hogy ezen helyen a kámforos repszto-gelatinról is röviden meg ne emlékezzem, noha ezen repszto-anyag csak is hadászati célokra készül és ottan van hivatva szerepet játszani. Az intéző magasabb katonai körökben élénk mozgalom indult meg az iránt, hogy az igen érzékeny, veszedelmes és aránylag drága lövőgyapot⁴¹ helyett oly repszto anyagot lehessen khemiai úton előállítani, mely legkevésbé se legyen

³² Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Budapest, Pallas Rt., 1903. 37–38.

³³ Kobilicz Lajos: A dynamit. *Ludovica Académia Közölye*, (1875). 466–473.

³⁴ Az alapegység a láb (*foot*), jele egy aposztróf ('), ennek 12-ed része a hüvelyk (inch, Zoll vagy magyarosan: col), jele a két aposztróf ("), ez utóbbi 12-ed része a vonal vagy vonás, jele a három aposztróf ("").

Andor Csaba: Mértékegységek. *SzegediLap*.

³⁵ 14 kg.

³⁶ 19,25 dkg.

³⁷ 12,25 dkg.

³⁸ Kobilicz (1875): i. m. 467.

³⁹ Kobilicz (1875): i. m. 468.

⁴⁰ Dolecskó Ferenc: A dynamit robbantószer tulajdonsága és az avval való bánásmód. *Magyar Mérnök*, (1881). 396–442.

⁴¹ Nitrocellulóz.

veszedelmes a közvetlen ütésre nagyobb megrázkódtatásra, de különösen a legközelebbi lövésre is – mely golyóval történik – érzéketlen maradjon. Végre több évi kísérlet után a kámfort találták annak a szernek, melyet ha bizonyos mennyiségű repesztő-gelatinnal keverünk, az külső ütésre nagyobb megrázkódtatásra teljesen érzéketlen lesz annélkül azonban, hogy repesztő képességéből veszítene, sőt hatásosságra tútesz a lövőgyapoton is.

Ezen új robbantó anyag hadi repesztő-gelatin név alatt ismeretes és áll: 4% kámforból és 96% repesztő-gelantinból, ez pedig 90% nitroglycerinből és 10% föloldható lövőgyapotból. Ez kocsonyás, rugalmas áttetsző állományt képez, melyet késsel vághatunk, és melyből a legnagyobb nyomásra sem válik ki a nitroglycerin; színe halaványsárga. Fajsúlya: 1,6. Vízben föl nem olvad, 50–70 °C fokig fölmelegítve, legcsekélyebb változást sem lehet rajta észre venni. 0 °C foknál kezd megmerevedni és 10°–15 °C foknál megfagy teljesen. Szabadon meggyújtva elég annélkül, hogy fölrobbanna, vagy káros és veszedelmes gázok kifejlenének. 60 °C fokon fölül ha lassan hevítjük 300–330 °C-fokig egyszerűen süstörögve elég, 10% kámforral kevert repesztő-gelatin lassú hevítésnél föl sem robban hanem lassan fölolvlik. Miután ezen új hadi-repesztő-gelatin igen érzéketlen és a mint az eddigi kísérletek bizonyítják, hogy 2 gr. durranó higanyval töltött gyújtókupak sem volt képes a 4% kámforral kevert repesztő-gelatint teljes robbanásra bírni, ennélfogva hatásosabb gyújtó-töltésről és gyújtó-kupakról kellett gondoskodni.

Az új gyújtó-töltés áll: 60% nitroglycerinből és 40% különösen e célra készített növény rostos-dynamitból (nitro-hydrocellulose) és ennek fölgyújtására szolgál a kettős, vagyis patent gyújtó-kupak, mely 2–5 gr durranó-higanyval van megtöltve. Repesztő- és gyújtó-töltésül megfagyott kámforos repesztő-gelatint nem szabad használni, hanem azt melegítő palackokban kell meglágyítani.

Az új hadi repesztő-gelatinnal való bánásmódra, töltés készítésre, raktározásra, szállításra és fölgyújtásra nézve stb. ugyan azon rendszabályok érvényesek, melyek a repesztő-gelatinra és a közönséges dynamitokra vannak előírva.⁴²

A szerző részletesen bemutatja a tanulmányában az abban az időben rendszeresített egyéb dinamittípusokat, kezelésük és szállításuk szabályait, sőt robbantási kísérleti példákkal igazolt hatásukat is. Számítási példákat is közöl közet, fa- és vasszerkezetek, faszervezetű hidak és szádfalak robbantásához és jégrobbantáshoz. A könnyebb töltet-meghatározást 13 táblázat segíti a tanulmány végén, sőt a töltet szerelési munkáinak biztonságos végzésére vonatkozóan is útmutatást ad.

Az első robbantással is foglalkozó szabályzat, a *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához* (1899)⁴³ tankönyv a lóport, a dynamitot és az „ékrazitot (pikrinsav)” sorolja fel mint az „aknatöltetek” robbantószerzeit. Ezen belül a tábori felszerelés szabványos robbantószerze az ekrazit volt, amelyből 1 kg-os robbantószelencéket készítettek a lovaság utászszakaszai részére. A szelence vízállóan forrasztott (0,3 mm vastag) fehérbádóg

⁴² Dolecskó (1881): i. m. 400–401. Dolecskó megjegyzése a cikk lábjegyzetében – bővebb és részletesebb leírását lásd: „Ueber ein neues Kriegs-Sprengmittel” von Philipp Hess. Wien, 1878.

⁴³ *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához* – fordítás. Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., 1899.

burkolattal rendelkezett. Érdekes, hogy a robbanóanyagot ismertető 212. pont csillaggal jelzett lábjegyzete szerint ezek „csak a m. kir. honvéd Ludovika Akadémián és a nagyváradai honvéd hadapródiskola lovas növendékeinek adandók elő”.⁴⁴

Megjegyzendő hogy bár a trotilt (trotyl) nagy mennyiségben gyártották a Monarchia robbanóanyaggyárai (békeidőszakban naponta 16 tonnát, amely a háborús készülődés időszakában napi 36,7 tonnára növekedett), felhasználására mégis kizárólag tűzérési löszerek tölteteként került sor.

Az 1902-ben kiadott *E-23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század utászai számára*⁴⁵ már arról ír, hogy „a lovas utász-szakaszok robbantó-löszere az 1 kg robbantó szelencéből áll. Azonban azoknak az utász-csapat készleteiből és mozgó intézeteiből 1 ½ kg és ½ kg ecrasit robbantó-szelencék is kiutalhatók.”⁴⁶

„Az ecrasit föl nem dolgozott állapotban finom, világos-sárga, fény- és szagtalan, keserű ízű por. Szabadon fekvő töltet gyanánt való alkalmazásra az egy külön gyári eljárással 1.4 sűrűségűvé dolgoztatik föl. Ily állapotban összetartó, kemény tömeget képez, melynek sárga színe valamivel kevésbé világos, mint a fel nem dolgozott ecrasité. Az ecrasit szerves, mérsékeltén erős méreg.

Rendes és alacsony hőmérséklet nem változtat rajta. Az ecrasit a nedvességével, ütéssel és lökéssel szemben nagy mérvben érzéketlen. Viz alatti alkalmazásra az ecrasit vízhatlan borítékokban őrzendő meg.

Az ecrasit parázssal vagy lánggal nem egy könnyen gyújtható meg. A felrobbanás biztonsággal csakis a 2 g robbanó csappantyú durranása által idéztetik elő, minél azonban teljes erejű robbanás előidézése céljából utóbbinak az ecrasitba erősen be kell foglalva lennie.

Az ecrasit, gyakorlatilag véve, lövbiztos, a mennyiben csak 500 lépésnél kisebb távolságról az 1888. évi mintájú 8 mm ismétlőpuskának (1890. évi mintájú puskaporral) és pedig csak nagy számú (15-20) szorosan egymás mellett fekvő találatai által volt fölrobbantható. Igen kis távolságokról (100 lépésről) löve egyes kézi lőfegyvertalálatok az ecrasitot fölgyújtani képesek, minél az elcsomagolási edényekkel együtt aránylag lassan ég el.”⁴⁷

1915-ben adták ki az *E-39.b. jelű Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság számára* című szabályzattervezetet.⁴⁸ Elődjéhez képest annyival több információt közöl az ekrazitról, hogy „földdolgozva vakarható, letördelhető anyagot képez. Mérgező, izgatja a nyákhártyákat, szerves anyagot (például a bőrt) sárgára fest, és +122 °C hőfoknál olvad. A levegő nedvessége ellen érzéketlen, hideg vízben nehezen, de forró vízben könnyen

⁴⁴ *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához* – fordítás. Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., 1899. 186.

⁴⁵ *E-23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászai számára*. Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, 1902.

⁴⁶ *E-23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászai számára*. Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, 1902. 1.

⁴⁷ *E-23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászai számára*. Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, 1902. 3–4.

⁴⁸ *E-39.b. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság számára – tervezet*. Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, 1915.

oldódik. A vörös rézt és horganyt erősen megtámadja, vasat kevésbé, cinkt majd nem semmit. Parázzsal és lánggal nehezen gyűjthető meg és csendesen ég le. Ütéssel és lövéssel szemben érzéktelen, és csak a 2 g.-os robbantó gyutacs durranása által robban fel.”

Új kiszerezésként jelennek meg a 3 cm átmérőjű, 10 cm magas „paraffinpapírosba göngyölt 0.1 kg súllyal bíró ekrasithengerek”.⁴⁹

Az ekrazitról a fentieknél részletesebb információk – érdekes módon – egy napilapban 1912-ben megjelent szócikkben olvashatók, *Ismeretterjesztő közlemény a kecskeméti városi vegyvizsgáló állomás laboratóriumából* alcímmel.

„A pikrinsav sóit pikrátoknak nevezzük. Ezen pikrátok jelenleg a legveszedelmesebb robbanó anyagok, amelyek különböző név alatt és különböző összetétel mellett mint ecrazit, melinit, liddi és a japánok által használt simoze szerepelnek a gyakorlati életben. Egyben azonban mind megegyeznek, hogy alapanyaguk és egyszersmind főalkató részük az olvasztott pikrinsav. Az ecrazit a francia écrasev szótól veszi eredetét, amely annyit jelent, hogy szétzúzni, gyártása – miután államtitkot képez – nem közölhető. Hadvezetőségünk 1892 óta nemcsak a műszaki csapatok robbantásaihoz használja, hanem még dinamit helyett tüzérségi lövedék is rendszeresített. A ma használt ecrazit összetétele más, mint az eredetileg 1887-ben a Nobel-féle dinamitgyár által bemutatott és elfogadott ecrazité volt.

Az ecrazit nyers állapotban fénylő, finom, világos sárga, szagtalan és kesernyés ízű anyag, mely szabad szemmel sárgásán fénylő, tű alakú, áttetsző kristályoknak látszik, földolgozva törékeny és morzsolható. Egykönnyen lánggal, vagy parázzsal sem nyers, sem pedig feldolgozott állapotban meg nem gyűjthető. Nyomással, ütéssel és dörzsöléssel szemben majdnem teljesen érzéktelen, de azért ütéstől dörzsöléstől és különösen por- és fémrészecskék káros behatásától megóvni igen ajánlatos. Hadseregünkben az ecrazitot a műszaki csapatoknál és a lovasságnál robbantásokra, a tüzérségnél lobbanó lövedéknek használják. E célra másfél kg, 1 kg és fél kg-os robbantó szelencéket, robbanó lőszerkeket és indító robbantó szelencéket használnak, melyeket robbanó gyutacs (durranó kéneső) segítségével robbantanak fel. A tüzérségnél használt ecrazit lövedéket csakis szilárd tárgyak (torony, várfal stb.) szétrombolására használják. Az ecrazit robbanó hatását a következő módon állapítják meg: 1.5 m hosszúságú és 22-30 cm keresztmetszetű puhafagerendákat lefektetnek a keskenyebb oldalukra és pedig 1-1 méter távolságra és 80 cm-re a föld fölött. A gerenda közepére helyezik el az 1 kg-os ecrazit-szelencét, amelyet 2 grm-mos gyutaccsal robbantanak fel. Robbanás után hatását összehasonlítják a 0.78 kg. elsőosztályú gúrdinamittal. Most már az ecrazit robbanó hatását vagy kisebbítik, vagy nagyobbítják, mindaddig, míg a gerendát 3 ízben teljesen áttöri.”⁵⁰

Az I. világháborúban az extrém mértékben megnövekedett igények minden korábbi szabályzatot felülírtak. Turcsányi Gyulának a *Műszaki Szemlében* 1925-ben megjelent, *Az osztrák-magyar hadianyagipar fegyver- és lőszer-teljesítménye a világháború alatt*

⁴⁹ E-39.b. *Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság számára – tervezet*. Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, 1915. 3-4.

⁵⁰ A robbanó anyagokról. *Kecskeméti Újság*. 5. (1912. július 16.), 158.

című tanulmánya⁵¹ nagyon elgondolkodtató összegzését nyújtja a történeteknek. Ahogy fogalmaz: „Bár már a világháború alatt sem volt kétséges, hogy a modern háború rengeteg pénzt és anyagi áldozatot követel, mégis a hadianyag ipar teljesítményéről, az abnormálisán nagy anyag elhasználásról csak most, évek múltán, különféle statisztikák megjelenése után alkothatunk magunknak helyes fogalmat. [...]”

A háború első hónapjában [...] a mozgósított hadiipar teljesítménye elegendőnek látszott s a katasztrófával fenyegető utánpótlás elégtelensége csak a békekészletek felhasználása után vált érezhetővé. (1914. év vége.) Ekkor kezdődött meg tulajdonképpen emberfeletti, nehéz, de erélyes munkával a békében még csak nem is remélt nagy szükségletet fedezni képes hadianyagipar talpraállítása.”⁵²

A cikkben összegzett értékelést olvashatunk a hadiipar minden területéről, beleértve az olyan nélkülözhetetlen ipari alapanyagok beszerzésének problémáját is, mint a szén és a különböző fémek. Tanulmányunk szempontjából most csak a robbantóanyag-gyártás problémáira térünk ki.

„Lőporgyárak közül a Blumau-i, Magyaróvár-i és Trofaiach-i gyárak voltak a legnagyobb teljesítőképességűek. Utóbbi havonta 200 tonna fekete lőport gyártott. A Moosbierbaum-i lőporgyárat a háború alatt állították fel. Robbanóanyaggyárak közül a Blumau-i teljes üzemben napi 16.000 kgr trinitrotoluolt, 6000 kgr dinamitot, 105.000 kgr dinamont, 4000 kgr pikrinsavat, a Chemischer Verein Aussig napi 1000 kgr pikrinsavat, a Trofaiach-i napi 3000 kgr clorátrobbantószert gyártott. Gyujtógyár békében csak egy volt, a Hirtenberg-i. Gyujtóalkatrészeket kisebb üzemek is gyártottak a háború alatt, melyek gyártmányaikat a szerelő-állomásokra szállították; az összeszerelés ezeken a helyeken történt. Gyutacsokat, csappantyus csavarokat sok üzem gyártott; teljesítményük után említésre méltóak Sellier és Bellot Prag-Ziskov, a A. G. Roth Wien, Hirtenberg, Magyaróvár, Berndorf, Telefongyár Rt. Budapest stb. gyárak. [...]”

A háború folyamán a havi lőporgyártást havi 210 tonnáról 3400 tonnára, a robbanóanyaggyártást 53-ról 5130 tonnára fokozták. Ennek dacára a robbanóanyaghiány állandó volt s korlátozta a gránátgyártást.”⁵³

A napi „lövőszermennyiség szereléséhez” szükséges robbanóanyag-mennyiséget az alábbi táblázatban foglalta össze.

Ahhoz, hogy a hadszíntéri igényeket – legalább részben – teljesíteni tudják, az eredeti alapanyagok helyett más, még elérhető forrásokhoz is nyúltak. „A nitroglicerines lőpor glicerinjét kényszerűségből cukorból nyerték, a nitrocellulosénál gyapot helyett faanyagot használtak, a trinitrotoluolt ammoniával keverték. A háború végén általában a lőpor és robbanóanyagnál minden eredeti anyag helyett póanyagot használtak, a töltényhüvelyek és gyújtók fémrészeit póanyagokkal pótolták stb.”⁵⁴

⁵¹ Turcsányi (1925): i. m. 4–24.

⁵² Turcsányi (1925): i. m. 4–5.

⁵³ Turcsányi (1925): i. m. 10–11.

⁵⁴ Turcsányi (1925): i. m. 13.

2. táblázat: Az Osztrák–Magyar Monarchia hadseregének a napi „lövőszermennyiség szereléséhez” szükséges robbanóanyag mennyisége az I. világháború alatt

Szerelő állomás	Trotyl kg	Ekrasit kg	T-Ammonal kg
Wöllersdorf	6 760	6 000	4 550
Weiss M. Budapest	10 907		2 600
Böhler	3 202		
Enzesfeld	5 206		
Škoda-művek	3 228		
Lipták, Budapest	7 120		1 625
Dynamit Nobel, Pozsony	–	6 000	
Komárom	282		5 200
Összesen	36 705	12 000	13 975

Forrás: Turcsányi (1925): i. m. 11.

„1918 második felében, a Piave-csata után már reménytelen volt helyzet! A szén- és anyáginőség megbénította a termelést. [...] Az összes havi szükséglet 1918. júliusban lőpor és robbanóanyagban:

- Gyérfüstű lőpor kb. 2100 tonna; ebből a tüzérségi lövészer részére 1868 tonna, az aknavetők részére 50 tonna, a kézfegyverlövőszer részére 155 tonna, a tengereszet részére 25 tonna és különböző célokra 12 tonna;
- Fekete lőpor kb. 185 tonna;
- Tritol kb. 1133 tonna;
 - tüzérségi lövészer részére kristályos 72 tonna
 - nem kristályos 820 tonna;
 - 470 tonna T-ammonal részére 141 tonna;
 - repülőbombák részére 100 tonna
- Pikrinsav kb. 172 tonna, ebből;
 - gránáttöltet részére 120 tonna;
 - gyújtótöltet részére 20 tonna;
 - aknavetők részére 22 tonna;
 - utászlövőszer 10 tonna.”⁵⁵

Ugyancsak érdemes megemlíteni, hogy az akkori számítások szerint harchelyzetben „a robbanóanyagok legnagyobb fogyasztóját a tüzérségi lőszer képezi, utána következik a gyalogsági kézigránát, majd a légibombák, utász robbanóanyagok és aknák”. A durva becslés szerint a robbanóanyag-szükséglet megoszlása a következő volt:

- tüzérségi lőszer 60%;
- kézigránát 22%;
- légibombák 10%;
- utász-robbanóanyag és -akna 4%;
- hadianyagipar 4%.

⁵⁵ Turcsányi (1925): i. m. 17–18.

Mindez egy 1932-es tanulmányban⁵⁶ olvasható, amely a Magyar Honvédség robbanóanyagokkal való ellátottságának helyzetét vizsgálta a Monarchia felbomlása után.

A Vörös László okl. vegyész-mérnök által 1930-ban megjelentett, *A robbanóanyag-ellátás problémája a háború alatt és után* című cikkéből⁵⁷ még több részletet ismerhetünk meg ebből az időszakból.

„A minden várakozás ellenére négy esztendőre nyúlt nagy háborút a körülzárt központi hatalmak egyéb, talán nem kisebb súlyú körülmény mellett, amilyen az egyre növekvő élelmiszerhiány volt, főként azért sem nyerhették meg, mert a háború hosszú éveit nyersanyagkészleteik kimerültek, sőt nagyrészt a pótanyagok is elfogytak. Ez a körülmény úgyszólván az egész hadianyagra nézve megállapítható, de fennáll különösen azokra a nyersanyagokra, amelyek robbanó- és lövészek készítésére szolgálnak.”⁵⁸

„A nyersanyaghiány a glicerin és a salétromsav elfogyása alakjában jelentkezett, már a háború első hónapjaiban. [...] Később kénsavhiány is jelentkezett [...] E körülmények első következménye az ipari célokra használt dinamitféleségek nitroglycerintartalmának csökkentése volt, továbbá néhány ammonitrát-robbanóanyagok nitroglycerin nélküli való felhasználása. Miután ezekben az években a koncentrált salétromsav előállítására még csupán chilesalétrómból történt, csakhamar hiány mutatkozott nátron és kálsalétrómban is, illetve fekete lőpor és hasonló készítményekben. [...] A nagykaliberű lövedékek leghasználatosabb robbanótöltetét, a trinitrotoluolt az ipari robbanóanyagokban alacsonyabban nitrált alkatrészeket is tartalmazó folyékony tri-, illetve dinitrotoluollal helyettesítették. A háború utolsó évében már a nitronaphthalinokat is alkalmazták, azonban csak igen kis mennyiségben, úgy, hogy az akkori készletek jelentékeny része máig is fennmaradt. Átkristályosított, chemiailag tiszta trinitrotoluol előállítása is egyre nagyobb nehézségekkel járt.”⁵⁹

„A háború kezdetével csaknem egybeesik a chlorát- és perchlorát-robbanóanyagok lendületes előretörése. A rendelkezésre álló statisztikai adatok szerint békében még 50.000 tonna más robbanóanyagra alig 230 tonna chlorátrobbanóanyag jutott. Ekkor ugyanis csupán a 79% káliumchlorát, 1% mononitronaphthalin, 15% dinitrotoluol és 5% ricinusolaj megközelítő összetétellel bíró cheddítféleségek voltak használatosak, az 1912-ben készített miedziankit, – ma chloratit – robbanóanyagon kívül, mely főtömegében ugyancsak káliumchlorátból áll. A perchlorát-robbanóanyagok (alkalsit, persalit, yonckit stb.) már kivétel nélkül tartalmaztak ammonitrátot is, nitroglycerin mellett. A perchlorát-féleségek a háború alatt az ipar számára nem álltak rendelkezésre, miután használatuk nitroglycerin fogyasztással járt, a hadvezetőség azonban aknatöltetekben felhasználta, mely célra az ütés és dörzsölés iránt igen érzékeny chlorátrobbanóanyagok

⁵⁶ H. T. I.: *Robbanó anyagok, pótrobbanó anyagok – a Haditechnikai tájékoztató sorozat 17. közleménye. Magyar Katonai Szemle, (1932), 6. 123–134.*

⁵⁷ Vörös László: *A robbanóanyag-ellátás problémája a háború alatt és után. Műszaki Szemle, (1930), 5. 382–387.*

⁵⁸ Vörös (1930): i. m. 382.

⁵⁹ Vörös (1930): i. m. 383–384.

nem jöhettek tekintetbe. Ezeknek az anyagoknak megfelelő mennyiségben való előállításá-eleinte nagy nehézségekkel járt.”⁶⁰

A hiányok pótlására más robbanóanyagokat kerestek. „Ez az új anyag a *cseppfolyós levegő* alakjában jelentkezett s állt rendelkezésre már az 1915. év végén, illetve 1916 elején. A Simplon-alagút építésénél a cseppfolyós levegővel szerzett tapasztalatok nem voltak kielégítőek, ennél fogva az addig használt eljárást nem lehetett változtatlanul alkalmazni. A módosítás lényegileg abban állt, hogy az elegyből a nitrogént fractionált desztilláció segítségével lehető tökéletesen elűzték, úgy, hogy csaknem tiszta oxigén maradt vissza. Nagy nehézséggel járt a háború alatt, megfelelő minőségű, nagy mennyiségben rendelkezésre álló szénféleség kiválasztása is. Eleinte, rövid ideig, petróleummal itatott kováföldet és fűrészport alkalmaztak, majd parafalisztet, továbbá naphtalinból nyert kormot, később már naphtalin sem állt e célra rendelkezésre, miután a mesterséges füstanyagok előállítására használták fel. A cseppfolyós levegőnek robbantási célokra való széles körű felhasználása egyébként szomorúan jellemző a háborús viszonyokra, amennyiben legvégül semmi más nyersanyag nem állt a központi hatalmak rendelkezésére, – csak levegő. Katonai célokra békeidőben természetesen csupán a robbantási módszerek begyakorlása szempontjából jöhet tekintetbe a cseppfolyós levegő.”⁶¹

„Megemlékezünk e helyen néhány olyan pótanyagról is, amely a robbanóanyagokkal kapcsolatban nyert felhasználást. Ilyen például az ugyan már 1907 óta jobban ismert, de alig használt ólomazid, amelyet higanyhiány miatt ugyancsak fel kellett használni, és pedig jelentékeny mennyiségben. Rendszeres használata csupán a háború után, ólomtrinitroresorcináttal kombináltan került s gyutacsokban a durranóhigany kiváló értékű versenytársának bizonyult. A gyutacshüvelyek sárga és vörösréz hiányában nagyrészt az ansonit-nak elnevezett cinkötvözetből készültek. A gyújtózsínórok jutaburkolatát csakhamar papírszövettel, illetőleg papír és műgyapotszál-keverékből készített szövettel kellett helyettesíteni. Ezen anyagok csak kevésbé megbízható gyújtózsínórhoz vezettek, úgy, hogy tűzátugrás, illetve ebből származó balesetek gyakran fordultak elő.

A lőporgyártásnál zselatináló, illetve stabilizáló anyagként használt kámfort később részben műkámfor helyettesítette. A háborús évek előrehaladtával sikerült a Dr. Connstein-féle eljárás segítségével cukornak speciális módon való elerjesztése útján glycerint tekintélyes mennyiségben előállítani. Ez a találmány jelentős könnyebbéget jelentett löveglőporok előállítása tekintetében, csupán az sajnálatos, hogy az e célra felhasznált cukrot a népelelmezéstől kellett megvonni. De megkísérelték a nitroglycerin helyettesítését etilén elszappanosítása útján készített glykol, illetve dinitroglykol útján, mely anyag teljesítőképességét véve figyelembe, valóban kiváló pótanyagként ígérkezett. Széleskörű használatára azonban a háború folyamán már nem kerülhetett sor.”⁶²

A szerző záró gondolatai máig hatóan elgondolkodtatóak. „Általánosságban helyesnek csak az irányzat mondható, mely a békeévek szinte korlátlan nyersanyag lehetőségei mellett sem feledkezik el a háborús elszigeteltségben beálló kényszerhelyzetéről, s a békeévek

⁶⁰ Vörös (1930): i. m. 384.

⁶¹ Vörös (1930): i. m. 385.

⁶² Vörös (1930): i. m. 386.

termelése éppen azokat a szempontokat kell, hogy szem előtt tartsa, amelyeket a háború világít meg vér és arany áldozata árán.”⁶³

Az ebben az időszakban a robbanóanyagok gyártásához szükséges nyersanyaghiány okozta helyzetről az alábbiakat írta Maróthy Géza: „Az első világháború után azonban nem volt nyersanyagunk sem a trotilhoz, sem hozzá hasonló egyéb brizáns robbanóanyaghoz, viszont a keményítő alapanyagokból így buzából, tengeriből és burgonyából nagyobb mennyiség állt rendelkezésre. Ezért a magyar kutatók megindították a kísérleteket, a nitrokeményítő tökéletes stabilizálására. A közel 20 éves kutató munka, amelyben Kunz Alfonz és munkatársait kell külön kiemelnünk, meg is hozta a várt eredményt. Sikerült ugyanis kutatóinknak az első gyártások összes nehézségeit leküzdeni. A honvédség utász alakulatai részére 1940-ben bevezetett »NK-U« (utász) anyag stabilitása immár több mint 15 éves távlatból nézve is teljesen kielégítő. Mégis miután az NK öntéssel nem szerelhető és nem lövés biztos, a trotilal nem veheti fel a versenyt és gyártása csak akkor indokolt, ha a trotil előállításához nem rendelkezünk kellő mennyiségű toluollal.”⁶⁴

Végezetül egy „helyszíni tudósítás” az I. világháború aknaharcaiból és a robbanóanyag-helyzetről. Altoray Szaniszló m. kir. utászezredes a *Sziklafűró alakulatok a világháborúban* című tanulmányában az alábbiakat írta: „A lefűrt szelvényhez jön most a robbantómester segédeivel és betölti a kifűrt lyukakba a kiszámított mennyiségű robbantószert (dynamit, dynamon, chlorat, cseppfolyós levegő stb.) lefojtja és a töltetet legtöbb esetben elektromos úton robbantja.”⁶⁵

A fentiek tükrében nem véletlen, hogy az 1928-ban megjelent *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. füzet, I. rész, Robbantások* című minisztériumi kiadvány már nemcsak a rendszeresített, hanem az iparban használatos, de honvédségi célokra is alkalmazható robbanóanyagokat mutatja be.

A honvédségnél rendszeresített „robbantó anyagok” a következők:

- ekrazit (pikrinsav);
- trinitrotoluol (trotil);
- cseppfolyós levegő (oxiliquid);
- lőgyapot.⁶⁶

A honvédségnél nem rendszeresített, de gyakran használatos „robbantó anyagok” között említi az alábbiakat: ammonsalétromos robbantóanyagok, klorát és perklorát robbantóanyagok, valamint bányalégbiztos robbantóanyagok. Használatban maradt még természetesen a feketelőpor is, amelyet kisebb robbantásokhoz 0,1 kg tömegű, papírba csomagolt

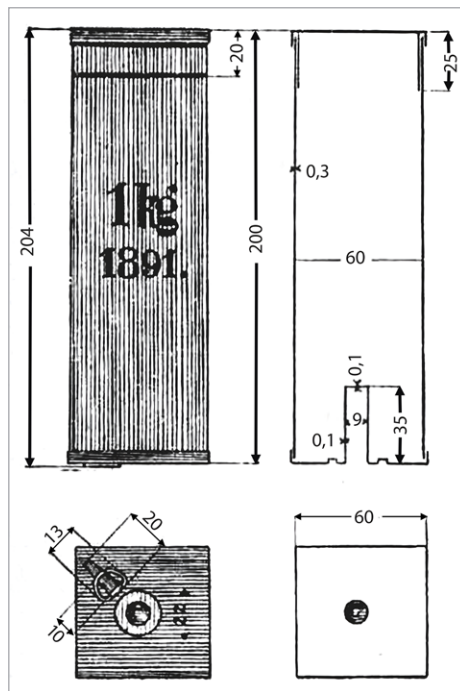
⁶³ Vörös (1930): i. m. 387.

⁶⁴ Maróthy Géza: *Robbantóanyagok és robbantástechnika I. rész, Robbantó anyagok*. Kézirat, Budapest–Sopron, Műszaki Egyetemi Karok – Bányamérnöki Kar, 1957b. 17–18.

⁶⁵ Altoray Szaniszló: *Sziklafűró alakulatok a világháborúban*. In Jacobi Ágost: *Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban 1914–1918*. Közlekedési Nyomda Kft., Budapest, 1938. 329–330.

⁶⁶ E–34. (*Műsz. okt. műsz.*) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. füzet – Robbantások. I. rész*. Budapest, M. kir. honvédelmi minisztérium, 1928. 15–37. pontok, 41–58.

lőportöltény formájában alkalmazták. Nagyobb robbantások előkészítésekor a lőport hordókban vagy nagyobb edényekben kellett elhelyezni az utasítás rendelkezései szerint.



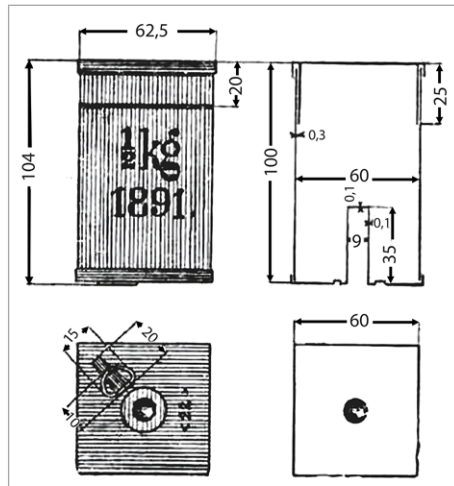
1. ábra: 1 kg-os ekrazit robbantószelence

Forrás: E-34. (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. füzet – Robbantások. I. rész. 43.

A honvédség műszaki csapatainak rendszeresített robbanóanyaga továbbra is az ekrazit maradt, amelynek megjelenési formái a fentebb már bemutatott 1 és a 0,5 kg-os robbantószelence, illetve a 0,1 kg-os robbantótöltény voltak. Az 1891–1892-es állapothoz képest változást csak a hasáb alakú szelencék méretében figyelhetünk meg (a 60×60 mm-es alaplap 63×63 mm-re, a 204, illetve 104 mm-es magasság 207, illetve 100 mm-re módosult).

A trotilt továbbra is csak tűzérési lövedékek és egyes gyutacsajták gyártásához alkalmazták. A cseppfolyós levegőt (amely $\frac{3}{4}$ rész nitrogénből és $\frac{1}{4}$ rész oxigénből állt) helyszíni bekeverésű és azonnali felhasználású robbanóanyagként tárgyalja az utasítás. A mártóedényből való kiemelés után a helyszíni készítésű robbantótölténnyel öt percen belül végre kellett hajtani a robbantást, ha jó eredményt akartak elérni; ebben az esetben a cseppfolyós levegő robbanásának hatása megegyezett az I. számú dinamittöltényével.

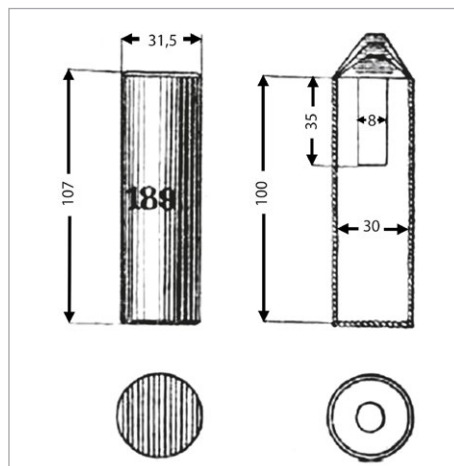
A lőgyapotot (nitrocellulóz) töltény alakban alkalmazták, és az utasítás mint veszélyes kezelendő robbanóanyagot említi.



2. ábra: ½ kg-os ekrazit robbantószelece

Forrás: E-34. (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. füzet – Robbantások. I. rész. 43.

Érdeemes néhány gondolatban a cseppfolyós levegő (oxiliquid) robbanóanyagként történő alkalmazásáról is szólni, mivel maga a szabályzat eléggé szükséges ebben a tekintetben. Szintén 1928-ban, a *Műszaki Szemle* májusi számában jelent meg egy tanulmány Cserneczky Béla okl. vegyészmérnök tollából, *Robbantások cseppfolyós levegővel* címmel.⁶⁷ Tallózzunk most ebből néhány gondolatot!



3. ábra: 10 dkg-os ekrazit robbantótöltény

Forrás: E-34. (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. füzet – Robbantások. I. rész. 43.

⁶⁷ Cserneczky Béla: Robbantások cseppfolyós levegővel. *Műszaki Szemle*, (1928), 5. 199–211.

„Cailletet és Pictet kísérleteiből már 1877 óta ismeretes a levegő cseppfolyósíthatósága. Az akkor még csupán tudományos értékkel bíró kísérletek akkor tettek szert nagyobb jelentőségre, midőn Münchenben 1895-ben Linde a folyósításának egyszerű és olcsó módját találta fel. Találmánya 4 évvel később már alkalmazást is nyert; a Simplon-alagút 7 évig tartó építése alatt a robbantásokhoz folyósított levegőt használtak. Az első sikert hosszú pangás követte. A bányai par idegenkedett az új eljárás bevezetésétől, valószínűleg a szükséges beruházások nagy költségei miatt. A világháború alatt fellépő robbanóanyaghiány a cseppfolyós levegőre fordította a figyelmet s ennek nyomán az ezzel való robbantás nagy fejlődésnek indult.”

„A robbantásokhoz használt cseppfolyós levegő 85–98 százalék oxigént tartalmaz, tehát tulajdonképpen nem is annyira cseppfolyós levegőről, mint inkább cseppfolyós oxigénről beszélhetünk. Parázs vagy láng által nem gyűjthető meg, a beledobott égőanyag tovább ég. Széntartalmú, felszívóképes anyagokkal összekeverve igen brizáns, hatásos robbanóanyagot szolgáltat.”

Figyelemre méltóak az alábbiak is, hiszen a robbanóanyag tárolása, szállítása még békeidőszakban is különös gondosságot igényel, harci viszonyok között pedig – akár légi, akár szárazföldi (például diverziós) támadással – komoly károkat okozhat a készletek megsemmisítése, az emberi életekben okozott veszteségről nem is szólva.

„A cseppfolyós levegővel való robbantási eljárás ismertetése előtt meg kell említenem, hogy szilárd robbanóanyag alkalmazása esetén a robbanó anyagot a gyártási helyről a robbantási helyre kell szállítani, ott szakszerűen raktározni. Tehát robbanási veszélyt jelent már a gyártás, a szállítás, a raktárolás egész addig a pillanatig, míg az anyag végső rendeltetési helyén robbanásba nem került. A cseppfolyós levegő folyósítása legcélszerűbben a robbantási helyek közelében történik. Így a gyártással, szállítással és raktárolással járó veszély magától megszűnik, mert robbanó anyaggá csak a felszívás megtörténte után válik. [...]

A cseppfolyós levegőnek folyósított állapotban való tartása a normális légnyomás mellett kb. -192°C -on lehetséges. Magától értetődik, hogy az ennél jóval magasabb hőmérsékleten a cseppfolyós levegő állandó forrásban van. A párolgási veszteségek csökkentése céljából kettősköpenyű palackok felelnek meg a legjobban.”⁶⁸

„A cseppfolyós levegő robbanóanyaggá lesz, ha széntartalmú felszívóképes anyagba szívatjuk fel. A robbanás tulajdonképpen gyors égés. Szükséges tehát, hogy a felszívatásnál a gyors égés lehetőségei teljesüljenek, tehát a cseppfolyós levegő szinte molekulárisan elkeveredve jusson a széntartalmú anyagba, amely csak akkor fog bekövetkezni, ha a felszívóanyag finom elosztású vagy megfelelően porózus. Ma már a felszívóanyagoknak egész légióit ismerjük, melyeket már eddig is használtak, vagy pedig használatra ajánlanak a különböző szabadalmak. Részben az iniciálás módjával, részben pedig a felszívóanyag megválasztásával szabályozni tudjuk a robbanás brizánságát. Így erősen felszívóképes porózus anyaggal és erős iniciálással dinamithoz hasonló vagy még ennél is erősebb hatást érhetünk el, míg kevésbé felszívóképes anyaggal és gyenge iniciálással

⁶⁸ Cserneczky (1928): i. m. 199–200.

a tolóhatást válthatjuk ki. [...] A volt közös hadseregnél a cseppfolyós robbantásokhoz 75 százalék naphthalinkormot és 25 százalék naphthalin keverékét használták. Felszívóképessége háromszorosa volt a saját súlyának, hatása igen brizáns. Ha tolóhatást akarunk elérni, akkor a naphthalinkormot 45 százalék sóval keverve alkalmazzuk. A felszívóanyagokhoz keverhetünk alumíniumport is, mely mint a thermit keverékekben, itt is nagy hőképző tulajdonságával tűnik ki. Természetesen a felszívóanyagok megfelelő burkolattal töltényformában kerülnek forgalomba, úgyhogy a felhasználónak csak a mártást és a gyutaccsal való felszerelést kell végeznie.”⁶⁹

A felhasználás fenti előnyei mellett az iniciálás már gondokat jelentett például a katonai gyakorlatban megszokottakhoz képest.

„A szilárd robbanóanyagokhoz alkalmazott gyújtózsínórok nem felelnek meg teljesen a cseppfolyós robbantásoknál. Óvatosság nélküli alkalmazásuk veszélyt jelenthet. A veszély oka kettő lehet. Ha a zsinór lőporszáába cseppfolyós levegő szívódik fel, az égés gyorsul, továbbá a gyújtózsínór kátrányos burkolata szintén szívhat magába cseppfolyós levegőt, s ekkor az égés a külső burkolatra csaphat át és terjed tovább, előre ki nem számítható gyorsasággal. Hátránya a gyújtózsínórnak még az is, hogy égve a fűrt lyuk felmelegedését fokozza és ezáltal jobban elősegíti a töltényben lévő cseppfolyós levegő párolgását. Ezen hátrányok kiküszöbölésére gyártják külön erre a célra szerkesztett úgynevezett »Sprengluft Ziindschnur«-t, mely háromszoros átfonással bír, minden réteg enyvszerű impregnálással. Az enyv a fokozatos leégésnél a zsinórt puhítja és a gázolt fejlődését kis nyomás mellett lehetővé teszi.

A zsinórok alkalmazása még egy hátrányt jelent, ugyanis az égési idő miatt hosszát úgy kell megválasztanunk, hogy a robbantást végző embereknek a begyújtás után elegendő idejük legyen magukat biztonságba helyezni. Hogy minden veszélyt kizárjunk, ezt a szükségesnél mindig valamivel nagyobbra méretezzük. Ez pedig felesleges párolgást jelent a robbantásra hivatott cseppfolyós levegőnél. Azt hiszem, elég sok hátrányt soroltam fel ahhoz, hogy a cseppfolyós robbantások egyedüli leghelyesebb gyújtási módját, az elektromos gyutacsok alkalmazását megindokoljam. A zsinórokkal kapcsolatban említett összes hátrányok itt elmaradnak, s kényelmesen lehetővé teszik egész sorozatnak egyszerre való gyújtását. Az elektromos gyutacsok megengedik, hogy a gyújtószerkezetet a fűrt lyukban előre elkészítsük. A robbantó eljárás ismertetésénél majd látni fogjuk, hogy ebben az esetben a mártás és a mártott tölténynek a fűrt lyukba helyezése után, csupán a fojtásnak elkészítése marad hátra. Az elektromos gyutacsok készítésénél a nagy lehűlés miatt ugyanazon elvek érvényesülnek, melyeket a gyutacsokkal kapcsolatban már leírtam.”⁷⁰

„Igen fontos tényező hatás tekintetében maga a robbantandó objektum is. Annak ellenére, hogy a cseppfolyós levegőt tartalmazó töltények hatása általában a dinamit hatásával egyenrangú, vagy még annál erősebb is, mégis szabadon felfekvő töltetként való alkalmazásban a hatás nagyon csekély, sokszor teljesen elmarad. Hatásgyöngülést

⁶⁹ Cserneczky (1928): i. m. 201–202.

⁷⁰ Cserneczky (1928): i. m. 203–204.

veszünk észre akkor is, ha a fűrt lövéseket igen laza, puha talajban alkalmazzuk. Ezek a tapasztalatok arra engednek következtetni, hogy a brizáns hatás csak akkor váltódik ki, ha a zárt tér egy bizonyos nyomás kifejlődését lehetővé teszi. Ezért szükséges, hogy szilárd közetben is alkalmazzunk fojtást s a fejlődő gőzök elvezetésére csupán vékony csatornát hagyjunk szabadon.”⁷¹

„Ezek után rátérek a gazdaságosság kérdésére, békeviszonyok feltételezésével. Ezt azért kell hangsúlyoznom, mert a világháború alatt fellépett salétromsavhiány a cseppfolyós levegő kiterjedt alkalmazását kényszerítőig követelte, ekkor gazdaságosságról beszélni nem is lehetett. De lehet beszélni erről most a béke éveiben, midőn az ipar minden újítást csak akkor ismer el haladásnak, ha az a végeredményben meg takarításokat jelenthet. [...] A háború alatt az osztrák-magyar hadseregnél kerekeken mozgó telepek is voltak, melyek általában 4–5 liter cseppfolyós levegőt szolgáltattak óránként 12–16 lóerős benzinmotoros erőforrás mellett.”⁷²

A nem rendszeresített, de a honvédség által is alkalmazott robbanóanyagok ismertetését egy 1932-ben megjelent, *Robbanó anyagok, pótrobbanó anyagok* című tanulmányban is közzölték,⁷³ amely az Osztrák–Magyar Monarchia felbomlása következtében a robbanóanyag-gyártásban keletkezett gyártási kapacitáshiány megoldási lehetőségeit vizsgálta. A szerző annak a véleményének adott hangot, hogy a robbanóanyaggal történő ellátást minden állam a saját iparától várja, „mert szem előtt tartja azt a tényt, hogy a külföldről importált mennyiségek aranyba és az esetleg késedelmesen beérkező mennyiségek súlyos véráldozatokba is kerülnek [...] A háború megvívásában az igazi sikert csakis az jelentheti, ha a hadművelati győzelemhez a gazdasági győzelem is csatlakozik.”⁷⁴ Mivel azonban a robbanóanyag-gyártás nemcsak szándék és ipari kapacitás kérdése, hanem feltételezi a szükséges nyersanyagok meglétét is (ami Magyarország esetében szintén szűk keresztmetszet volt bizonyos robbanóanyagoknál), „tehát a technika feladatát képezi az adott nyersanyagokkal a szükséges mennyiségeket mégis előteremteni”. Ezért jelenik meg a szabványos és a pótrobbanóanyag fogalma a szerzőnél, valamint a kétféle robbanóanyag-kategorizálás az utasításban: „Szabványos robbanóanyagoknak nevezzük azokat a készítményeket, melyekkel a lövedékeket békeidején töltjük, s melyek tulajdonságaikkal ideálisan alkalmazkodnak a békebeli katonai követelményekhez (hatás, állandóság, lövés, biztonság, könnyű gyártás és egyszerű szerelés), azonban csak többé-kevésbé a tömeggyártási lehetőségekhez. A pót-robbanóanyagok legfontosabb tulajdonságának a belföldi tömeggyártási lehetőséget írják elő, s az egyéb katonai követelményeknél tesznek esetleg engedményeket.”

A szabványos robbanóanyagként számba jöhető ekrazit (pikrinsav) és trotil gyártásához Magyarország már abban az időben sem rendelkezett megfelelő mennyiségű

⁷¹ Cserneczky (1928): i. m. 206–207.

⁷² Cserneczky (1928): i. m. 208–209.

⁷³ H. T. I. (1932): i. m. 123–134.

⁷⁴ H. T. I. (1932): i. m. 126–127.

nyersanyaggal, így a szerző az ammonsalétromos⁷⁵ és dinamit típusú pótrobbanóanyagok hazai előállításának és katonai szükségfelhasználásának lehetőségeit vizsgálta.

A katonai gyakorlatban, a harcanyagokban alkalmazott robbanóanyagok százalékos megoszlásának a tanulmányban foglalt értékeit fentebb már bemutattuk.

A szerző megemlíti, hogy az utászcélokra szánt 4% nagyon bizonytalan adatnak tekinthető, mivel a „korszerű felfogás a műszaki csapatok romboló tevékenységét harcászati és hadműveleti feladatok megoldásánál mind intenzívebben alkalmazza”. Támpont gyanánt szolgálhat – írja a szerző – a háborús irodalom azon adata, amely szerint a francia hadszíntéren a visszavonult csapatok kilométerenként 0,5 t robbanóanyagot használtak fel a területrombolás céljaira.

Végkövetkeztetése pozitív: a gyártásnak semmilyen akadályát nem látja, ugyanakkor megfelelő rendszabályok bevezetése esetén lehetséges a háborús helyzetben való tömeges felhasználás (erre viszont már békeidőszakban fel kell készíteni a katonákat). Ez tükröződik a Műszaki oktatás vonatkozó fejezetében⁷⁶ is.

Az 1932-es tanulmányban foglaltak igazát bizonyította a II. világháború is, amikor a rendszeresített robbanóanyag-készletek kimerülése után (a gyártáshoz szükséges alapanyagok beszerzésének reménytelensége miatt) bevezették a „búza-, kukorica- és burgonyakeményítőből előállított robbanóanyagot”, a tri II.-t (nitrokeményítő), amelynek „energiatartalma, brizanciája nagyobb, mint a TNT-é, de kevésbé stabil”.⁷⁷ A tri II. nem megfelelő kezelésbiztonságát hangsúlyozza egy volt felhasználója – Damó Elemér – is, aki utászszázad parancsnokaként, saját gyakorlati tapasztalatai alapján írja visszaemlékezéseiben: „Robbanóanyagunk, a tri II. nem volt megbízható. Kétszer is megtörtént, hogy magától meggyulladt és rettenetesen heves lánggal elégett. Első alkalommal a Tisza völgyében, az útromboláshoz előkészített több száz kilónyi robbanóanyagunk gyulladt be. Szerencsére az örök idejében elugrottak. A második alkalommal, az egyik utászom hóna alatt tartott 10–15 érintőakna töltete⁷⁸ gyulladt be, az emberem halálát okozva.”⁷⁹

A 9586/el. körendelettel (1934. 12. 21.)⁸⁰ rendszeresítették – az ekrazit „megtartása mellett” – a 34. M. 1 kg-os és a 1/2 kg-os robbantószelencét, valamint a 0,1 kg-os robbantótöltényt, amelyek „műszaki leírását, kezelési, gyártási és átvételi leírását az elrendelő később adja ki”. A 89.876/el. 7/m.-1941 körendelet (1941. 07. 03.)⁸¹ viszont már törölte az 1 kg-os robbantószelencét a honvédség felszereléséből. A 87.588/el. 7/m.-1942 körendelet (1942. 03. 17.)⁸² alapján került rendszerbe a 41. M. NK-U. robbanóanyag „0,5 kg-os

⁷⁵ Ammóniumnitrát-alapú.

⁷⁶ E-34. (Műsz. okt. műsz.), 51–58: *A honvédségnél nem rendszeresített robbanó anyagok* című alfejezet (26–37. pontok).

⁷⁷ Bohus–Horváth–Papp (1983): i. m. 78.

⁷⁸ A tri II.-t nemcsak utász-robbanóanyagként, hanem aknák töltésére is használták.

⁷⁹ Damó Elemér: Műszaki csapatok a Kárpátokban a II. világháború alatt. *Műszaki Katonai Közlöny*, 4. (1994), klsz. 50.

⁸⁰ *Honvédségi Közlöny*, (1934), 1. 2.

⁸¹ *Honvédségi Közlöny*, (1941), 33. 404.

⁸² *Honvédségi Közlöny*, (1942), 17. 181.

robbantó szelence, 0.1 kg-os robbantó töltény, tak.,⁸³ hak.⁸⁴ és éra.⁸⁵ robb. préstest kiviteli formájában”. A II. világháború befejezése előtt, a „páncél rombolás eszközeiként” rendszeresítették – a 77.972/el. n. 7. m. 1944.⁸⁶ – alapján az 1 és 3 kg-os robbantótöltetet, pentritol⁸⁷ robbanóanyagból.

1.1.2. Robbanóanyagok a magyar fegyveres erőknél 1945 után

A II. világháborút követően egy romokban heverő ország romokban heverő gazdaságát és hadseregét is újra kellett építeni. Erről az időszakról az alábbiak olvashatók Halassy Géza ny. ezredesnek *Az ország akna- és lőszermentesítése (1945–1980 között)* című cikkében.⁸⁸

„[A] szovjet hadsereg – főleg saját csapatainak elhelyezési körleteiben – részben folytatta a mentesítési munkákat és az általa felderített aknamezőket, illetve az összegyűjtött lőszerket 1946. augusztus 1-jéig őriztette. Ekkor a SZEB döntésére a magyar hadseregnek kellett e feladatokat átvennie, melynek felmérésére 1946. június-júliusában a HM fegyver- és lőszerosztálytól Nyitó Ferenc alezredest rendelték ki. S egyben megbízták az ország területén folyó munkák felügyeletével. Júniusi jelentésében egyebek között így írt: [...] Nehézséget okoz a robbantásokhoz szükséges robbanóanyag hiánya is. A HM erre a célra robbanóanyagot nem tud kiutalni. A robbantást a felszedett aknákból és kézigránátókból kitermelt robbanóanyaggal végzik.”⁸⁹

Ugyanakkor a robbanóanyag-hiány például a rekultivációs bontásokat és a bányászatot is hátráltatta. A tűzszerészek ezért a fel nem robbant nagy űrméretű tűzészégi lőszerkekből és légibombákból – a hatástalanításuk után – kibontott robbanóanyagot adtak át az ipar szereplőinek.

„Közvetlen segítségnyújtásként a HM csupán az iparügyi Minisztériumnak 1945 májusától 1946 novemberéig 650 tonna robbanóanyagot és ócskavasként 176.262 kg bombát adott át. Ezen felül a Hídépítő Vállalatnak, az Ipari Robbanóanyag RT-nak, a Rimamurányi Ipari Robbanóanyag RT-nak, a Magyar Általános Kőszénbánya RT-nak, a Somoskőújfalusi Bazaltbánya RT-nak, a Salgótarjáni Vasműnek és Vadásztölténygyárnak több mint 60 tonna vegyes robbanóanyagot adott át.”⁹⁰

„A Balatonon és partjain telepített aknazárak felkutatása, valamint hatástalanítása, a népgazdasági jelentőségű balatoni halászat mellett, lehetővé tette a hajóforgalom

⁸³ 43 M tányérakna.

⁸⁴ Harckocsiakna.

⁸⁵ Érintő repeszakna.

⁸⁶ *M. kir. Honvédelmi Miniszter 77.972/el. n. 7. m. 1944. 1 és 3 kg-os robb. töltet kezelési utasítása*. Budapest, Attila Nyomda Részvénytársaság, 1944.

⁸⁷ Nitropenta és trotil keverék robbanóanyag.

⁸⁸ Halassy Géza: *Az ország akna- és lőszermentesítése (1945–1980 között)*. *Honvédelem*, (1988), 11. 102–111.

⁸⁹ Halassy (1988): i. m. 103.

⁹⁰ Halassy (1988): i. m. 104.

biztonságos beindítását, valamint a tó üdülőjellegének visszaállítását. Eközben a hajós aknakeresők 1945-ben 31 elsüllyedt hajó kiemelésénél segédkeztek és mintegy 12 000 kg kisserelt robbanóanyagot adtak át a szénbányászat részére.”⁹¹

Gellért Tibor ennél még pontosabb adatokat közöl a levéltári kutatásai alapján 1973-as cikkében.⁹²

„Aknakutatóink jelentős segítséget nyújtottak az üzemek és bányák termelésének megindításához, a romok és roncsok eltakarításához. A Honvédelmi Minisztérium 1945. július 13-án kiadott rendeletében a hatástalanított s még használható robbanótestek felrobbantását megtiltotta, mert az újjáépítés során azokat jól fel lehet használni a híd-roncsok kiemelésénél és egyéb munkálatoknál. A hatástalanított robbanóanyagoknak különösen a bányászatban volt nagy jelentősége, mert sok helyütt a munka megindítását nem egyszer éppen a robbanóanyag hiánya akadályozta.

A Honvédelmi Minisztérium rendszeresen nagyobb mennyiségű robbanóanyagot adott át a különböző társmisztériumoknak ipari célokra, így 1945. augusztus 4-én kétvagonnyit. 1945 májusától 1946. november 19-ig az Iparügyi Minisztérium 650 tonna robbanóanyagot vett át. Az 1. honvéd kerületi parancsnokság 1946. szeptember 3-án jelentette a honvédelmi miniszternek, hogy augusztusban huszonhat darab 500 kilogrammos és harminckét darab 250 kilogrammos hatástalanított bombát adott át az iparnak. Egy 1946. november 6-án készült kimutatás szerint az Iparügyi Minisztérium 176–265 kilogramm hatástalanított bombát vett át. E kimutatás szerint további elszállításra várt még: 37 db 50 kg-os, 37 db 250 kg-os, 2 db 1000 kg-os és 31 db 500 kg-os bomba. Aknakutatóink nem egész egy év alatt 400–500 vagon szétszórt robbanásveszélyes lőszert, robbanóanyagot és bombát gyűjtöttek össze és szállítottak egy-egy tárolási helyre. Ennek mintegy háromnegyed részét – tehát 300–350 vagonnyit – hatástalanították és a kisserelt robbanóanyagot, közel 100 tonnát ipari célokra adták át.

Ezt a lehetőséget felismerve az egyes vállalatok közvetlenül is fordultak kérelemmel a honvédelmi miniszterhez, sőt esetenként az aknakutató alakulatokhoz, így például az Ipari Robbanóanyag Rt. teljesen a Honvédelmi Minisztériumra támaszkodva kezdte meg működését. A Tihanynál kifogott 201 darab, egyenként 200 kilogrammos víziaknát kapták meg. A somoskőújfalu Bazaltbánya Rt. 1945. augusztus 2-án kelt levelében 800 kg robbanóanyagot kért és kapott a Honvédelmi Minisztériumtól. »Az aknaszedők a széntermelési csatából is kivették a részüket – írja visszaemlékezésében Hiczó György tüzserész. – Az én járőröm hetenként 4–500 robbanófejet szállított, amit a pécsi bányászok fel használhattak a szénfalak robbantásánál.« Az ózdi bánya 95 mázsa, a Salgótarjáni Vasmű 50 mázsa robbanóanyagot igényelt és kapott. 1945. október 26-án a Vadásztöltény Gyár rendelkezésére bocsátottak 5000 kg tiszta trinitrotoluolt. A csepeli Weiss Manfréd Gyár 1946. szeptember 7-én arról értesítette a Honvédelmi Minisztériumot, hogy »kész átvenni minden mennyiségű fémhulladékot...« (tehát hatástalanított robbanó testeket is), és egyben közli, hogy a »jelzett 6 vagonat már szállítják is«. Az aknakutatók által

⁹¹ Halassy (1988): i. m. 106.

⁹² Gellért Tibor: Az új magyar hadsereg aknakutató és tüzserész alakulatainak tevékenysége. *Hadtörténelmi Közlemények*, 20. (1973), 3. 481–522.

összegyűjtött anyagot felhasználták az árvízvédelmi munkálatoknál is. Például a Honvédelmi Minisztérium egy alkalommal a Tiszán felgyülemlett jégtorlaszok – amelyek elsodrással fenyegették a hidakat – felrobbantására 10 tonna lőport, 2000 db gyutacsot és 3000 fm kettős angol gyújtózsínort biztosított.”⁹³

A II. világháború után a honvédségen belül az addigi – főleg német és osztrák – robbantási elveket az orosz nyelvű szakanyagokból fordított szabályzatok váltották fel. A Honvédelmi Minisztérium 1950-ben először egy *Robbantási segédlet*,⁹⁴ majd egy *Ideiglenes robbantási utasítást*⁹⁵ vezetett be.

Mindkét szabályzat a háború utáni állapotokat tükrözte: mint annyi minden másból, robbanóanyagból is kevés volt, ahogy arról fent írtunk, a gyárok nem működtek, ugyanakkor a rengeteg sérült épület bontása többnyire csak robbantással volt elvégezhető. Ezt a munkát szinte a feladat végrehajtásával egy időben tanulta meg az egyetlen, „szakértőként” tömegesen bevethető erő, a műszaki alegységek. Ebből következően a műszaki csapatok is azzal robbantottak, ami éppen a rendelkezésükre állt. Gondoljunk arra, hogy az 1945 utáni rengeteg tűzszerészbaleset egyik fő oka az a rendelet volt,⁹⁶ amely szerint a fel nem robbant bombákból és nagy űrméretű tüzérségi lőszerkekből ki kellett szedni a robbanóanyagot, amelyet aztán újból hasznosítottak. 1952-ben aztán ezt visszavonták, legalábbis időlegesen.

A két 1950-es robbantási szakutasítás a műszaki csapatok által használt robbanóanyagoknál bemutatta a primer vagy iniciáló (kizárólag csak iniciáló eszközökben való felhasználással), a magas, a közepes és az alacsony hatóerejű (szekunder) brizáns robbanóanyagokat, valamint a ballisztikus (toló hatású) robbanóanyagokat. A magas hatóerejű robbanóanyagokat főleg szilárd építmények (beton és vasbeton erődítési építmények) robbantásánál javasolták alkalmazni mint külső hatású vagy mint különleges tölteteket. A közepes hatóerejű robbanóanyagokat a robbantások valamennyi fajtájánál (fémek, szikla, föld, fa), továbbá a gyalogsági és harcokosi elleni aknák töltésére és szóróaknák készítésénél használták. Az alacsony hatóerejű robbanóanyagokat föld- vagy sziklarobbantásnál, kamrákban és fűrt lyukakban alkalmazták, továbbá szóróaknákat, gyalogsági és harcokosi elleni aknákat töltöttek velük.

A magas hatóerejű robbanóanyagok és felhasználásuk:

- hexogén: gyutacsokban másodtöltet, durranó gyújtózsínórban;
- ten: gyutacsokban másodtöltet, durranó gyújtózsínórban és lőszerkekből detonátoraként;
- tetril: lőszerkekből detonátora, gyutacsok második töltete, durranóhiganyal keverve durranó gyújtózsínórban;
- robbanózseltin (93%-os dinamit): robbantási feladatok.

⁹³ Gellért (1973): i. m. 500–502.

⁹⁴ *Robbantási segédlet*. Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1950.

⁹⁵ *E–mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás*. Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1950.

⁹⁶ HM 1945. szeptember 14-én kelt 1945/Eln. rendelet.

A közepes hatóerejű robbanóanyagok és felhasználásuk:

- trotil: lőszerfajták töltése, robbanótestek előállítására: 200 g-os kis és 400 g-os nagy szelence, 75 g-os töltény;
- melinit (pikrinsav): harcokosiaknak töltése, a trotiléval megegyező méretű és tömegű robbanótestek;
- francia keverék: 80% pikrinsav és 20% dinitronaftalin öntvénye, az adatok megegyezők a melinitével;
- „L öntvény”: 5% xilil és 95% trotil öntvénye; harcokosiaknak és különleges töltetek töltése, trotil robbanótestekével megegyező méretű és tömegű robbanótestek;
- 63%-os dinamit: robbantási feladatok;
- 50/50-es amatol: 50–50% ammonsalétrom és trotil, harcokosi-, gyalogsági és szóróaknak töltése, egyéb robbantási feladatok;
- ammonál: 82% ammonsalétrom, 12% TNT, 6% alumíniumpor, felhasználása azonos az amatoléval.

Az alacsony hatóerejű robbanóanyagok és felhasználásuk:

- 80/20-as amatol: 8% ammonsalétrom, 20% trotil; föld- és sziklarobbanás; gyalogsági, harcokosi- és szóróaknak töltése;
- amoxil: 82% ammonsalétrom, 18% xilil, felhasználása azonos az amatoléval;
- 88/12-es ammonit: 88% ammonsalétrom, 12% trotil, felhasználása azonos az amatoléval;
- 2K sz. ammonit: 88% ammonsalétrom, 12% xilil, felhasználása azonos az amatoléval;
- dinaftalit: 88% ammonsalétrom, 12% dinitronaftalin, felhasználása azonos az amatoléval;
- K. dinamon: 90% ammonsalétrom, 10% faliszt, felhasználása azonos az amatoléval;
- T. dinamon: 90% ammonsalétrom, 10% tőzeg, felhasználása azonos az amatoléval;
- kloratit: szóróaknakhoz és robbantások végrehajtására (nyújtott töltétként nem alkalmazható);
- 29%-os grizutin: 29% nitroglicerin tartalmú dinamit, csak robbantási feladatokhoz;
- 12%-os grizutin: 12% nitroglicerin tartalmú dinamit, csak robbantási feladatokhoz.⁹⁷

Az Ideiglenes robbantási utasításban először jelenik meg a gyárilag készített kumulatív töltet, amelyet páncélkupolák, lőréses, betonerődök vasbeton falai átütésére javasolnak használni. A 10 kg tömegű kumulatív töltet főbb hatásadatai:

- páncélátütő képessége 350 mm (35–50 cm távolságról);
- betonátütő képessége 1,0 m (35–50 cm távolságról);
- téglafalátütő képessége 0,7 m (5–6 m távolságról).⁹⁸

⁹⁷ E–mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás. Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1950, 11–12.

⁹⁸ E–mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás. Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1950. 126–128.

Az 1950-ben megjelent *Segédletet és Ideiglenes utasítást* követő, titkos minősítésű *Robbantások*⁹⁹ című minisztériumi kiadvány tárgyalja először és utoljára a katonai robbantási szakkönyvek közül a saját készítésű robbanóanyagokat, valamint az időzített (késleltetett működésű) gyújtóelegyeket.

Kevésbé ismert tény, hogy a gyári robbanóanyagok mellett az 1950-es évek második felében az ország déli és nyugati határszakaszain korábban letelepített robbanó műszakizár-rendszer felszedésekor, a hatástalanított aknák robbanóanyagát is újrahasznosították. Halassy Géza erről az alábbiakat írta: „1956. március 28-tól 1956. október 20-ig a 3., 6. és 9. hdt.¹⁰⁰ műszaki zászlóaljai, a 2. ö. aknakutató zászlóalj és a határőrség műszaki erői – 800 fő bevonultatott tartalékkal megerősítve – a déli és nyugati országhatáron létesített aknazárak felszedését végezte. A hadseregtől a feladatra kirendelt erők létszáma 2995 fő volt, akik a jelzett idő alatt 385 km hosszú összefüggő aknamezőt távolítottak el, miközben 700.000 gyalogsági aknát szedtek fel és hatástalanítottak. [...] A határon felszedett taposóaknák szétszerelésével mintegy 100 tonna robbanóanyagot nyertek vissza további felhasználásra.”¹⁰¹

A „béke” azonban nem tartott sokáig. A kormány 1957. március 22-én hozott döntése alapján az alakulatot több műszaki alegységgel együtt – rövid felkészítést követően – április 1-jétől június 30-ig a nyugati országhatár ismételt műszaki zárására rendelték ki. „A kirendeltek itt letelepítettek 243 km négy soros és 107 km ötsoros gyalogsági aknamezőt, mintegy 800.000 akna felhasználásával.”¹⁰² Ezeket az aknákat aztán 1965 után szedték fel véglegesen a határszakaszokon.

„Az 1966–67-es évben a 12. mü. e.¹⁰³ egy zászlóalja folytatta az aknamentesítést, amelynek során 348 km szakaszon 150.945 gyalogsági taposóaknát távolított el. Ugyanez a zászlóalj 1968–69-ben – új szervezet keretében – végezte a további aknamentesítést, mely idő alatt újabb 493 km hosszú aknamezőt felszedve, 209.096 gyalogsági taposóaknát hatástalanított. A munkák 1970-ben fejeződtek be. A Magyar Néphadsereg határ menti aknamentesítésének utolsó öt esztendeje alatt eltávolítottak 618.000 gyalogsági taposóaknát, ebből 512.000-et hatástalanítottak. Eközben mindössze egy lábsérüléssel baleset történt. A hatástalanított aknák robbanó tölteteikkel együtt ismételt felhasználható állapotba kerültek a központi raktárba. 106.000 aknát a helyszínen felrobbantottak.”¹⁰⁴

E könyv szerzője még emlékszik arra, amikor a Kossuth Lajos Katonai Főiskola műszaki hallgatójaként 1976-ban, ilyen újrahasznosított trotil préstestekkel hajtottak végre földrobbantási feladatot a csobánkai gyakorlótéren. A 2,5–3 kg-os, szurkozott papírba csomagolt trotiltégelákat utászbaltával törtük össze az aknakutakba való betöltés során.

⁹⁹ *Robbantások*. Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1953. 11–14.

¹⁰⁰ Hadtest.

¹⁰¹ Halassy (1988): i. m. 107.

¹⁰² Halassy (1988): i. m. 108.

¹⁰³ Műszaki ezred.

¹⁰⁴ Halassy (1988): i. m. 101.

Az *Ideiglenes robbantási utasítást* csak 1965-ben váltotta fel egy újabb, a *Mű/2. Robbantási utasítás*.¹⁰⁵ A robbanóanyagok kategorizálása változatlan maradt, a katonai felhasználású anyagok száma viszont csökkent. Uralkodóvá vált a trotil, ugyanakkor külön melléklet foglalja a polgári (ipari) robbanóanyagokkal *A népgazdaságban használatos robbanóanyagok ismertetése* címmel (nem említve ezek katonai felhasználhatóságának területeit és módszereit).

A magas hatóerejű robbanóanyagok és felhasználásuk:

- ten:¹⁰⁶ gyújtózsínórokban és gyutacsokban;
- hexogén: tiszta állapotban, gyutacsokban és plasztikus robbanóanyagokban; 30/70 hexotol (hexogén-trotil keverék) kumulatív töltetekben; PSM–250 magas hatóerejű robbanótest alapanyaga;
- tetril: közbelső detonátorként és gyutacsokban.

A közepes hatóerejű robbanóanyagok és felhasználásuk:

- trotil: a honvédség fő robbanóanyagává válik, 200 és 400 grammos TNT-szelence, valamint 75 grammos TNT-töltény formájában;
- pikrinsav: lőszerke szerelése;
- plasztikus robbanóanyag: flegmatizált nitropenta alapanyagú, 1 kg tömegű „tég-lák”.

Az alacsony hatóerejű robbanóanyagok és felhasználásuk:

- ammóniumsálsóval kevert robbanóanyagok: azok az ammonitok (amatolok), amelyek legalább 20–25% TNT-t tartalmaznak; földrobbantás, harckocsi elleni aknák és különböző rombolóaknák töltete.

A toló hatású robbanóanyagok (lőporok) felhasználása:

- fekete (füstös) lőpor: repesz- és jelzőaknák töltete, időzített gyújtózsínórok készítése;
- füst nélküli lőpor: rakétatöltetként.¹⁰⁷

A gyárilag szerelt kumulatív töltetek két típusát említi az utasítás: az orosz KZ–2 töltet¹⁰⁸ és a magyar fejlesztésű utász kumulatív kéziaknát, UKA néven.¹⁰⁹

¹⁰⁵ *Mű/2. Robbantási utasítás*. Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1965.

¹⁰⁶ Nitropenta (PETN).

¹⁰⁷ *Mű/2. Robbantási utasítás*. Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1965. 25–34. pontok, 11–17.

¹⁰⁸ *Mű/2. Robbantási utasítás*. Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1965. 42. pont, 25–26.

¹⁰⁹ *Mű/2. Robbantási utasítás*. Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1965. 44. pont, 29–31.

3. táblázat: A kumulatív töltetek főbb hatásadatai

	KZ-2	UKA
Páncélatűrő képesség (mm)	300	350
Vasbetonátűrő képesség (mm)	1300	–
Kő- és téglátűrő képesség (mm)	2000	–

Forrás: a szerző

A ma is érvényben lévő *Mű/213. Robbantási utasítás 1971-ben jelent meg*,¹¹⁰ majd 1976-ban és 1986-ban bővült robbanóanyagokkal kapcsolatos kiegészítésekkel. Ezek alapján az alábbi robbanóanyagok vannak/voltak rendszeresítve a Magyar Honvédségnél:

- trotil préstestek mint utász-robbanóanyag, 75, 200, 400 g-os kiserelésben;
- FRT földrobbantó töltetek, amelyek tömege 2,5 és 5 kg, anyaguk öntött trotil, préselt trotil detonátorral;
- SEMTEX-1H plasztikus robbanóanyag (flegmatizált nitropenta alapú), 2,5 kg-os „téglákban”;
- SzZ-1E szalagtöltet, 1 kg tömegű (7 mm vastag, 50 mm széles, 2000 mm hosszú) tekercsekben; flegmatizált nitropenta alapú, volt szovjet import).¹¹¹

A *Mű/213.* már csak a korábban utász kumulatív kéziaknaként (UKA) jelzett gyári kumulatív töltetet említi, de most már erődrobbantó kumulatív kéziakna (EKA-62) néven. A *210/2000. (HK 15.) SZVK MŰF* rendelkezéssel rendszeresítették a KKT-A és KKT-T (kis méretű kumulatív töltet) tölteteket. A kúpos kiképzésű kumulatív üreggel készült KKT-A (tömege 50 gramm, átmérője 25, hossza pedig 110 mm) rendeltetése szórt aknák, valamint fel nem robbant tűzérési lőszer megsemmisítése, hatástalanítása. A félgömb alakú kiképzéssel rendelkező KKT-T fagyott vagy sziklás talajban robbantólyukak kialakítására készült (tömege 200 gramm, átmérője 40, hossza 110 mm).

2006-ban rendszeresítették a Magyar Honvédségnél a cseh Explosia által gyártott Semtex® Pl-Hx-30 plasztikus robbanóanyagot.¹¹² A –20 és +40 °C között kézzel jól formálható, 7400 m/s detonációsebességű univerzálisan alkalmazható katonai robbanóanyagot 1 kg-os téglában forgalmazták. Összetétele:

- PETN (pentaeritrit-tetranitrát) 30%
- RDX (hexaciklo-trimetil-trinitrát) 50%
- Alumíniumpor 8±1%
- Dimetil-dinitro-bután min. 1%
- Egyéb anyag (plasztifizáló, stabilizátor) 8–11%

¹¹⁰ *Mű/213. Robbantási utasítás.* Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1971.

¹¹¹ Bevezetve a 36/1986. (HK. 23) MN MŰF intézkedéssel, a *Mű/213. Robbantási utasítás* 3. számú kiegészítéseként.

¹¹² *Műszaki leírás, kezelési és karbantartási utasítás a plasztikus robbanóanyaghoz.* MAXAM-Magyarország Kft., 2009.

2008–2009-ben szerezte be a honvédség a szintén cseh SEMTEX PI SE M LCT55 típusú szalagtöltetet. A 2 m-es szalagok folyóméterenként 55 g SEMTEX robbanóanyagból készültek, rendeltetésük kisebb vastagságú lemezek (max. 5 mm-es acéllemez) alapos robbantásos feladatok végrehajtása, úgymint ajtók zárszerkezeteinek, pántjainak kivágása.¹¹³

Ugyanekkor rendszeresítették a Semtex® RAZOR 25 flexibilis lineáris vágótöltetet¹¹⁴ vastagabb (max. 25 mm) acél vagy páncéllemez, illetve beton- (vasbeton) szerkezet robbantással történő vágására.¹¹⁵

Korábban írtunk az 1950-es években az országhatár mentén letelepített aknamezők felszedése után, a hatástalanított aknákból kiszertelt robbanóanyag sorsáról. Még egy ilyen nagyarányú munkáról kell megemlékezni az alfejezet végén. 1997 decemberében a kanadai Ottawában 122 ország írta alá a *Gyalogság elleni aknák betiltásáról szóló egyezményt*. A magyar Országgyűlés 1998. február 24-i ülésnapján fogadta el az 1998. évi X. törvényt a „Gyalogsági aknák alkalmazásának, felhalmozásának, gyártásának és átadásának betiltásáról, illetőleg megsemmisítéséről” szóló egyezmény megerősítéséről és kihirdetéséről. Ennek a folyamatként a Magyar Honvédség rendszeréből 2000. december 31-ig az ottawai egyezmény hatálya alá eső összes gyalogsági aknát kivonták és megsemmisítették. Ezen belül a POMZ–2 típusú repeszaknák 75 g-os troiltölténye nem volt egybeszerelve az aknákkal, itt csak az öntöttvas aknatest kerülhetett kohóba. A 356 884 db GYATA–64 típusú gyalogság elleni taposóakna 300 g TNT-töltetét viszont a korábbi gyártó Mechanikai Művek kiszertelte, és az új fejlesztésű TAMMONIT ipari robbanóanyaga egyik alkotóelemeként felhasználta. Ugyanez lett a sorsa az előírt húszéves szavatossági idő lejárta miatt ugyancsak 2000-ben a rendszerből kivont és leselejtezett 260 ezer darab UKA–63 univerzális kumulatív harckocsi elleni aknának is (6 kg öntött troil volt a töltete). A műszaki harcanyagokból kinyert TNT delaborálása után, azt újrahasznosítva elkerülhetővé vált a robbanóanyag környezetszennyező megsemmisítése (akár robbantás, akár égés útján). A troil és az – ipari robbanóanyag – ammónium-nitrát granulátum alapanyagokból viszont létrehoztak egy új, kiváló tulajdonságokkal rendelkező, vízálló, külszíni bányászati célú ipari robbanóanyagot, a gyutacsindítható MM TAMMONIT robbanóanyag- és robbantótöltet-családot.¹¹⁶

¹¹³ *Műszaki leírás, kezelési és karbantartási utasítás a vágó- és szalagtöltetekhez*. Ipari Robbanó Kft. 2008.

¹¹⁴ Részletesen lásd Lukács (2017b): i. m. 220–221.

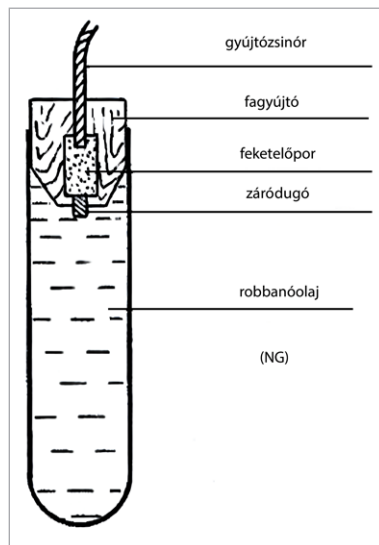
¹¹⁵ Lukács (2017b): i. m. 220–221.

¹¹⁶ Részletesen lásd: Molnár László: Az MM TAMMONIT megnevezésű robbanóanyag és robbantótöltet család bemutatása, a Mechanikai Művek Rt. Speciális Divízió fejlesztési tevékenységének keretei között. *Műszaki Katonai Közlöny*, (1996), 4. 20–33.

1.2. Katonai gyújtószerek

A 19. század közepéig úgy a katonai, mint az ipari gyakorlatban a feketelőport alkalmazták kizárólagos robbanóanyagként. Mivel ez az anyag láng (szikra) hatására közvetlenül felrobbantható, így nem volt szükség egy bonyolult „gyújtási lánc”, illetve annak elemeinek létrehozására. A nitroglicerin 1846-os felfedezése forradalmi változásokat hozott a robbantástechnikában. Az új robbanóanyag hatalmas romboló erejével eddig megoldhatatlannak tűnő építési feladatok végrehajtását tette lehetővé (gondoljunk csak az Alpokban folyó útépitésekre vagy a Dunán, a Vaskapun a hajózást biztosító robbantási munkákra).

A nitroglicerin ipari méretű alkalmazásában nagy jelentőségű volt, amikor többéves kísérletezés eredményeként 1846-ban Alfred Nobel bevezette az *első fémhüvelyes, durranóhigany töltetű gyutacsot* (felváltva a korábbi feketelőpor töltetű detonátorokat) a nitroglicerin töltetek iniciálására. Mivel az akkor már ismert feketelőporos (Bickford-féle) gyújtószinór helyett továbbra sem talált más eszközt, amellyel a pontosan időzíthető robbantást el lehetett volna végezni, olyan robbanóanyagokkal kezdett kísérletezni, amelyek lángérzékenysége biztosítja a gyújtószinór által történő robbantást, ugyanakkor a detonációja által előidézett energia elég nagy a nitroglicerin töltet tökéletes robbantásához. Nobel a durranóhiganyban vélte felfedezni a megfelelő tulajdonságokat, amelyet egy felül nyitott rézhüvelybe sajtolt megalkotva ezzel az első gyutacsot. A rézre nem esztétikai megfontolások, hanem a durranóhigany azon „kellemetlen tulajdonsága” miatt volt szükség, hogy más fémekkel érintkezve (főleg, ha még nedvességet is kap) cserebomlásba megy, és elveszíti érzékenységét.



4. ábra: A Nobel-féle „patent” gyújtó

Forrás: Maróthy (1957b): i. m. 2. ábra, 22.

Amikor 1867-ben Alfred Nobel elkészítette az első kezelésbiztos, ugyanakkor mégis nagy hatóerejű robbanóanyagot, a gurdinamitot, új problémával szembesült: az új anyag annyira „biztonságos” volt, hogy a nitroglicerinnél addig alkalmazott és jól bevált gyutacsával nem lehetett iniciálni.

Nobel tehát újból munkához látott, és még abban az évben egy teljes gyutacssorozatot készített 1-től 10-ig terjedő erősséggel. Ezekben a gyutacsokban eltérő tömegű durranóhigany töltetet alkalmazott: a legkisebb mennyiség 0,3 g, a legnagyobb 3,0 g volt. A sorozat 8. tagja, amely 2,0 g töltetet tartalmazott, már elégségesnek bizonyult a dinamittöltet iniciálásához is. A mai napig az ennek megfelelő robbanóerejű úgynevezett 8-as számú vagy 8-as erősségű gyutacsokat alkalmazzák a legelterjedtebben a világon¹¹⁷ a gyutacsérzékeny robbanóanyagok indításához, függetlenül az abban alkalmazott alkotóelemektől.

4. táblázat: A Nobel-féle gyutacssorozat

A gyutacs száma	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Durranóhigany súlya g-ban	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0

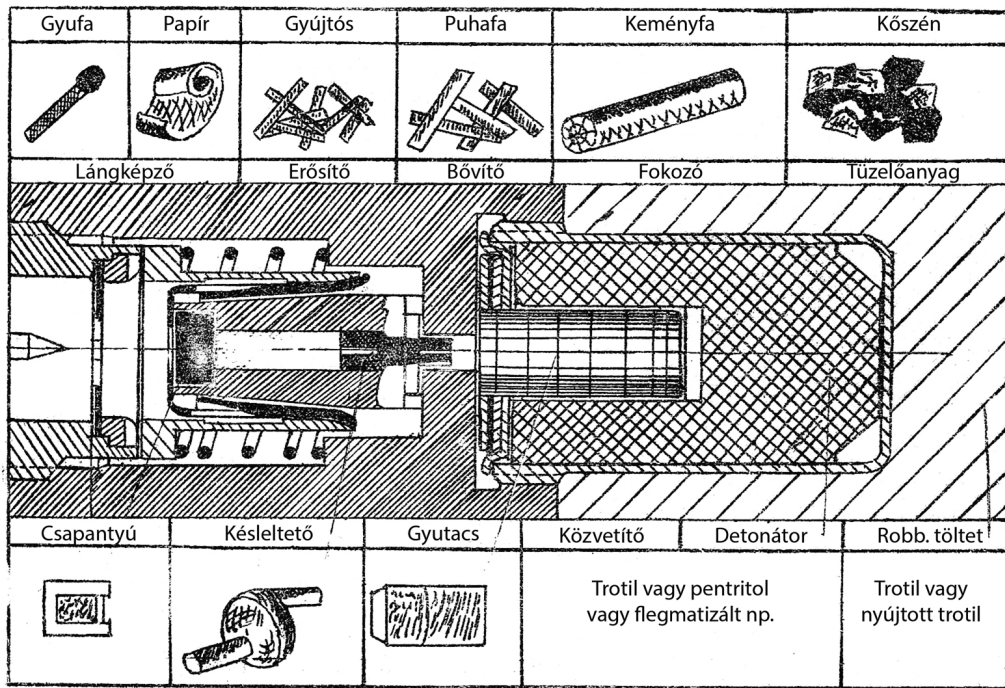
Forrás: E-34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész. Budapest, M. Kir. Honvédelmi Minisztérium, 1928. 61. A 41. pont alapján

Később ezektől az egységes töltésű gyutacsoktól már eltértek, mert azt tapasztalták, hogy még jobb indítóhatás (és nem utolsósorban olcsóbb előállítás) érhető el azzal, ha a lángérzékeny primer robbanóanyag (a durranóhigany) mennyiségét csökkentve, a gyutacs alsó részébe szekunder robbanóanyagot (először pikrinsavat, majd később tetrilt, trotilt stb.) préselnek. Így a primer robbanóanyag indította a gyutacs szekunder töltetét, ez pedig robbantotta a fő töltetet. A mai korszerű gyutacsoknál e két elem közé még egy közvetítő (erősítő) töltetet is beépítenek. Nem elhanyagolható az a szempont sem, hogy a gyutacs sokkal biztonságosabbá is vált a kezelők számára a mechanikai hatásokra is nagyon érzékeny primer robbanóanyag mennyiségének csökkentése miatt. A lényeg viszont változatlan maradt: a 8-as erősségű gyutacs robbanási energiájának egyenlőnek kell lennie 2 g durranóhigany robbanási energiájával!

A gyakorlati életben (akár katonai, akár ipari robbantástechnikában alkalmazott) kezelésbiztos robbanóanyagok robbantásához (iniciálásához) azóta is úgynevezett *gyújtási láncot* hozunk létre, amelynek szerepét szemléletesen, és még a laikusok számára is könnyen érthető módon, a kályhában történő begyújtás analógiájára mutatja be egy 1950-es, az akkori hadmérnöki hallgatók részére készült jegyzet ábrája a 48. mintájú kézi gránát indításán keresztül.¹¹⁸

¹¹⁷ Minden 8-as erősségű gyutacs robbanási energiájának – függetlenül annak összetételétől, felépítésétől – egyenértékűnek kell lennie 2 gramm durranóhigany robbanási energiájával.

¹¹⁸ Maróthy Géza – Bárány István – Falkai Béla: *Robbanóanyagok I.* Budapest, Haditechnikai Intézet, Műszaki Egyetemek és Főiskolák Hadmérnöki Tagozatainak Parancsnoksága, 1950.



5. ábra: Gyújtási lánc

Forrás: Maróthy–Bárány–Falkai (1950): i. m. 9.2. ábra

A töltetek iniciálásának *legelterjedtebb módozatai*:

- a tűzzel való gyújtás;
- a villamos gyújtás;
- a mechanikai gyújtás;
- a vegyi gyújtás.

A *tűzzel való gyújtás* – első hallásra – megtévesztő lehet, hiszen éppen az előbb tisztáztuk, hogy a robbanóanyagok (a feketelőpor és a külön e célra gyártott iniciáló robbanóanyagok kivételével) nem robbanthatók fel sem egyszerű, sem szúróláng hatására. A gyújtási láncban mindenképpen a gyutacs szekunder töltetének detonációja szükséges a töltet (vagy a főtöltetet robbantó detonátor, *booster* stb.) felrobbantásához. A tűzzel való gyújtásnál a gyutacsban lévő primer robbanóanyag indítása történik szúrólánggal, amelyet az időzített gyújtószinór segítségével juttatunk el rendeltetési helyére.

A *villamos gyújtás*nál ugyancsak „tűzzel” gyújtunk. A különbség annyi, hogy ebben az esetben egy kis ellenállás (az úgynevezett izzószál) hevül fel az elektromos áram hatására, és ez lobbantja be az ezt körülvevő gyúelegyet (pirotechnikai keveréket), amely indítja a gyutacs primer töltetét. A folyamat ezt követően megegyezik az előbb ismertettel.

A *mechanikus gyújtásnál* egy ütőszeg csap rá egy csappantyúra, amely ütésre érzékeny primer robbanóanyagot tartalmaz (akárcsak a lőszer kilövésekor a hüvelytalpon található csappantyú), és ennek robbanása indítja a mögötte lévő gyutacsot. Az eljárás nem új (lásd az 1928-as anyagban látható 13. m. katonai gyújtót a 7. sz. ábrán), bár nagyobb mértékű újrahasznosítására a szovjet–finn háború (1939) során megjelent, POMZ–2 típusú, fix telepítésű botlódrótos repeszakna tömeges telepítésekor került sor.

A *vegyszeres gyújtásnak* sokféle módozata ismert. Általában mechanikus úton összetört ampullákból kifolyó és összekeveredő vegyszerekből alakul ki egy gyújtóelegy, amelynek öngyulladás után következik be a gyutacs robbanása. Alkalmazását főleg az aknák fémtartalmának, ezáltal a fémkereső műszerekkel történő detektálhatóságuk hatékonyságának csökkentésére irányuló törekvés indokolta.

1.2.1. A tűzzel való gyújtás eszközei és fejlődésük

Az 1899-es *Vezérfonal* szerint „az ékrazittöltet biztosan csakis az eldurranó robbanógyutacs okozta heves ütéstől sül el [...] A gyújtásnak ezt a nemét durranó-gyújtásnak nevezzük.”¹¹⁹ A rendszeresített robbantószer a „2 gm.-os robbanó-gyutacs” volt.¹²⁰ A robbantótöltetek gyorsabb előkészítésére „a lovas utászszakaszok felszerelésében gyújtásra a 2 gm.-os robbanó-gyutacsokkal ellátott robbanószelence-időzítőgyújtók” voltak rendszeresítve. A rövid időzítőgyújtó 1 m-es, a hosszú pedig 2 m-es időzített gyújtózsínrel volt szerelve („angol szalag-gyúzsineg”).¹²¹ „A rövid időzítőgyújtó égéstartama 100 egész 150 másodperc, a hosszúé 200 egész és 300 másodperc” volt.¹²²

Az *E–23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászi számára* (1902), valamint az *E–39.b. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság számára* (1915) című szolgálati könyvek szintén a fenti robbantószerkeket mutatják be. Az egyedüli változás az 1915-ös szabályzatban az, hogy a rövid „robbantószelence időzítőgyújtó”-nál 1,5–2,5, míg a hosszúnál 3,5–5 perc égésidőt állapít meg.¹²³

A fentiek tükrében érdekes az az I. világháborús visszaemlékezés, amelyben az olasz hadszíntérről történő 1919. novemberi visszavonulás során egy híd 50 m-es szakaszának felrobbantásáról ezt olvashatjuk. „Robbanóanyagunk több nem volt és a felszerelt töltetek is az olaszoktól zsákmányolt megbízhatatlan »gelatina explosiva«-ból állottak. Különösen megbízhatatlanul robbant ez az anyag a mi 1 gr-os gyutacsaink hatására, de 2 gr-os gyutacsaink akkor már nem voltak.”¹²⁴ Hogy kerülhetett a műszaki alakulathoz

¹¹⁹ *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához* – fordítás. Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., 1899. 186.

¹²⁰ Töltete durranóhigany.

¹²¹ Bickford-féle biztonsági gyújtó (időzített gyújtózsínrel).

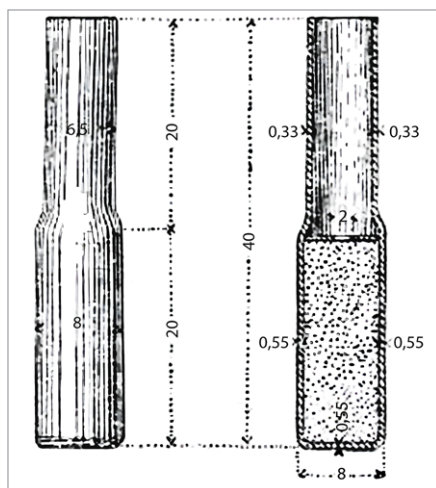
¹²² *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához* – fordítás. Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., 1899. 188.

¹²³ *E–39.b. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság számára – tervezet*. Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, 1915. 5.

¹²⁴ Nagy-Józsa Kálmán: Az 5. komáromi árkász (Sappeur) zászlóalj 6. századának története 1917 novemberétől – a háború végéig. In Jacobi Ágost (szerk.): *Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban*. Budapest, Közlekedési Nyomda Kft., 1938. 269.

a Nobel-féle gyutacssorozat 6-os számú, 1 g durranóhiganyt tartalmazó gyutacsa, amikor az összes előző szabályzat szerint a 2 g-os 8. számú volt rendszeresítve? Nem találtunk erre vonatkozó feljegyzést.

Az 1928-ban kiadott *E-34. Műszaki oktatás szabályzat* szintén a 2 grammos, durranóhiganyos (vörösréz hüvelyes) robbantógyutacsot jelöli meg mint katonai rendszeresített robbantószer. Különlegességük volt, hogy a kereskedelmi forgalomban kapható gyutacsoktól eltérően a gyutacshüvelybe egy „átlyukasztott zárólemez” került az iniciáló robbanóanyag kiszóródását megakadályozandó.



6. ábra: 2 grammos robbantógyutacs

Forrás: *E-34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. füzet – Robbantások. I. rész.* Budapest, M. Kir. Honvédelmi Minisztérium, 1928. 39. pont. 9. ábra alapján, 60.

A 41. pontban bemutatja a kereskedelemben előforduló teljes gyutacssorozatot (1–10) is,¹²⁵ figyelmeztetve a „zárólemez” hiányára, ezáltal „fokozott elővigyázatosságra” intve a velük történő munkavégzésnél. Érdekesség, hogy a 42. pontban egy egyszerű tesztet is bemutat a gyutacs „hevességének és használhatóságának” ellenőrzésére. Egy 8 mm-es ólomlemezre állított gyutacsnak át kell ütnie úgy, hogy „azon a világosság átszűrődjék” és a gyutacshüvelyből keletkező repeszek „okozta nyomok lehetőleg sugár irányúak, sűrűek és egyenletesek legyenek”. Megjelenik a szabályzatban az alumíniumhüvelyes „ólomacid gyutacs” is, amely kezelésbiztosabb a „durranóhigany gyutacsnál”, a nedveséggel és az ütéssel szemben is érzéketlenebb.¹²⁶

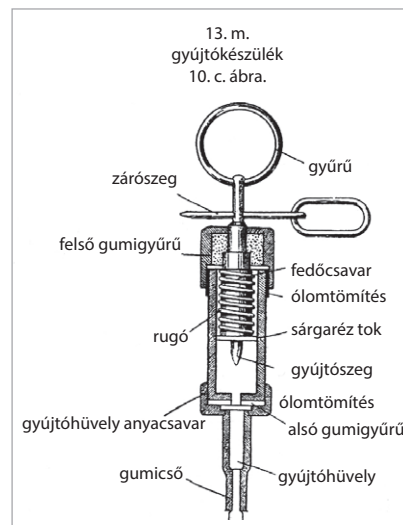
A gyutacsot „kettős angol gyújtózsínórral – Bickford zsinór” indítja, vagy pedig mechanikus gyújtást alkalmazva, a „13-as mint. gyújtókészülékkel”¹²⁷ vagy a „04-es

¹²⁵ Lásd az 5. táblázatot.

¹²⁶ *E-34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások I. rész.* Budapest, M. Kir. Honvédelmi Minisztérium, 1928. 43. pont, 44.

¹²⁷ Ez a típus víz alatt is alkalmazható volt.

mint. gyújtókészülékkel”.¹²⁸ Ezek a gyújtók – a mai MUV-gyújtóhoz hasonló módon – egy rugó ellenében megfeszített ütőszeg felszabadítása után (zárószeg kihúzása) az aljukon lévő gyújtóhüvelyben lévő „gyúteleget” robbantották fel, amely iniciálta a vele összerakott robbantógyutacsot.



7. ábra: 13. m. gyújtókészülék

Forrás: Maróthy (1957b): i. m. 10. c. ábra

A 88.533/eln. 7/m.-1942 körrendelet (1942. június 27.) rendszeresíti a 42. M. utászgyutacsot, amely „az eddig gyártottaktól abban különbözik, hogy a gyutacs fenekén bemélyedés van”.¹²⁹

Az 1950-es *Robbantási segédlet* háromféle katonai 8. számú gyutacsot mutat be:

- 8. sz. Azidotenes (0,15 g TNRSZ,¹³⁰ 0,2 g ólomazid, 1,0 g ten¹³¹) alumíniumhüvelyben;
- 8. sz. Azidotetriles (0,15 g TNRSZ, 0,2 g ólomazid, 1,0 g tetril) alumíniumhüvelyben;
- 8. sz. Durranóhigany tetriles (0,5 g durranóhigany, 1,0 g tetril) rézhüvelyben.¹³²

Mindegyik gyutacs belsejében a robbanóanyag-töltetet fémcsészével borították, amelyben selyemszitával elzárt nyílás volt. A gyutacs határfokának növelése céljából a fémhüvely fenekén bemélyedést alakítottak ki. A gyutacsot indíthatták időzített gyújtószinórral, de a *Segédlet* tárgyalja a mechanikus gyújtást is. Ebben az esetben egy- vagy kétszavas robbantógyutacsot alkalmaz, MUV-gyújtókészülékkel¹³³ szerelve.

¹²⁸ E-34 (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások I. rész.* Budapest, M. Kir. Honvédelmi Minisztérium, 1928. 61–64. pont, 78–81.

¹²⁹ *Honvédelmi Közlöny*, (1942), 29. 323.

¹³⁰ Tricinát.

¹³¹ Nitropenta, PETN.

¹³² *Robbantási segédlet.* Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1950. 2. táblázat alapján, 15.

¹³³ A *Segédlet* még csak elsütő készüléknek hívja a rajz alapján (11. ábra, 32.) pontosan felismerhető MUV-gyújtót, amelyet a Szovjetunióban az 1935-ben rendszeresített TM-35 harckocsiakna gyújtójaként már

A szintén 1950-ben kiadott *E–mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás* már csak kétféle 8-as számú gyutacsot mutat be, a *Segédlet*ben „Azidotetriles” és „Durránóhigany tetriles” névvel jelöltek. Indításukat időzített gyújtózsínórral végzi, a mechanikus gyújtást mint gyújtási módot megemlíti, de a 102. pontban mindjárt rögzíti is, hogy ezek „eszközeit külön utasítások és segédletek tartalmazzák”.¹³⁴

A *Mű/2. Robbantási utasítás* (1965) és a *Mű/213. Robbantási utasítás* (1971) szinte egyformán tárgyalja az utászgyutacsokat. Alapvetően az alumíniumhüvelyes TAT–8-at mutatja be. A *Mű/2.* szerint 0,1 g TNRSZ, 0,2 g ólomazid és 1,02 g tetril alkotta a töltetet, de mindkét utasítás azt írja a szöveges részben, hogy a főtöltete (szekunder töltet) egyaránt lehet ten, tetril vagy hexogén.¹³⁵ Ugyancsak egyformán írnak a rézhüvelyes utászgyutacsról is, amely a *Mű/2.* szerint 8–M számmal volt jelezve, és 0,5 g durranóhiganyt tartalmazott az 1,02 g tetril főtöltet mellett.

Megjegyzendő, hogy katonai pályafutásom során a rézhüvelyes utászgyutaccsal nem találkoztam. A másik érdekesség: katonai, hosszú felhasználási idejű gyutacsként a TAT–8 igazából 10-es erősségű gyutacs volt. Ezzel érték el a gyártók, hogy az ipari gyutacsok sokkal rövidebb idejű felhasználhatóságával szemben ez a gyutacs több mint egy évtized elteltével is garantáltan képes legyen biztosítani a 8-as erősségű gyutacs robbanásakor leadandó energiamennyiséget. A gyutacs kialakítása egyébként megegyezett a *Segédlet*nél bemutatottal, vagyis a töltetet fémcsésze és selyemszita védte, a gyutacs alján pedig hatásmenvelő kúpot alakítottak ki.

A *Mű/213. Utasítás* a 3. számú mellékletében, a „népgazdaságban használt robbantószerkek” között bemutatja az RG–6 és RG–8¹³⁶ jelzésű robbantógyutacsokat.

A 36/1986. (HK. 23.) MN MŰF intézkedés, a *Mű/213. Utasítás* 3. számú kiegészítéseként rendszeresítette a ZTP szerelt gyutacsot. A gyutacsot három időzítési fokozattal (ZTP–50, 150 és 300) gyártották, ahol a számok a gyújtózsínór égési idejét jelölték normál körülmények között, másodpercekben. Alkalmasak voltak víz alatti robbantásra is, ekkor az égési idő 40, 100 és 300 másodpercre csökkent. Mechanikus (csapantyús) és dörzsgyújtóval készültek. A dörzsgyújtós változat volt a legelterjedtebb, a ZTP–50 és 150 általában ilyen indítású volt. A mechanikus gyújtó a MUV-gyújtó elvén működött, 5 m vízmélységig volt alkalmazható.

Tekintve, hogy a rendszerváltást követően a TAT–8 garanciaidejének lejártával újabb tétel beszerzésére nem került sor, a műszakiaknak 1999-ben meg kellett válniuk ettől az egyébként nagyon biztonságos és jól működő gyutacstól. A beszerzések eredményeként az ipari robbantástechnikában már régóta használt RG–8 robbantógyutacsot rendszeresítették RG utászgyutacs néven a Magyar Honvédségnél.¹³⁷ A gyutacsot a 37/2000. (HK 8.)

alkalmazták.

¹³⁴ *E–mű. 1. Ideiglenes robbantási utasítás*. Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1950. 118.

¹³⁵ A *Mű/213.* már nem részletezi a robbanóanyagok mennyiségét.

¹³⁶ 6-os és 8-as erősségű robbantógyutacs (ipari).

¹³⁷ A 210/2000. (HK 15.) SZVK MŰF rendelkezéssel.

SZVK MŰF rendelkezéssel vezették be, amelyet a *Mű/213*. 4. számú kiegészítéseként adtak ki. A melléklet szerint a legjellemzőbb eltérések a TAT–8 és az RG utászgyutacs között:

- a hüvely talprészén nem található kumulatív bemélyedés;
- a préselt robbanóanyag felett nincs lezáró selyemszita;
- a gyutacshüvely keményebb (alumínium-mangán ötvözet), ezáltal nagyobb erővel rögzíthető a gyújtózsínorra;
- a robbanóanyag-töltet összetevői más anyagok (főtöltet: 0,7 g nitropenta, indító-töltet: 0,2 g ólomazid/ólomsztifnát 80/20% arányban).

Még egy fontos adat: jóállása eredeti, légmentes csomagolásban a gyártástól számított két év! Szavatosság a gyártástól számított öt év, majd öt évenként végzett bevizsgálásokkal újabb 3×5 év.

A ma is alkalmazott *időzített gyújtózsínór* őseit a már említett Bickford találta fel Cornwallban (Anglia) 1831-ben. Ezért is nevezték sokáig az ilyen rendszerű gyújtózsínókat *angol gyújtónak* vagy *Bickford-zsínórnak*. Az alapváltozat 1,5–2 mm vastagságú feketelőporbélből állt, amelyet salétromba áztatott vékony jutafonál vett körbe. Erre került a külső kátrányozott burkolat. A 4 mm átmérőjű Bickford-zsínórnak ez a változata csak száraz körülmények között végrehajtott robbantásra volt alkalmas, viszont volt egy óriási előnye: viszonylag pontosan meghatározott égési sebességgel (60–80 cm percenként) rendelkezett. Karikába hajtva, 8–10 m hosszú tekercsekben árulták. Megjelent természetesen 5 mm vastag vízálló változata is, amely kettős kátrányozással készült. 1862-ben Edward Ržiha osztrák–magyar mérnökkari százados szagtalan gyújtózsínórt szabadalmaztatott, kiküszöbölendő a Bickford-zsínór azon hátrányát, mely szerint „a benne lévő kátrány elégségből származó füst, kevésbé szellőztethető helyeken igen kellemetlen, különösen ahol gyakran kell robbantani”. „E zsínórt, melynek gyújtócsatornája jóval szűkebb, kisebb, zsebre tehető karikákba hajtják; nem olyan könnyen nedvesedik át és külső burka nem ég el, minek következtében kellemetlen füst sem fejlődik.”¹³⁸

A korunkban is használt időzített gyújtózsínór nem sokat változott az idők során, csupán a korszerűbb anyagok és technológiák megjelenésével műanyag burkolatot kapott, és az égési sebessége lett még pontosabb. A kereskedelmi forgalomban kapható (és a Magyar Honvédségnél is rendszeresített) zsínór általában 1 cm/s égési idejű. Az ipari robbantástechnikában elterjedtebb a 2 cm/s égési sebességű gyújtózsínór. Ezt azért is fontos tudnunk, mert a katonai robbantási biztonsági előírások 50 cm-ben minimalizálják a legrövidebb felhasználható zsínór hosszát.¹³⁹ Meglepetésként hathat, amikor az ipari robbantástechnika előírásai szerint ugyanez az érték 1 m, azonban ennek egyedüli oka a gyújtózsínór eltérő égési sebessége.

A Bickford-zsínór megjelenése a robbantó szakemberek kezébe olyan eszközt adott, amellyel végre biztonságossá vált a töltetek indítása. Ugyanakkor a mindennapi életben egyre nagyobb igény mutatkozott – a katonai gyakorlatban éppúgy, mint az ipari

¹³⁸ Schaffer (1903): i. m. 59.

¹³⁹ Ez alól egyedül a jégtorlaszok dobótöltetekkel történő bontásánál lehet eltérni, ahol a megengedett minimális gyújtózsínórhossz 15 cm.

robbantásoknál – több töltet egyszerre történő iniciálására. Az időzített gyújtózsínór mintájára olyan zsinórok fejlesztésével kezdtek kísérletezni, amelyeknél a feketelőpor helyére magasabb hatóerejű robbanóanyagot tettek. Az elv megfogalmazása könnyű, a gyártás technológiai megvalósítása már sokkal nehezebb volt. Az első úgynevezett *durranó gyújtózsínórt* 1879-ben vezették be a francia hadseregben. Lőgyapotot¹⁴⁰ töltötték ólomcsőbe, amelyet aztán 4 mm vastagságúra húztak. Később az ólmot cink váltotta fel, a zsinórt pedig dobra tekercselve forgalmazták. Meggyújtva lassan égett, majd egy idő után elaludt, viszont gyutaccsal felrobbantva 40–60 m/s sebességgel robbant végig. Ez a sebesség biztosította több töltet szinte egyidejű robbantását (például 50 m-es töltettávolságnál, soros kapcsolás esetén a második töltet az elsőhöz képest csak 0,012 másodperccel kapta később a gyújtó impulzust).

Az osztrák–magyar hadseregben 1889-től kezdték alkalmazni a *Hess-féle „pillanatnyi durranó gyújtó zsinórt*”. Ez már hajlékony zsinór volt, mivel a durranóhiganyba mártott, négy gyapotfonálból álló töltetet kaucsukszalaggal tekerték körbe, majd viaszba mártották. Egyszerűen meggyújtva 10 m/s sebességgel égett, gyutaccsal indítva viszont 3000–3500 m/s sebességgel robbant. Érdekes adalék, hogy a Hess-féle robbanózsínór kezelési utasításában meghatározott biztonsági rendszabályok, valamint a robbanózsínór toldásának végrehajtása megegyezik a ma is érvényben lévő szabályozásunkkal. Schaffer sajnálkozva írja könyvében, hogy „a cs. és kir. hadügyi kormány eddig nem bocsátotta még közhasználatra, hanem kizárólag katonai célokra tartotta fenn”.¹⁴¹

A *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához* (1899) című kiadvány szerint „egy lovassági gyúzsinegdobozon a szabványos (angol) gyúzsinegből 50 m., a durranó gyúzsinegből pedig 100 m. van felgombolyítva”.¹⁴² Az időzített gyújtózsínórból készült (az 1.6.2.2. alponthoz bemutatott) „robbanószelencze-időzítőgyújtók” is rendszeresítve voltak, a bemutatott pontosságú égési sebességgel. A kiadvány szerint a „durranó-gyúzsineg egyszerűen meggyújtva, gyorsan ég el”.¹⁴³ Égési sebességként kb. 10 m/s-ot adtak meg, ugyanakkor robbanó gyutaccsal indítva 3000–3500 m/s volt „az eldurranás sebessége”. A *Vezérfonal* bemutatja a „durranózsineg” hálózatának készítését is. A leágazások kialakítását a rendszeresített kapcsolóhüvelyek segítették. Az 1. számúval a gyutacsot kötötték össze a durranózsineggel. A 2. számú 3–4, a 3. számú pedig 5–6 „durranózsineg elágazásnak a szabványos gyúzsineg 2 gm.-os gyutacsával való összekötésére szolgál”.¹⁴⁴

Az *E–23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászai számára* (1902) a *Vezérfonal*ban foglaltakhoz képest tisztázza, hogy a durranó gyújtózsineg¹⁴⁵ durranóhigany töltetű, amíg a burkolat megvédi a mechanikus hatásoktól (ütés,

¹⁴⁰ Nitrocellulóz.

¹⁴¹ Schaffer (1903): i. m. 62.

¹⁴² *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához* – fordítás. Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., 1899. 189.

¹⁴³ *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához* – fordítás. Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., 1899. 188.

¹⁴⁴ *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához* – fordítás. Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., 1899. 189.

¹⁴⁵ A kiadványban utólag kézzel mindenhol felülírták „robbanó gyújtózsinegnek”.

dörzsölés), nem robban fel. Már megjelennek azok a biztonsági előírások, amelyeket a mai napig betartatunk a robbanózsínórral végzendő munkák során:

- a dobról vágás előtt le kell gombolyítani a robbanózsínórt;¹⁴⁶
- a vágást falapon, éles késsel, a zsínórt egy, a kezét óvó másik falappal megtámasztva kell elvégezni;¹⁴⁷
- minden vágás után a falapot és a kést meg kell tisztítani a vágás során keletkezett törmeléktől, és a következő vágást a deszkalapnak egy más részén kell elvégezni;
- gyutacsba helyezett zsínórt vágni szigorúan tilos!

A durranó gyújtózsineg hálózatainak készítéséről a *Vezérfonalnál* bemutatottakon kívül a hidak robbantását tárgyaló részben is ír.

A 9169/eln. körrendelet (1906. 10. 15.) az alábbiakról intézkedik: „A robbanó gyújtózsineg helyébe a 03 mintájú durranó gyújtó zsineget rendszeresítem. Az előbb említett gyújtózsinegnek az utóbbival való pótlása, valamint a vonatkozó szolgálati könyveknek helyesbítése iránt külön fogok intézkedni.”¹⁴⁸

Az 1915-ben kiadott *E–39, b. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság számára* ugyanazokról a robbantószerekről számol be, mint elődei. Változást jelent, hogy a „durranó gyújtózsineg” robbanási sebességének 5 km/s értéket ad meg, de kezelésével kapcsolatban megegyező elvekről ír, mint az 1902-es szabályzat. Újdonságként jelentkezik, hogy a „kettős angol gyújtózsineg” minden tekercsének megkezdésekor gyújtási próbát végeztet el, melynek során az 1 m hosszú zsínórdarab égési sebességének 90–120 másodperc között kell lennie. Az időzített gyújtózsínórral szerelt tölteteket, ha azok nem robbantak fel, csak 15 perc várakozási idő után engedni megközelíteni.¹⁴⁹

Az *E–34. (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások I.* (1929) a műszaki csapatok rendszeresített időzített gyújtózsínórjaként a „kettős angol gyújtózsínórt” jelöli meg, amelynek égési sebessége 1 cm/s, 8–12 m hosszú tekercsekben adták ki, és minden tekercs megkezdésekor egy 50 cm-es darabbal égési próbát kellett végrehajtani. Pontosítja, hogy a gyújtózsínórral indított, fel nem robbant töltet csak „a gyújtózsínór hosszának megfelelő háromszoros égési időtartamának (gyakorlatoknál legalább ¼ óra) eltelte után közelíthető csak meg”.¹⁵⁰

Alap robbanózsínórként a 9169/eln. körrendelettel (1906) bevezetett *03. mintájú durranó gyújtózsínór* maradt rendszerben, 5000 m/s robbanási sebességgel, víz alatti robbantásoknál is alkalmazva. Kezelésével kapcsolatban az 1915-ös szabályzatban bemutatottak maradtak érvényben azzal a pontosítással, hogy a robbanózsínór vágásakor nem kell

¹⁴⁶ A mai szabályozás annyival megengedőbb, hogy a vágás helye és a tárolódob között min. 10 m-nek kell lenni – de ma már nem is durranóhiganyos, hanem nitropenta töltetű robbanózsínórt használunk.

¹⁴⁷ A kezét védő deszkalap ma már nem követelmény (de nem is tilos).

¹⁴⁸ 9169/eln. körrendelet (1906. 10. 15.). *Rendeleti Közlöny*, 1906, 404.

¹⁴⁹ Ez a szabály ma is él.

¹⁵⁰ *E–34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások I. rész.* Budapest, M. Kir. Honvédelmi Minisztérium, 1928. 63.

feltétlenül letekerni a teljes 100 m-es tekercest a dobról, de a dob és a vágás helye között legalább 10 m-nek kell lennie.¹⁵¹

Használták ezenkívül a „fulminát gyújtózsínort” is, amelynél „a bél burkolata csak vizes glycerinnel van átítatva, miért is ütés, dörzsölés és nedvesség iránt jóval érzékenyebb”.¹⁵² Érdekesség, hogy ezzel a gyújtózsínórral bemutatja a löpor, illetve az „I. sz. dinamit” töltetek gyutacs nélküli robbantását, a ma is alkalmazott eljárásnak megfelelően, négy menetet tekerve a zsinórból a töltet köré.

Külön fejezetben tárgyalja a durranó gyújtózsínóros hálózatok készítését, bemutatva a párhuzamos és soros hálózatot. A leágazások készítéséhez továbbra is a fent bemutatott összekötő hüvelyeket használja.

A *Robbantási segédlet* (1950) 10 m-es tekercekben készített, fekete, aszfaltburkolatú, 1 cm/s égési sebességű időzített gyújtózsínórról ír. A tekercs megkezdésekor egy 60 cm-es darabbal égési próbát ír elő, amelynek során 60–70 másodperc között kellett végigégnie a vizsgált zsinórnak. A műszaki csapatok által használt nitropenta töltetű, vörös színű, 6500 m/s robbanási sebességű durranó gyújtózsínort 50 m-es tekercekben adták ki. A szerelt töltet készítésének, a durranó gyújtózsínór kezelésének, kötéseinek, indításának szabályai, a belőlük készíthető hálózatok (soros, párhuzamos, vegyes) megegyezők a mai szabályokkal. Igaz ez a velük végzendő munkák során betartandó biztonsági előírásokra is.

Az *E–mű. 1. Ideiglenes robbantási utasítás* (1950) annyiban hoz újat a *Segédlethez* képest, hogy négyféle (egyébként egyaránt 1 cm/s égési sebességű) időzített gyújtózsínort (úgy mint a guttapercha, a kétszer bitumenezett, az egyszer bitumenezett és a fehér zsinór) és ötféle durranó gyújtózsínort mutat be. A felsorolt durranó gyújtózsínórok töltete és detonációsebességük:

- durranóhigany: 5000–5300 m/s;
- durranóhigany és tetрил: 5000–5300 m/s;
- hexogén: 7600 m/s;
- hexogén és tetрил: 6500 m/s;
- nitropenta: 6500 m/s.¹⁵³

A *Mű/2. Robbantási utasításban* (1965) az elődeihez képest újdonság, hogy az időzített gyújtózsínórtekercs megkezdésekor az égési próbát úgy végezteti el, hogy először levágat egy 10–15 cm-es darabot, és csak ezt követően a 60 cm hosszú próbadarabot. Az időzített gyújtózsínórnál már csak a vízhatlan változatok maradtak meg (egyszeresen és kétszeresen bitumenezett, valamint műanyag burkolatúak), amelyek 5 méter vízmélységig alkalmazhatók. Egyféle, nitropenta töltetű durranó gyújtózsínór maradt, 6–7000 m/s detonációs sebességgel. Megjelenik a trotiltöltet gyutacs nélküli robbantása a fentebb

¹⁵¹ Ez az előírás érvényes ma is.

¹⁵² *E–34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások I. rész.* Budapest, M. Kir. Honvédelmi Minisztérium, 1928. 67.

¹⁵³ *E–mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás.* Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1950. 4. sz. táblázat, 42–43.

bemutatott 1929-es szabályozáshoz hasonló módon, „4-5 – egymást nem keresztező – zsinórmenet” rácsavarásával.¹⁵⁴

A *Mű/213. Robbantási utasítás* (1971) zöld színű, műanyag burkolatú időzített gyújtózsínorról (IGYZS) és piros színű műanyag burkolattal ellátott, 8 g/m nitropenta töltetű durranó gyújtózsínorról ír, amely az 1980-as években robbanózsínór megnevezésre változott (RGYZS). Kezelése, alkalmazása szabályaiban változás nem történt. Az *Utasítás* 3. számú mellékletében a „népgazdaságban használt robbantószerkezetek” között bemutatja a Nipentex nitropenta töltetű, valamint a Nihetex hexogén töltetű robbanózsínókat.

2010-ben jelent meg a Magyar Honvédség rendszerében a 15500/09-70/030-03-0HA-k01 beszerzésazonosítójú szállítási szerződés alapján egy új „katonai rendeltetésű időzített gyújtózsínór” 120 m/s égési idővel.¹⁵⁵

2011-ben vezették be a DETONEX típusú robbanózsínórt. A 12 g/m nitropenta töltésű, piros műanyag burkolatban, 100 fm-es tekercsben szállított robbanózsínór átmérője 5 mm.¹⁵⁶

1.2.2. A villamos gyújtás eszközei és fejlődésük a magyar fegyveres erőknél

A töltetek villamos energia alkalmazásával való felrobbantása meglepően hosszú múltra tekint vissza. Arday szerint 1802–1805 között Josefstadtban a „műszaki csapatok aknaosztályai” nagyszabású robbantási gyakorlatok során „használták legelőször a dörzsölő elektromosság által előidézhető akna gyújtást, illetve robbantást. 1804-ben Chastel báró őrnagy Konovitzban (Ausztria) számos aknát dörzsölő elektromosság által gyújtott fel és pedig oly módon, hogy a vezető drótokat a folyón át vezetve fektették le.”¹⁵⁷ Ugyancsak ez a forrás említi, hogy „a bányászatban az elektromos gyújtást csak 1823-tól kezdve alkalmazták a robbantási munkálatoknál, 1831-ben pedig a Bickford-féle biztonsági gyújtózsínórt”. 1855-ben Ebner báró cs. kir. alezredes „dörzsölő elektromos tábori gyújtókészüléket” készített katonai célra. 1853-ban Verdu spanyol műszaki ezredes használt először indukciós gyújtógépet (Rhumkorff-féle induktort) aknák¹⁵⁸ gyújtására.¹⁵⁹

A villamos gyújtás kezdeti szakaszairól Maróthy Géza tankönyvében az alábbiakat olvashatjuk.

„Feketelőpor tölteteknek villamos áram segítségével történő gyújtását első ízben Furton javasolta 1799-ben, míg az első villamos gyújtást Chastel végezte 1802-ben az ausztriai Konowitz-ben. A villamos gyújtók alkalmazása eleinte csak igen lassan terjedt el. Egyes szakkönyvek külön említést tesznek az Amerikában 1830-ban, első

¹⁵⁴ *Mű/2. Robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965. 48.

¹⁵⁵ Átvételi utasítás a katonai rendeltetésű időzített gyújtózsínóra. Balatonfüzfő, HALTECH Kft., 2010.

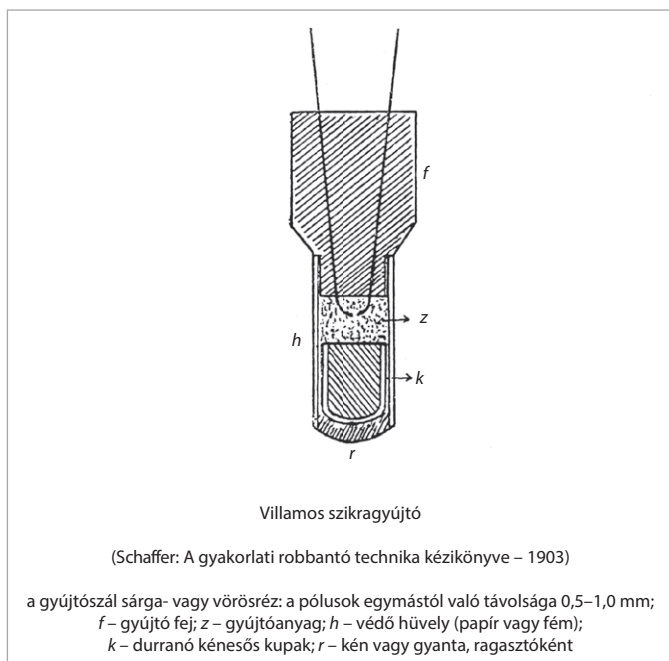
¹⁵⁶ Kezelési, tárolási és karbantartási utasítás – katonai rendeltetésű gyújtószerek. Balatonfüzfő, HALTECH Kft., 2011.

¹⁵⁷ Arday (1910): i. m. 415.

¹⁵⁸ Föld alatti aknáknál elhelyezett töltetek értendőek alatta.

¹⁵⁹ Arday (1910): i. m. 416.

Ízben a New York-i kikötő építésénél használt villamos gyújtásról, amellyel egy nagy sziklatömböt robbantottak fel. A villamos gyújtás, mely a XIX. század végén nyert általános alkalmazást a robbantástechnikában, lehetővé tette több töltetnek egyidejű vagy megadott kis időközökben történő biztonságos sorozatrobbantását. A különféle típusú gyújtók közül először az ún. »megszakított«, majd az »izzószálas« villamos gyújtók terjedtek el. A megszakított gyújtókhoz a nagy ellenállású (1000-1 millió ohm) »szikra« és a közepes ellenállású (300-1000 ohm) ún. »térközös« gyújtók tartoznak. Előbbiek indításához villamos szikra, azaz igen nagy feszültség (több ezer volt) szükséges.”¹⁶⁰



8. ábra: Villamos szikragyújtó

Forrás: Schaffer (1903): i. m. 87., 31. ábra

Az *izzószálas gyutacsoknál* (régi nevén izzódrótygyújtó) a gyutacsba bevezetett két elektromos vezetékot a primer robbanóanyag fölött egy vékony izzószállal kötötték össze, amelyet pirotechnikai eleggyel (úgynevezett gyúelegy) vettek körül. Áram hatására ez a szál (tulajdonképpen ellenállásként viselkedve) felizzott meggyújtva a pirotechnikai elegyet, amely előidézte a lángérzékeny primer töltet robbanását. A mai villamos gyutacsok is ezen az elven működnek, eltérés csak az izzószál anyagában van, ami révén viszont a gyutacs technikai paraméterei alakíthatók az igények szerint.

¹⁶⁰ Maróthy (1957b): i. m. 25–26.