

Lukács László<sup>1</sup>

## ROBBANTÁSTECHNIKA A HAZAI KATONAI SZAKFOLYÓIRATOKBAN 1945–1990 KÖZÖTT

### I. RÉSZ

#### ROBBANÓANYAGOK ÉS INICIÁLÁSUK

#### Topics of blasting techniques in the national military journals 1945-1990

#### 1<sup>st</sup> part – Explosives and their initiation

<https://doi.org/10.30583/2020.3.241>

#### **Absztrakt**

*A tanulmány a hazai katonai robbantástechnika fejlődésének 1945 és 1990 közötti korszakába nyújt betekintést, a vizsgált időszak szakfolyóirataiban megjelent robbanóanyagokkal és azok iniciálásával foglalkozó cikkek, tanulmányok rövid áttekintésével. Az egyes témák végén a rájuk vonatkozó mai helyzet is bemutatásra kerül. Az anyag segítséget nyújthat a témával foglalkozó szakembereknek a saját kutatásukhoz szükséges források megismerésében. Az írással a szerző egyben emléket kíván állítani a robbantástechnika kutatásával, fejlesztésével, a robbantás oktatásával, a kiképzéssel és a gyakorlati munkák kivitelezésével abban a korban foglalkozó katonáknak, szakembereknek.*

**Kulcsszavak:** robbanóanyag, aeroszol robbanóanyag, robbantástechnika, gyújtási lánc, iniciálás, gyutacs

#### **Abstract**

*This study allows getting an insight of the development of domestic military blasting techniques between 1945 and 1990, based on short reviews of articles and essays published during that period in special*

---

1 Prof. Dr. Lukács László ny. mk. alezredes, a hadtudomány kandidátusa, nyugalmazott tanszékvezető egyetemi tanár, [lukacs.laszlo@uni-nke.hu](mailto:lukacs.laszlo@uni-nke.hu) orcid.org/0000-0001-8569-5013

*periodicals. At the end of each topic, the related current situation is shown.*

*The article may help experts involved with the topic to become more familiar with sources necessary to their own research. The author also would like to commemorate those military and civilian experts who dealt with research and development, education and training of blasting techniques and execution of these skills in that era.*

**Keywords:** explosive, Fuel-Air Explosive, blasting techniques, explosive train, initiation, blasting cap

## Bevezetés

A Katonai Logisztika 2018. évi 3–4. számában megjelent cikkben<sup>2</sup> a hazai katonai szakfolyóiratokban 1875–1945 közötti időszakban megjelent, robbanóanyagokról és robbantástechnikáról szóló cikkek között tallóztunk. Jelen írás egy cikksorozat első tagjaként, a robbanóanyagokkal és azok iniciálásával foglalkozó, 1945–1990 közötti publikációt mutatja be. A kutatás elsősorban az időszak katonai folyóirataiban közölt írásokra irányult.

Feldolgozásra kerültek a Katonai Szemle 1952–1959 közötti, majd jogutódjának, a Honvédségi Szemlének 1960-tól kiadott számai. Bemutatjuk a Haditechnikai Szemlében 1956–1981 között megjelent írásokat és a Haditechnika címen azóta megjelenő jogutód kiadványának vonatkozó cikkeit. Kutattuk a Honvédelem folyóiratot is, de a vizsgált témában nem találtunk anyagot.

A tanulmányban idézünk olyan cikkeket is, melyek a Természettudományi Közlöny (1967 után Természet Világa) és az Elektrotechnika című civil folyóiratban jelentek meg, viszont tartalmukban kapcsolódhatnak a témához.<sup>3</sup> Az egyes vizsgált területek végén az adott kérdés mai helyzetéről is közlünk információkat.

---

2 Lukács László – Tóth Rudolf: Robbantóanyagok a hazai katonai szakfolyóiratokban 1875–1945. Katonai Logisztika 2018/3–4. szám, 273–300. DOI 10.30583/2018/3–4/273.

3 A feldolgozott cikkek megtalálhatók az Arcanum Digitális Tudománytárban; <https://adtplus.arcanum.hu/hu/>

## Robbanóanyagokkal foglalkozó írások

Az alfejezetben feldolgozzuk a hagyományos robbanóanyagokról, továbbá a Fuel-Air Explosive (FAE) néven ismert tüzelőanyag - levegő keverék robbanóanyagokról szóló anyagokat.

### Hagyományos robbanóanyagok

**1956-ban**, a *Katonai Szemlében* jelent meg **Szeberényi István** százados írása *Robbanóanyagok a haditechnikában* címmel.<sup>4</sup> A hétoldalas tanulmányban egy rövid robbanóanyag-fejlődéstörténeti 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 gyárthatóság. A szerző itt leszögezi, hogy „a jelenleg ismert és felhasznált robbanóanyagok közül egyik sem elégíti ki maradék nélkül a fenti követelményeket, csak arra tudunk szorítkozni, hogy olyan robbanóanyagokat állítsunk elő, amelyek tulajdonságaiban a legjobban megközelítik az ideális robbanóanyagot.”<sup>5</sup>

Ezt követően részletesen bemutatja az iniciáló (durranóhigany, ólomazid, trizinát), a brizáns (trotil, pikrinsav, tetril, nitropenta, hexogén) és az ammonsalétromos robbanóanyagok (ammónium-nitrát) főbb jellemzőit, előállításukat és felhasználásukat. A tanulmány végén egy táblázatban foglalja össze a tárgyalt robbanóanyagok vegyi összetételét, fajsúlyát, olvadási pontját és detonációsebességét.

Bár nem katonai folyóiratból való a következő cikk, mégis érdemes foglalkozni **Nyilasi Jánosnak** a *Természettudományi Közlönyben* megjelent **1959-es** írásával.<sup>6</sup> A szerző **Alfred Nobel munkásságát** foglalja össze, azóta is ritkán látható pontossággal, részletességgel. Kiemeli, hogy a dinamit, a zselatindinamit és a gyérfüstű lőpor (ballisztit) feltalálójaként ismerik széles körben, miközben a legjelentősebb

---

4 Szeberényi István: Robbanóanyagok a haditechnikában, *Katonai Szemle* 1956/9. 104–110.

5 Uo. 106.

6 Nyilasi János: Nobel Alfred Nobel találmányai, *Természettudományi Közlöny* 1959/11. 512–514.

munkája a robbanóanyagok iniciálásához elengedhetetlenül szükséges (ma 8. számú vagy 8-as erősségű) robbantógyutacs kifejlesztése volt. Érdekességként idézi Nobel 1893-ban, a tiszteletbeli doktorrá avatása kapcsán az uppsalai egyetemhez benyújtott önéletrajzát is, melyben ő maga sem tulajdonított említésre méltó jelentőséget ennek a valóban történelmi jelentőségű robbantástechnikai találmánynak: „Alulírott, aki 1833-ban Stockholmban született, ismereteit önképzés útján szerezte, anélkül, hogy felsőbb iskolákat látogatott volna. Különösen ipari kémiával foglalkozott; robbanóanyagokat állított elő, ezek: dinamit, robbanó zselatin, füstnélküli lőpor, ballisztit és C 89 néven ismertek. 1884 óta tagja a Királyi Svéd Tudományos Akadémiának, a Londoni Királyi Társaságnak, a párizsi Sociétés des Ingénieurs Civiles-nek, 1880 óta a Nordstjörn-rend lovagja. Megkapta a Becsületrend Lovagkeresztjét is. Nyomatásban nem adott ki mást egy angol nyelvű, ezüstéremmel kitüntetett előadásnál.”<sup>7</sup>

Nyilas „elégtételt szolgáltat” cikkével Nobelnek annyiban, hogy bemutatja a nitroglicerin-töltetek indítására szolgáló (csak fekete lőport tartalmazó) Nobel-féle gyújtó és a kezelésbiztos dinamitot iniciálni képes durranóhiganyos gyutacs fejlesztésének körülményeit. A cikk Nobel végrendeletéből vett idézettel zárul: „...egyéb értékesíthető vagyonomról a következőkben rendelkezem: a tőke, amelyet rendelkezésem végrehajtója biztos értékpapírokba tartozik fektetni, alkosson alapítványt, amelynek évi kamatait, díjakként, azoknak adják, akik az elmúlt évben az emberiségnek a legnagyobb hasznot hajtották”. A fizikai, a kémiai, az orvostudományi és az irodalmi Nobel-díj mellett az ötödiket az kaphatja, „aki a legtöbb és legnagyobb munkát fejtette ki a népek testvérisüléséért, a hadseregek megszüntetéséért vagy csökkentéséért és békekongresszusok szervezéséért. [...] Kifejezett akaratom, hogy a díjak kiosztásánál semmi tekintettel ne legyenek a nemzeti hovatatartozásra, úgyhogy a legméltóbb nyerje el a díjat [...] (1895)”.<sup>8</sup>

Úgy gondolom, hogy a 2020. évi Nobel-békedíj méltó helyre került az ENSZ Világélelmezési Programnál (WFP). Ahogy az indoklásban is leírták: „A bizottság az idei díjjal arra a több millió emberre szeretné ráirányítani a világ figyelmét, aki éhezik, illetve fenyegeti az éhínség. A Világélelmezési Program többoldalú együttműködés keretében kulcsszerepet játszik az élelmezésbiztonság és ezáltal a béke megteremtésében. Nap mint nap tesz a népek testvériségének elősegítéséért, amely része volt Alfred Nobel szándékának. A WFP tavaly 88 ország

---

7 Uo. p. 512.

8 Uo. p. 514.

százmillió lakosát segítette élelemmel. A világvárvány okozta további nehézségek ellenére az idén képes volt fokozni erőfeszítéseit.”<sup>9</sup> A szervezet hozzájárult „a konfliktus sújtotta területeken a béke feltételeinek javításához [...] valamint vezető szerepet töltött be annak megakadályozásában, hogy az éhséget, mint fegyvert alkalmazzák”.<sup>10</sup>

Az 1965-ben kiadott Mű/2 Robbantási utasításban jelenik meg először a hazai katonai gyakorlatban a **plasztikus robbanóanyag (PRA)**, flegmatizált nitropenta alapanyagú 1 kg-os „téglák” formájában.<sup>11</sup> Az új robbanóanyag alkalmazásának néhány lehetőségéről ír **Gudmon Mihály**, szintén **1965-ben** megjelent cikkében.<sup>12</sup> A PRA legfontosabb előnyös tulajdonságai között említi az alábbiakat: „formálhatóság, képlékenység, jobb tömítés, amely biztosítja a felszabadult energia tökéletesebb kihasználását, a formált töltetknél a robbanás folyamatosan megy végbe, kevésbé áll fenn a veszélye annak, hogy a töltet egy része „megáll”, [...] mivel a robbanóanyag teljesen felfekszik a robbantandó felületre és az összes rések robbanóanyaggal betömhetőek, nem szükséges az egyes szerkezeti elemek közti hézagokat a robbantási keresztmetszetbe beszámítani és ez (pl. vasrobbantásnál) sok robbanóanyag megtakarítást eredményez.”<sup>13</sup>

Az összetett lemezek esetén a légrés vastagságának is acélszerkezetként történő számítását már az **1903-ban** megjelent *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve* c. műben is olvashatjuk.<sup>14</sup> Ezt követően az összes katonai robbantási szabályzat, utasítás ezt a módszert követte függetlenül attól, hogy német (1945-ig) vagy orosz (1945 után) forrásmunkákra támaszkodott.<sup>15</sup>

A cikkben bemutatásra kerül a „Műanyagcsőbe préselt plasztikus robbanóanyaggal való farobbantás” c. újítás is. Az így kialakított gyűrűs töltet alkalmazása a szerző szerint „jelentős mennyiségű

---

9 <https://infostart.hu/kulfold/2020/10/09/megvan-az-idei-nobel-bekedijas> (2020.10.09.)

10 <https://www.szabadeuropa.hu/a/a-nobel-bekedijat-a-vilagelelmezesi-program-kapta/30884391.html> (2020.10.10.)

11 Lukács László: Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből, különös tekintettel a továbbfejlesztés várható irányaira és a kor új kihívásaira, Dialóg Campus Kiadó Budapest, 2017. 41.

12 Gudmon Mihály: Plasztikus robbanóanyagok, Honvédségi Szemle 1965/1. 93–97.

13 Uo. 94.

14 Schaffer Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve, Pallas Rt., Budapest, 1903. 261.

15 Bővebben lásd Lukács (2017) i. m. 90–102.

robbanóanyag-, munkaidő-, munkaerő- és faanyag-megtakarítást jelent”. A hagyományos (összpontosított) töltethez képest a töltetmenyiség 1/3–1/5-ére csökken, másrészt egy 50 cm átmérőjű fa robbantásához történő előkészítése 2–3 perc alatt végrehajtható, a normatáblázatban szereplő 10 perchez képest. Amennyiben nem az akadályképzés a farobbantás célja, hanem később felhasználható anyag ki-termelése, akkor a hagyományos robbantás keresztmetszetében kb. 2 m hosszban szétrepedezett, további megmunkálásra alkalmatlan rész-szel szemben, szinte veszteségmentesen hajtható végre a robbantás.

A cikk befejező részében rövid utalás történik a PRA alkalmazási lehetőségeire acél-, beton- és vasbeton elemek robbantásánál.

**1970-ben** jelent meg először hazai publikáció az **Astrolite kétkomponensű robbanóanyagról**,<sup>16</sup> egy külföldi folyóirat cikkének fordítása alapján. A két, önmagában nem robbanó komponensből, a helyszínen összekeverve robbanóképes elegyet képző találmány révén - a szerző szerint - lényegesen növelhető a robbanóanyagok tárolási és szállítási biztonsága.

Az Astrolite-ot az 1960-as években találta fel Gerald Hirst vegyész az Atlas Powder-nél (USA). Mint már ezt megelőzően számos robbanóanyag esetén (pl. a szívgyógyszer nitroglicerinnel, a sebfertőtlenítő nitrocellulóz, a gyapjú- és selyemfesték pikrinsav), az Astrolite sem robbanóanyag-célú fejlesztés eredménye: folyékony rakéta-hajtóanyag kísérlet során született meg az ammónium-nitrát és a vízmentes hidrazin (rakéta-üzemanyag) keverésével. A cikk szerzője szerint az így előállított **Astrolite-A** nevű bináris robbanóanyag katonai célra történő felhasználása a legkedvezőbb. „Hatása 3–5-szörösen múlja felül a 60% nitroglicerint tartalmazó löporét és 1,8–2-szeresen a trotilét. Kezelésbiztonsága 40-szer jobb az ütéssel szemben, mint a nitroglicerinnel bázisú anyagoké. Rombolásakor viszont háromszor akkora átmérőjű töltést hoz létre, mint a hexogén alapú C-4 és másfélszer akkora, mint a műanyagbázisú PBXN-1, vagyis a korábbi legnagyobb hatású robbanóanyagok.<sup>17</sup> Mivel az összekeverés után a robbanóanyag „halmazállapota a folyékonytól a gumiszerű konzisztenciáig változtatható”, a szerző szerint lőszer töltésére is alkalmas: a folyékony robbanóanyag a lőszerbe töltést követően ott megszilárdul, ezáltal megtakarítva a hagyományos gyártás olvasztás-öntési eljárását. Ezáltal

---

16 Bruce J.: Az Astrolite-robbanóanyagok, Haditechnikai Szemle 1970/1. 31–32. (az Ordnance 1969. május-júniusi számban megjelent cikk alapján)

17 Uo. 31.

viszont „egy kisebb üzem is vállalkozhat nemcsak a robbanóanyag készítésére, hanem a fegyverrendszer előállítására is.”

Az **Astrolite-G-t** mint az „ez idő szerint állítólag a legnagyobb detonációs sebességű folyékony robbanóanyag”-ot mutatja be a szerző. A 8600 m/s detonációsebesség mellett kiváló a kezelésbiztonsága is: robbanóanyaggal töltött műanyagtartályra több lövést leadva nem történt robbanás. Az Astrolite-G még egy érdekes tulajdonságáról számol be a cikk. A talajba könnyen beszívódik és ott még esős időben is négy napig megtartja robbanóképességét. Ennek alapján javasolják „gyors lövészgödörök” elkészítésére úgy, hogy a katonákat kulacsokhoz hasonló műanyagtartályokkal szerelik fel (bennük külön-külön a két komponenssel). A bajonettel a földbe ásott lyukba kb. fél kiló bekevert robbanóanyagot töltve és azt a rendszeresített szerelt gyutaccsal iniciálva „mintegy 120 cm átmérőjű és 90 cm mély gödör keletkezik”. Az előkészítésre kb. 1 perc szükséges. Ugyancsak a talajba juttatott robbanóanyaggal „folyékony szárazföldi aknák” is telepíthetők, melyeket a „szokott elektromos vagy mechanikus működtetésű detonátorokkal lehet indítani”. Az így létesíthető „aknamező” mérete a robbanóanyag kijuttatásának függvénye: a szétpermetezést akár az egyes harcos hátán hordott készülékből, akár gépkocsiról, repülőgépről vagy helikopterről végezhetik. Ennek fordítottjaként, az aknamezők hatástalanítására is alkalmazhatónak tartja a permetezéssel robbanóanyag- kijuttatást a cikk, valamint az akadályelhárítás másik területén is lát fantáziát az Astrolite-G alkalmazásának: az „útnyitást sűrű erdőkben, dzsungelben”. Számítása szerint 1 m széles út létesítése folyóméterenként fél kg folyékony robbanóanyag felhasználását igényli.

A cikk végén megemlíti még az **Astrolite-P** robbanóanyagot, mely tapadós, gumyszerű massza halmazállapota miatt fémszerkezetek robbantására és kumulatív töltetek kialakítására alkalmas. Az **Astrolite-K** olcsó, gyutaccsal indítható ipari robbanóanyag, melynek robbanásakor nem keletkeznek mérgező gázok, és mivel a hideggel szemben is érzéketlen, télen is használható.

Az **Astrolite** robbanóanyag megjelenik **Czapek Béla 1977-ben** megjelent cikkében is.<sup>18</sup> A fent leírtakhoz képest újdonság az Amerikai Egyesült Államokban **SAF-T-PAK** néven forgalmazott bináris robbanóanyag bemutatása. A két komponens külön-külön „korlátlan mennyiségben szállítható, csupán a legtöbb, vegyi anyagra érvényes

---

18 Czapek Béla: Új robbanóanyagok az építés szolgálatában, Haditechnikai Szemle 1977/3. 84–88.

előírásokat kell betartani”. Ugyanakkor elgondolkodtatók a szerző következő sorai: „A szilárd halmazállapotú közeg oxidáló anyagként szerepel, ezért távol kell tartani tűztől, lángtól, szikrától. A folyékony komponens gyengén mérgező hatású, ezért a belélegzést és a bőrérítkezést el kell kerülni”.<sup>19</sup>

Az Astrolite típusú robbanóanyagok fontosabb jellemzőit az alábbi táblázatban foglalta össze a szerző.<sup>20</sup>

AZ ASTROLIT TÍPUSÚ ROBBANÓANYAGOK FONTOSABB JELLEMZŐI

1. számú táblázat

Megnevezés	Jellemző	Fajsúly [p/cm <sup>3</sup> ]	Detonációsebesség [m/s]	Gáztérfogat [l/kg] <sup>21</sup>	Robbanási hő [kcal/kg] <sup>22</sup>
Astrolite-A	szilárd v. folyékony	1,64	7500	902	1932
Astrolite-G		1,43	8600	1030	1140
SAF-T-PAK		1,2	3500	1013	516
ASTRO-PAK (Astrolite-T)	képlékeny	-	6. sz. gyutacssal 800–2000, detonátorral 8000	-	-

A fenti táblázatnál említést érdemel, hogy az **Astrolite-T**-t már 6-os erősségű gyutacssal is fel lehetett robbantani. Nyilasi János fent bemutatott cikkében részletesen ír arról, hogy Nobel milyen kísérletek által jutott el a dinamitot indítani képes, megfelelő erősségű gyutacsig. A 10 fokozatú (0,3-tól 3,0 g) durranóhigany-töltetű gyutacsok közül a 8-as számú felelt meg erre a célra. Azóta a világon mindenhol, az ebben lévő 2,0 g durranóhigany robbanási energiájával egyenértékű gyutacsokkal indíthatónak kell lennie a gyutacsérzékeny brizáns robbanóanyagoknak (függetlenül azok jelenlegi összetételétől). Az Astrolite-T részbeni iniciálásához viszont már elégséges volt a sorozat 6. eleme,

19 Uo. 87.

20 Uo. 88. 3. táblázat

21 Fajlagos gáztérfogat: 1 kg robbanóanyag gáztermékeinek a térfogata 1 bar nyomáson és 0 °C hőmérsékleten

22 Robbanáshő: 1 kg robbanóanyag tökéletes robbanási átalakulása során, állandó térfogat mellett felszabaduló, elméletileg meghatározott hő mennyisége



mely csak 1,0 g durranóhiganyt tartalmazott. A robbanóanyag ennek ellenére csak közbenső detonátor beiktatásával működött teljes hatóerővel.

Az Astrolite robbanóanyagról további részletes információk olvashatók **Walter Schmidt 2001**-ben megjelent **Hydrazine and its Derivates** című munkájában.<sup>23</sup>

A **US Army 1978-ban** kísérleteket folytatott többféle robbanóanyag katonai alkalmazhatóságára, lövészgödrök kirobbantásánál.<sup>24</sup> Ezen belül először az **Astrolite-G2** robbanóanyagot vizsgálták, de az több alapvető katonai kritériumnak sem felelt meg, úgymint a hideg hőmérsékleten való összekeverhetőség és a lövésállóság. Ezen kívül gondként jelölték meg az alacsony detonációsebességet és az anyag mérgező voltát. Ezért a gyártó Explosives Corporation of America (EXCOA) továbbfejlesztett robbanóanyagokkal jelentkezett LTX-G2 és **LLTX-G2** néven, melyből az utóbbi vett részt a tesztben.<sup>25</sup> A végső eredmény látható az **FM 5-250** amerikai robbantási szabályzatban:<sup>26</sup> a kétkomponensű Astrolite robbanóanyag nem szerepel a katonai robbanóanyagok között. Ugyancsak nem találkozunk vele az angol haderő robbantási szabályzatában sem.<sup>27</sup> Ennek oka az egyik alapanyag, a hidrazin, mely mind az állatvilágra, mind a növényekre mérgező hatású. Bár az embereknél a hidrazin közvetlen mérgező hatását nem határozták meg, az 1978-as kísérlet egyik negatív megállapítása többek között az volt, hogy „a hidrazin és azok alkotóelemei köztudottan súlyos mérgező hatással rendelkeznek akár érintés, akár belélegzés vagy lenyelés útján a szervezetbe jutva; a Picatinny Arsenál tesztben részvevő szakértője szerint, a lövészgödör LLTX-G2 robbanóanyaggal történt robbantásakor irritáló gáz, valószínűleg ammónia felszabadulását lehetett érezni.”<sup>28</sup>

---

23 Schmidt, E. Walter: Hydrazine and its Derivates, Second edition, Volume 2., John Wiley & Sons, Inc. USA, 2001.

24 Levmore, Shepherd - Schimmel, Robert, T.: Technical Report ARLCD-TR-78010 an Evaluation of Liquid Explosives for Foxhole Digging, April 1978. US Army Armament Research and Development Command, Large Caliber Weapon Systems Laboratory, Dover, New Jersey, USA

25 Uo. 1.

26 FM 5-250 Explosives and demolitions, Headquarters, Department of the Army, Washington, D.C. USA, 15 June 1992.

27 Military Engineering, Volume II. Field Engineering, Pamphlet No. 4. Demolitions, Army Code No. 712771 (Pam 4). Ministry of Defence, UK, 1988

28 Leymore-Schimmel (1978) i.m. 6.

A **helyszíni keverésű bináris robbanóanyagok** – többek között katonai – alkalmazásának lehetőségei ennek ellenére bizonyíthatóak. **2005-ben**, egy, a szárazföldi aknák helyszíni semlegesítésének/megsemmisítésének eszközeit, módszereit összegző tanulmányban hatféle bináris robbanóanyagot vizsgáltak.<sup>29</sup> Az is igaz, hogy ezek közül egyik alkotóelemei között sem szerepelt a hidrazin. Főleg olyan nitrometán<sup>30</sup> bázisú robbanóanyagokat teszteltek, mint pl. a HELIX.<sup>31</sup>

Visszatérve az **1970-es** évhez, **Mueller Othmárnak** jelent meg egy cikke a *Honvédségi Szemlében* az ipari robbanóanyagok katonai alkalmazhatóságáról.<sup>32</sup> A cikk elején a szerző leszögezi, hogy „a különböző hadseregekben haditechnikai célokra leginkább a brizáns, préselt (pl. TNT, nitropenta, hexogén stb.) vagy különleges plasztikus robbanóanyagokat rendszeresítették”. Ugyanakkor felveti annak lehetőségét, hogy az „éppen hiányzó katonai robbanóanyagok pótlására, helyettesítésére” ipari robbanóanyagok is felhasználhatók lennének.<sup>33</sup> A dinamitféleségek előállítása az ezt megelőző 10–15 évben visszaesett, a lényegesen kezelésbiztosabb és olcsóbb ammónium-nitrát bázisú robbanóanyagok megjelenése következtében. Ezek közül a cikkben két nagy csoportot mutat be. Az első az „ún. **ANO-keverékek** csoportja, melyet oroszul igdanit-nak, angolul **ANFO-nak**, csehül DAP-nak, lengyelül saletrol-nak stb. is neveznek”. Az ipari robbantástechnikában azóta is legelterjedtebb, ma már **ANDO** néven ismert robbanóanyag ammónium-nitrát granulátum és dízelolaj 94/6%-os keveréke.<sup>34</sup> A kiváló tolóhatású robbanóanyagot elsősorban földrobbantásra és kőzetjövésztésre alkalmazzák, akár a két alkotóelem helyszíni bekeverését követően is. Egyetlen negatív tulajdonsága, hogy csak száraz körülmények közötti munkavégzésre alkalmas, az ammónium-nitrát víz-érzékenysége miatt. Ezt kiküszöbölendően fejlesztették ki az 1950-es évek végén a „vízálló robbanóanyagok csoportját [...] ezeket angolul slurry-nak, oroszul vzrúvnaja emulzija-nak vagy granulit-nak, csehül

---

29 Operational Evaluation Test of Mine Neutralization Systems, Institute for Defense Analyses, Alexandria, Virginia, USA, April 2005.

30 CH<sub>3</sub>NO<sub>2</sub> - többek között a gyorsulásos autóversenyek üzemanyaga. Míg 1 kg benzín elégetéséhez a motorban 14,7 kg levegő szükséges, addig (az oxigén tartalma miatt) a nitrometánéhoz csak 1,7 kg. Ezáltal a teljesítménye 2,3-szor nagyobb, mint a benziné.

31 HELIX High Energy Liquid Explosive <https://www.ebad.com/helix-high-energy-liquid-explosive/> (2020.10.11.)

32 Mueller Othmár: Különleges ipari robbanóanyagok és robbanószerkezetek harcászati alkalmazása Honvédségi Szemle 1970/12. 50–54.

33 Uo. 50.

34 Az Amerikában elterjedtebb Fuel Oil, illetve a Diesel Oil kifejezésekből származik a betűszavak második két betűje: (ANFO) és (ANDO).

TPV-nek nevezik).” Ez a robbanóanyag szivattyúzható, kezelésbiztonságára jellemző, hogy iniciálásához külön brizáns robbanóanyag-indítótöltet szükséges, melynek tömege a szerző szerint az alaptöltet 5–10 tömeg%-a. A cikk a további részben bemutatja a robbanóanyagok helyszíni bekeverésére szolgáló, az egyes alkotóelemeket egymástól elkülönítve szállító keverő-töltő gépkocsikat. Hogy a módszer azóta is működik, azt az AUSTIN Powder Hungary Kft. 2016-os szakmai konferencia-előadása is bizonyította.<sup>35</sup>

Bár a robbanóanyagok előállítása tábori körülmények között kevésbé tűnik reálisnak, az akár a nitrogéntartalmú műtrágya és a gázolaj bekeverésével elkészíthető ANDO, száraz időjárási körülmények esetén eredményesen használható lenne a szerző szerint a „tömeges talajrobbantásoknál (fedezéképítés, árokkiemelés, hegyoldalak leomlasztása stb.)”.<sup>36</sup>

A szerző a cikke további részében bemutatott kábeltöltetek alkalmazását árkok kirobbantására ugyancsak alkalmazhatónak tartja a katonai felhasználásra is. A módszer lényege, hogy az árokásó géppel kialakított 1,2–2,7 méter mély árkokba gyárilag készített, 5,5–10,0 cm átmérőjű tömlőkbe préselt robbanóanyagot helyeznek el.

Az ipari robbanóanyagok, ezen belül az **ANDO és a robbanóanyagok katonai alkalmazásának** lehetőségeit **Czapek Béla** is felvetette a fent említett **1977-es** cikkében.<sup>37</sup> Mint leírja, Magyarországon a helyszíni bekeverésű ANDO alkalmazásakor „kezdetben a gyártó és engedélyező szervezetek gondot okozott, hogy a felhasználó bányavállalat egyben a robbanóanyag előállítója is”. Ezért 1970-ben a Belügyminisztérium, az Országos Bányaműszaki Felügyelőség (OBF) által kidolgozott műszaki követelmények alapján gyártási engedélyt adott ki a felhasználók részére. A Bányászati Kutató Intézet (BKI), a Mecsek Ércbányászati Vállalattal közösen végzett kísérletek alapján dolgozta ki a helyszíni ANDO előállítás technológiáját. Az ANDO-t egyre több hazai kőbánya kezdte alkalmazni. A Beremendi Cement és Mészművek kőbányájában például, bár az ANDO alkalmazásával a fajlagos

---

35 Kertész Viktória – Földesi Tamás: Heavy-ANFO keverő-töltőgép használatának tapasztalatai a COLAS Északkeleti Bányászati Kft. üzemeiben. Előadás a Magyar Robbantástechnikai Egyesület 13. Fúrás- robbantástechnika Nemzetközi Konferencián, Velence, 2016. Megjelent a konferencia kiadványában CD-n

36 Mueller (1970) i.m. 52.

37 Czapek (1977)

robbanóanyag-felhasználás kb. 40%-kal növekedett, a robbanóanyag olcsóbb ára miatt viszont a fajlagos termelési költség 26%-kal csökkent.

A cikkben Czapek foglalkozik a robbanóanyagokkal szemben támasztott katonai és polgári igények közötti eltéréssel is. Mint írja, amíg az ipari robbantások legtöbbször főleg tolóhatású robbanóanyagot alkalmaznak, addig a haditechnikában akár a lőszer töltetként, akár építményrobbantásoknál ún. „utász robbanóanyagként” elsősorban közepes vagy magas hatóerejű brizáns robbanóanyag felhasználása szükséges. Ugyanakkor „a brizáns robbanóanyagokkal lehetséges, de nagyon gazdaságtalan fedezéket robbantani. Ennek ellenére még ma is az öntött TNT-ből készült földrobbantó töltetek vannak elterjedve a hadseregekben.”<sup>38</sup> Arra is felhívja azonban a figyelmet, hogy a hadsereg igényeinek megfelelő tolóhatású robbanóanyagokkal szemben a polgári alkalmazáshoz képest eltérő követelmények vannak, úgymint:

- legalább 5–10 éves tárolhatóság;
- $-40\text{ °C}$  és  $+50\text{ °C}$  közötti működőképesség;
- a közepes hatóerejű robbanóanyagokkal megegyező vagy nagyobb hatás a földrobbantásnál;
- a veszélytelen szállíthatóság minden fajta járművön;
- egységes súlyú és méretű töltetek;
- a TNT-hez viszonyított kisebb ár.<sup>39</sup>

A cikk szerint ezeknek az elvárásoknak akkor csak a fentebb bemutatott Astrolite típusú robbanóanyagok feleltek meg. Sajnos (ahogy láttuk) a kísérleti eredmények és vizsgálatok alapján mégsem lett belőlük katonai felhasználású robbanóanyag. A Magyar Honvédség pedig a mai napig a trotilt használja a földrobbantási feladatokhoz is.

Ha a későbbi időszakot nézzük, akkor ennek nem feltétlenül kellene így lennie. A robbanóanyag előállítás az 1980-as években már mindenhol megszűnt, tekintve, hogy  $+4\text{ °C}$  alatt már nem működött biztonságosan, és a vizes bázis miatt az elektromos hálózat sérülése esetén még a robbantást sem lehetett végrehajtani. E tanulmány szerzője **1995-ben** egy kétrészes cikkben,<sup>40</sup> majd a kandidátusi értekezésében

---

38 Uo. 87–88.

39 Uo. 88.

40 Lukács László: Az MH robbanóanyaggal való ellátottságának helyzete és egy új robbanóanyag alkalmazásának lehetősége az MH műszaki csapatainál I.,

kísérleti robbantásokkal bizonyította, hogy az akkor már Magyarországon is alkalmazott, hazai gyártóbázison, hazai nyersanyagból előállított ammónium- nitrát bázisú, az érzékenyítő üveggyönggyel akár a helyszínen bekeverhető, vízálló **ANDO-V emulziós robbanóanyag kiválthatná a földrobbantási munkáknál a trotilt.**<sup>41</sup> A javasolt robbanóanyag eleget tett a Szeberényi-cikkben 1956-ban rögzített, hazai alapanyagból, hazai gyártóbázison történő előállíthatóság elvárásának is.<sup>42</sup> A Czapek-cikkben bemutatott speciális katonai követelményeket tekintve ez a robbanóanyag:

- döntően hazai alapanyagból, hazai gyártóbázison és olcsón előállítható, így több évig tárolandó központi készletekre nincs szükség;
- -25 °C és +70 °C között alkalmazható;
- viszonylag magas detonációsebesség mellett (4000–5000 m/s) kiemelkedően jó fajlagos (robbanási) gáztérfogattal rendelkezik, mely a földrobbantásnál külön pozitívum (a TNT 620 l/kg, az emulziós robbanóanyag 800–1000 l/kg);
- biztonságosan tárolható és kezelhető: az érzékenyítésre alkalmazott üveggyöngy (akár helyszíni) bekeverésig az alapemulzió az ADR<sup>43</sup> által gázolaj-tárolási és -szállítási kategóriába tartozik;
- robbanása során nem keletkeznek mérgező gázok: mivel oxigénegyenlege közelít a nullához, így a vegyi átalakulás során döntően szén-dioxid és vízgőz szabadul fel szemben a trotilal, melynek negatív oxigénegyenlege miatt (több mint -70%) a robbanásakor többek között szén-monoxid képződik;
- vízhatlan, szivattyúzva is tölthető emulziós robbanóanyag, mely még a vizet is kiszorítja a fúrólyukból;
- ára a trotiléhoz képest sokkal kisebb.

---

Műszaki Katonai Közlöny 1995/1–2. szám, 73–108.; Lukács László: Az MH robbanóanyaggal való ellátottságának helyzete, és egy új robbanóanyag alkalmazásának lehetősége az MH műszaki csapatainál II., Műszaki Katonai Közlöny 1995/3. szám, 23–46.

41 Lukács László: A magyar honvédségnél alkalmazott robbantási eljárások és robbanóanyagok legfontosabb részterületei fejlődésének vizsgálata és a továbbfejlesztés javasolt irányai – kandidátusi értekezés, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, 1995. 5.1. alfejezet, 167–200.

42 Szeberényi (1956)

43 A veszélyes áruk nemzetközi közúti szállítására vonatkozó európai megállapodás.

Az ANDO-V földrobbantásnál történő alkalmazhatóságát egy 3–3 töltetes harckocsi-árokészlet kirobbantásának kísérletével is igazoltam, melyben a trotil mellett háromféle emulziós robbanóanyagot vizsgáltam, az alábbi eredménnyel.

## A KÍSÉRLETI ROBBANTÁS EREDMÉNYEI

2. számú táblázat

Robbanóanyag	Egy töltet tömege [kg]	Árokmélység [m]	Árok felső szélessége [m]	Árok felső hosszúsága [m]
400 g-os TNT	25	3,03/100%	8,1/100%	10,9/100%
ANDO-V 100 <sup>44</sup>	25	3,0/99%	8,2/101%	12,4/114%
EMSIT <sup>45</sup>	25	2,7/90%	7,0/109%	10,4/109%
EMULGIT <sup>46</sup>	25	2,73/89%	8,8/86%	11,9/95%

A továbbiakban egy, a Nemzetvédelmi Egyetemen megjelent jegyzetemben is szerepelt a felvetés, külön is kiemelve a robbanóanyag alkalmazásának pozitív környezetvédelmi szempontjait.<sup>47</sup> Az elképzelés ennek ellenére nem talált kedvező fogadtatásra a Honvédelmi Minisztérium környezetvédelmi feladatokért felelős akkori illetékesénél.

Újabb kísérleti robbantások tapasztalatait is feldolgozva, **2015-ben** még megjelent egy cikkem ebben a témában,<sup>48</sup> majd a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen **2017-ben** kiadott könyvem egy alfejezetében foglalkoztam e témával.<sup>49</sup> Az illetékes katonai környezetvédelmi szakemberek érdeklődését, a megkeresés ellenére most sem sikerült felkeltenem. Hivatalos formában az elmúlt évek során egyedül az **MH Összhaderőnemi Logisztikai Támogató Parancsnokság** által az MH Szárazföldi Vezérkar számára készített **2001-es** jelentésben foglalkoztak vele: „földrobbantási feladatok elvégzéséhez javaslom

44 Hazai gyártású emulziós robbanóanyag.

45 Szlovák emulziós robbanóanyag.

46 Hazai gyártású, azóta már a gyártó üzem (Ipari Robbanó Kft. Peremarton) bezárása miatt megszűnt emulziós robbanóanyag.

47 Lukács László: A katonai robbantástechnika és a környezetvédelem – egyetemi jegyzet, ZMNE Hadtudományi Kar, Műszaki harcászati-hadműveleti tanszék, Budapest, 1997. 6. fejezet 179–220.

48 Lukács László: Környezetkímélő katonai robbantások alkalmazása a Magyar Honvédségnél, Műszaki Katonai Közlöny 25. évfolyam, 2015/2. szám, 22–83.

49 Lukács László (2017) i.m. 5.2.1. alfejezet 196–208.

pótrobbanóanyagként az emulziós robbanóanyagok bevezetését”.<sup>50</sup> A szervezet megszűnésével a kérdéssel senki sem foglalkozott a továbbiakban.

## **Fuel-Air Explosives (FAE) – tüzelőanyag-levegő keverék robbanóanyagok**

Az amerikai **tüzelőanyag-levegő keverék** robbanóanyagról egy, a *Haditechnikai Szemlében 1975-ben* jelent cikkben olvashatunk először.<sup>51</sup> Az aeroszol robbanóanyag első alkalmazására Vietnámban került sor, ahol az amerikai fegyveres erők helikopter-leszállóhelyeket robbantottak velük a dzsungelben, és területek aknamentesítésre is használták.

A **CBU-55** típusú, 225 kg össztömegű légibombával három, egyenként 45,4 kg tömegű, 346 mm átmérőjű és 535 mm hosszú tartályt juttattak ki a célterületre. Mindegyik tartály 33 kg folyékony tüzelőanyagot tartalmazott. A konkrét összetétele nem derül ki a cikkből, általánosságban ír a szerző arról, hogy ez „benzin, metilacetilén (propadién), propán, bután vagy ezek keveréke”<sup>52</sup> lehetett. A bombavetést csak alacsony magasságból lehetett végrehajtani, és még így is fékező ejtőernyők mérsékeltek a becsapódás sebességét (ez 30,5 m/s lehetett). A szétrepedő túlnyomásos tartályból kiáramló tüzelőanyag-keverék szétporladt, és a levegő oxigénjével robbanóanyag-keveréket képezett. Az így kialakuló, mintegy 15 m átmérőjű és 2,5 m vastag aeroszolfelhőt egy 0,125 s késleltetésű detonátorral robbantották fel. A cikk szerint a becsapódási pont körül egy 15 m sugarú körben olyan pusztítást végzett, „mint amikor egy zárt helyiségben felrobban a propán-bután gázpalack”. A bomba „állva maradása” esetére, azt egy 120 s késleltetésű, önmegsemmisítő kiegészítő gyújtóval is ellátták. A harcanyag egyedüli problémája a külső felfüggesztésű konténeres szállítás volt, mellyel csak kissebességű repülőeszköztől lehetett alkalmazni. Ezek a külső tartályok nagysebességű harci gépekre történő szerelés esetén ugyanis olyan aerodinamikai felmelegedésnek lettek volna kitéve, melyek következtében az önrobbanástól is tartani kellett.

---

50 Jelentés a műszaki harcanyagok helyzetéről – az MH Összhaderőnemi Logisztikai és Támogató Parancsnokság parancsnokának előterjesztése a Honvéd Vezérkar számára, Nyt. szám: 1402/2001. 9–11. és 13.

51 Sz. Gy.: Tüzelőanyag-levegő robbanóanyagok Haditechnikai Szemle 1975/4. 129–130.

52 Uo. 129.

A tüzelőanyag-levegő keverék robbanóanyagok működésére, hatásmechanizmusára és romboló erejére vonatkozóan **Ungvár Gyula** írt egy kiváló tanulmányt, mely a *Haditechnikai Szemlében* jelent meg **1981-ben**.<sup>53</sup> A cikk elején bemutatja a robbanóanyagként alkalmazott szénhidrogének és szénhidrogén-származékok jellemzőit. Az ezeket alkalmazó „**aeroszol robbanóanyag**” töltetek rombolóhatása „több tíz, sőt, több száz méteren összemérhető a harcászati atomtöltet robbanásakor keletkező lökéshullám pusztító hatásával”.<sup>54</sup>

A rombolóhatás nagyságát bizonyítják az amerikai haditengerészeti fegyverzet-fejlesztési központ adatai is, melyek szerint 1 kg etilénoxidból keletkező aeroszolfelhő robbanásakor a rombolóhatás 2,7–5,0-szörösen felülmúlta a hasonló tömegű trotil robbanási hatását. A robbanás pillanatában a képződő túlnyomás elérheti a 196 MPa értéket, és bár a távolság függvényében ez az érték gyorsan csökken, „a robbanóanyag tömegétől függően 30–40 m sugarú körben sújthatja az embereket, rombolhatja és gyűjthatja fel a tárgyakat és a harci technikát”. A lökéshullám frontja 2200 m/s sebességgel terjed, és 5–6 MPa nyomással hat. Ehhez képest már a lökéshullám frontjának 1800 m/s sebességgel történő terjedése is azt eredményezi, hogy a levegőrészecskék torlónyomásának hatására a levegősűrűség eléri a 0,67 kg/dm<sup>3</sup>-t, miközben normál sűrűségnek a 0,001 érték számít. Az aeroszolfelhő robbanásakor keletkező lökéshullám rombolóhatásáról egy táblázatot is találunk a cikkben.

Kísérleti adatok alapján az „etilénoxid robbanása esetén a lökéshullám frontban mért csúcsnyomás 3,2 MPa, mely mintegy 25%-kal alacsonyabb, mint a hasonló hatóerejű TNT tölteteknél” mérhető érték. „Ugyanakkor a lökéshullám sűrítési (pozitív) fázisának hatásideje többszöröse a trotilénak. Ez a paraméter pedig meghatározó az aeroszollőszer hatásfoka szempontjából, mivel az élőerőre, a technikára és a különböző létesítményekre gyakorolt hatása egyenes arányban van a sűrítési fázis hatásidejével. Ezen kívül az aeroszolfelhő robbanásakor keletkező lökéshullám lassabban csillapodik. Ezért az etilénoxid robbanótöltetként való alkalmazása esetén a lőszer hatásterülete 40%-kal nagyobb, mint a hasonló hatóerejű TNT töltetek esetén”.<sup>55</sup> A folytatásban még egy fontos kérdésre hívja fel a szerző a figyelmet. A közölt „kb. 3,0 MPa túlnyomás önmagában nem elegendő a különösen szilárd építmények és a harci technika rombolására, még az aeroszolfelhő

---

53 Ungvár Gyula: Aeroszol robbanóanyagok – aeroszol lőszer, Haditechnikai Szemle 1981/2. 1–6.

54 Uo. 2.

55 Uo. 3.



detonációs zónájában sem. A trotilal szembeni fokozott rombolóhatást a földfelszín feletti robbantás és a létrejövő visszavert lökéshullám adja”, mely [...] „keresztezi a beeső lökéshullámot és úgynevezett fejhullámot (Mach-hullámot) hoz létre. Ebben a nyomás néha kétszer vagy még többször is meghaladja a beeső hullámban lévő nyomást, és elérheti az 5–6 MPa értéket”.<sup>56</sup>

A továbbiakban különböző, az Egyesült Államokban kifejlesztett és rendszeresített, aeroszol robbanóanyagot tartalmazó robbanótöltetet mutat be a szerző. Az 1975-ös cikkben fentebb már részletezett CBU-55B típusú kazettás bombát követően megemlíti, hogy az 1960-as évek végén kísérleteket folytattak 1130 kg-os hasonló légibombákkal is, de nem kellően hatásos voltak miatt befejezték az ilyen nagyméretű ejtőlőszerkezetek fejlesztését. 1971-ben viszont megjelent a második generációs **CBU-72B** (könnyű csatagépekhez) és a **BLU-76B** (nagysebességű F-4 Phantom vadászgéphez) típusú kazettás bomba. Mindkét típus 33,5 kg etilénoxidot tartalmazott, és 16\*3,5 méteres aeroszol felhőt hozott létre. A haditengerészeti légierő részére az **SBU** típusú bombákat fejlesztették ki, 60 kg-os tartályokkal. A bomba működési elve megegyezett a BLU bombáéval, csak az aktiváló detonátor késleltetésében volt eltérés. A fejlesztők dolgoztak a harmadik generációs FAE légi bombákon is: egy 227 kg tömegű, GSF típusú távirányítás nélküli bombán és egy 900 kg-os HSF típusú távirányítású, ún. siklóbombán.

Az 1975-ös cikkben is már említésre került az aeroszol robbanóanyagok alkalmazásának lehetősége az aknamezítési feladatok során. Jelen cikkben részletesen megismerhetjük az ezzel kapcsolatos fejlesztések eredményeit. 1972-ben kezdődtek a kísérletek a Kemp-Hill-i kísérleti telepen, egyszerre három projekt keretében. A **FAES-HED** programban CBU-55B kazettás bombákat dobtak harckocsi elleni aknamezőre UH-1H helikopterről, 8–10 m széles, 100 m mély átjárókat nyitva.

A **LANDFAE** program keretében 1975-ben harckocsilángszóróval juttatták ki az aknamezőre az aeroszol töltetet, mintegy 30–50 m távolságra, melyet a harckocsiágyú speciális lövedékével iniciáltak. Az M-15 harckocsiaknából létesített aknamezőn állítólag elég széles átjárót tudtak így létesíteni a harckocsi számára.

A legsikeresebbnek a **SLUFAE** (Surface Launched Unit FAE) program bizonyult, melynek keretében 30 csöves sorozatvetővel juttatták ki

---

56 Uo. 4.

a speciális reaktív gránátokat az aknamezőn nyitandó átjáró tengelyébe (a fedélzeti számítógép vezérelte az egyes rakéták pontos kilövését). A rendszer 300–1000 m közötti lőtávolsággal rendelkezett, rakétánként 33,5 kg etilénoxid-töltettel, mely 14–16 m átmérőjű, 3,6–4,0 m magas aeroszolfelhőt hozott létre. Egy sorozatvetővel ily módon 3–5 perc alatt 300 m mély és 12 m széles átjárót tudtak készíteni az aknamezőn, a kialakuló „félhenger” alakú tüzelőanyag-levegő keverék robbanóanyag egyidejű robbantásával. Mint minden eszköznek, természetesen ennek is voltak korlátai. Bár az aeroszolfelhő a levegőnél nehezebb, de erős szélben ennek ellenére gondok léphettek fel nem is beszélve arról, hogy az alkalmazás helyszíne is problémákat okozhatott. Ilyen „rapid” átjárónyitásra rendszerint az ellenséggel közvetlen harcérintkezésből indított támadás esetén van szükség, a rohamot megelőző időszakban. Az előzetes harccselekmények miatt viszont ez a terep még csak meg sem közelíti a technológia számára ideális formát. Az eredetileg sík vidéket tűzérési becsapódások és légibombák kráterei tarkítják. A levegőnél nehezebb aeroszolfelhő pedig ezekben „megülve” már korántsem az ideálisnak mondható „félhenger” alakban kerül iniciálásra...Az M548 alvázra szerelt 30 csöves aknavetővel és a SLUFAE gránáttal 1970 és 1980 között még folytattak kísérleteket, de (a cikkben említett várakozással szemben) rendszeresítésre nem került.<sup>57</sup>

## A II. ÉS III. GENERÁCIÓS AEROSZOLLŐSZEREK HATÁSADATAINAK VÁLTOZÁSA

3. számú táblázat

Jellemzők	II. generációs lőszer metántöltettel		III. generációs lőszer metántöltettel	
Töltet tömege (kg)	553	1000	553	1000
A detonációs zóna sugara (m)	17–18	19–20	33–35	38–40
A lökeshullám pusztítási zónájának (a frontban legalább 42 kPa nyomás) átmérője/magassága (m)	220/240	310/330	410/430	490/510

57 Hill, Andrew: Cargo Carrier M548 with Surface Launched Unit Fuel Air Explosive SLUFAE, The Online Tank Museum, January 26, 2019.

A tanulmány végén az 1972 óta az Eglin légibázison, az Egyesült Államok haditengerészete és légierője által az aeroszollőszerek terén folyó közös fejlesztési program kerül bemutatásra. Metilből, acetilénből, propadienből és propánból álló új robbanóanyaggal próbálkoztak (MAPP), mely a korábbi etilén-oxidnál nagyobb robbanóenergiával rendelkezik. A II. és III. generációs aeroszollőszerek hatásadatainak változását a 3. táblázat<sup>58</sup> mutatja be.

A következő aeroszol-robbanóanyaggal kapcsolatos cikk **1981-ben** jelent meg a *Honvédségi Szemlében*. A **Kender Antal** által írt tanulmányban<sup>59</sup> az aeroszol-robbanóanyagok aknamezőn történő átjárónyitásra történő alkalmazásának lehetőségeit foglalja össze, az Ungár-féle cikkben foglalt főbb tartalommal.

Ugyancsak a *Honvédségi Szemlében* jelent meg egy orosz eredetiből fordított cikk **1986-ban**.<sup>60</sup> Ebben nagy robbanóhatású lőszerként definiálja az aeroszollőszereket, és itt találkozhatunk talán először, a mai sajtóban már széleskörűen elterjedt „vákuumbomba” megnevezéssel. Ezt azokra a kísérletekre alapozta a szerző, melyek eredményeként a kialakuló lökőhullámoknak „meglehetősen hosszú a sűrítési fázisuk, és viszonylag kis nyomást (néhány tíz kg/cm<sup>2</sup>) fejtenek ki. [...] Ezeknek a lőszernek a robbanásakor a felhő területén egyforma nyomás jött létre, a területén kívül pedig a nyomás hirtelen esett. Az, hogy a lőszer hatássugarán belül az élőerők pusztításának valószínűsége 100%-os, a körzet sugarát meghaladó távolságon pedig nullára csökken, lehetővé teszi a hatásos alkalmazását a rohamozó alegységek tűzzel való közvetlen kísérésére vagy az aknamezőkön átjárók nyitására.”<sup>61</sup> Ugyanakkor arról is beszámol, hogy „a nagy robbanóhatású lőszer realizálása során [...] a szakemberek egy sor, a felhő kialakulása folyamatában (a robbanás iniciálásában és a robbantásban megélő destabilizációs hatás, mint a légáramlások, a környező levegő hőmérséklete és páratartalma, a domborzat és mások) jelentkező nehézséggel is találkoztak.”<sup>62</sup>

Az akkori legújabb fejlesztések során a robbanásnak a felhő területén egy időben történő iniciálását kísérletezték ki, melynek az

---

58 Ungvár (1981) i.m. 7.

59 Kender Antal: Az átjárónyító töltetek újabb generációja, *Honvédségi Szemle* 1981/6. 77–78.

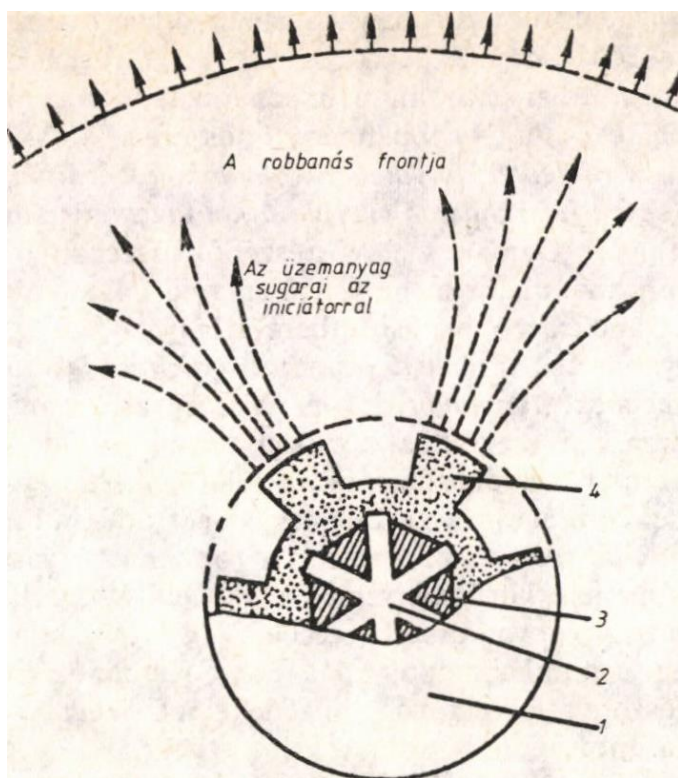
60 Iljin, B.: Nagy robbanóhatású lőszer (Technika i Vooruzsenije 1986/8. pp. 8–9. cikk alapján – ford. Scharrer János), *Honvédségi Szemle* 1986/11. 96–98.

61 Uo. 96.

62 Uo. 97.

„egységes folyamat elmélete” nevet adták. „Ez a lőszer üzemanyagának igen gyors, finom elporlasztásával keletkezett diszperzió fellobbanását az iniciátorok öngyulladásával egyidejű egységes folyamatként feltételezi. Ennek eredményeként (a szükséges sűrűség esetén) az égés robbanásba megy át. Ilyen működés esetén biztosítva van az egynemű felhő kialakulása...A robbanás megközelíti az ideálist, az üzemanyag kémiai energiájának a lökőhullám fizikai energiájába történő átalakulásának hatásfoka igen magas. A kényszerfolyamatok felhasználása a destabilizáló tényezőket minimálisra csökkenti, a nagy hatóerejű robbanás rövid idejű kialakulása lehetővé teszi a hatékonyság jelentős növelését.”

Egy ilyen harmadik generációs, vegyi iniciálású FAE lőszer felépítését egy ábrán is szemlélteti a cikk (1. számú ábra).



1. számú ábra. Vegyi iniciálású FAE lőszer vázlat<sup>63</sup>

- 1 – a lőszer acélköpenye; 2 – robbanóanyag (RDX – hexogén);
- 3 – vegyi iniciátor (klór-trifluorid, brómfluorid);
- 4 – folyékony üzemanyag (heptán)

63 Uo. 97.

Vegyí iniciátorként a  $\text{ClF}_3$  (klór-trifluorid) és a  $\text{BrF}_3$  (brómfluorid) szabadgyökű halogénközti vegyületeket említi. A klór-trifluorid mérgező, korrozív és nagyon reakcióképes gáz, mely szinte minden anyaggal képes reakcióba lépni. Robbanásszerűen reagál vízzel, lángra lobbantja a fémpor alakban levő platinafémeket, nemfémes és szerves anyagokat. A brómfluorid vízzel és szerves oldószerekkel érintkezve szintén felrobban.

**Az üzemanyag-levegő keverék robbanóanyagok fejlesztési igényének** megértéséhez a kémiai robbanásig, robbanóanyagokig kell visszalépünk A **kémiai robbanás** égési (oxidációs) folyamat. Az oxidációhoz pedig éghető anyag (szén és hidrogén), valamint kellő mennyiségű oxigén szükséges.

A robbanóanyagoknál azonban kiemelt követelmény, hogy a kémiai reakció százazred másodperces időtartam alatt menjen végbe. A nagy reakciósebesség miatt az égés kívülről nem táplálható, ezért a robbanóanyagok az égéshez szükséges összes elemet (az oxigént is) önmagukban tartalmazzák (az oxigén rendszerint a nitrogénhez kapcsolódik, amely „foglatot” képez számára).

Ez a tulajdonságuk különbözteti meg a robbanóanyagokat a tüzelő- és motorhajtó anyagok – egyébként jelentősen nagyobb energiataralmú – csoportjától. Ez egyben cáfolata annak a gyakori véleménynek is, amely szerint a robbanás rombolóhatásának fő oka a robbanóanyagokban rejlő hatalmas „energia”.

Ezt rögtön be is bizonyíthatjuk, ha összehasonlítjuk 1 kg fűtőanyag égéshőjét 1 kg robbanóanyag robbanáshőjével (4. táblázat).

1 KG FŰTŐANYAG ÉGÉSHŐJE ÉS 1 KG ROBBANÓANYAG ROBBANÁSHŐJE<sup>64</sup>

4. számú táblázat

Fűtőanyagok égéshője		Robbanóanyagok robbanáshője	
fa	18,9 MJ	feketelőpor	2,9 MJ
benzin	42,0 MJ	nitroglicerín	6,3 MJ
antracit	33,5 MJ	trotíl	4,2 MJ

64 Andrejev K. K.– Beljajev A. F.: A robbanóanyagok elmélete. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1965, 1. sz. táblázata alapján, 20.

FÜTŐANYAGOK ÉGÉSHŐJE AZ ÉGÉSHEZ SZÜKSÉGES OXIGÉNNEL VETT KEVERÉK  
1 KG-JÁRA

5. táblázat

Fűtőanyagok égéshője az égéshez szükséges oxigénnel vett keverék 1 kg-jára <sup>65</sup>	
fa	8,0 MJ
antracit	9,2 MJ
benzin	9,6 MJ

Vagyis 1 kg nitroglicerín robbanásakor az 1 kg köszén elégecekor keletkező energia ötöde, míg 1 kg trotil robbanásakor csak a nyolcada szabadul fel.

Az összehasonlítás akkor sem javul sokat, ha a fűtőanyagoknál az égéshőt az égéshez szükséges oxigénnel vett keverék 1 kilogrammjára állapítjuk meg (tekintve, hogy a robbanóanyagoknál is a reakcióhoz szükséges oxigénnel együtt vett értékkel számoltunk).

A kondenzált fázisú kémiai robbanás hatalmas rombolóhatásának valóságos oka az, hogy az energia a robbanásakor rendkívüli gyorsasággal szabadul fel. Míg 1 kg benzin az autó motorjában 5–6 perc alatt ég el, addig 1 kg robbanóanyag robbanása 1–2 százvezred másodperc alatt játszódik le. Ez a reakció kívülről nem táplálható oxigénnel, ezért kell a kondenzált fázisú robbanóanyagoknak önmagukban hordozniuk az átalakulásukhoz szükséges oxigént. A fentiekből következik, hogy ha olyan robbanóanyagot tudunk létrehozni, mely ötvözi magában a tüzelő- és hajtóanyagok magas energiatartalmát a robbanóanyagok oxigéntartalmával, akkor az eddigiekhez képest sokkal magasabb hatóerejű romboló/pusztító eszközt kapunk. Így születtek meg az aeroszol-robbanóanyagok.

A tüzelőanyag-levegő keverék robbanóanyagokat tartalmazó harc-eszközök fejlesztése azóta sem állt le. **Oroszország 2007** szeptemberében, egy Tu-160 stratégia bombázóról ledobta minden idők legnagyobb hatású hagyományos robbanószerkezetét, a „**Bombák Atyja**” – **FOAB**<sup>66</sup> – néven elhíresült termobárikus eszközt (eredetileg Növelt Hatóerejű Vákuum Légibomba). A 7,1 tonna etilén-oxid és nano-alumíniumpor keverék aeroszol-robbanóanyag töltete 44 tonna

65 Uo., 02. sz. táblázat alapján, 21.

66 Father Of All Bombs.

trotilgyenértékű robbanást eredményezett. A fejlesztés tulajdonképpen válasz volt az amerikai **GBU-43/B** bomba (Massive Ordnance Air Blast – **MOAB**) megjelenésére, mely „**Minden Bombák Anyja**”-ként vált ismertté. Mint azt az indiai Kultshrestha ny. ellentengernagy is írta 2017-es cikkében<sup>67</sup>, ez azonban nem FAE-bomba volt. A 2003 márciusában, az Eglin légibázison tesztelt első változat tritonál robbanóanyagot tartalmazott (80% TNT és 20% alumíniumpor keveréke). A **2017. április 13-án** az afganisztáni Nanganhar tartományban az Iszlám Állam földalatti bázisára ledobott 8,4 tonnás bomba töltete már a kevésbé érzékeny H6 robbanóanyag volt (45% hexogén, 30% trotil, 20% alumíniumpor, 5% flegmatizáló viasz), mely 11 tonna trotil robbanásával egyenértékű hatást ért el. A **termobárikus (aeroszol) bombákról Szilvássy László** jelentetett meg egy cikket<sup>68</sup> **2018-ban** a *Repüléstudományi Közlemények* folyóiratban.

A legnagyobb hatóerejű bomba versenyéhez azóta **Kína** is csatlakozott. Egy **2019-es** híradás szerint, a Norinco hadiipari vállalat honlapján közzétettek egy videofelvételt, mely a MOAB-hoz hasonló erejű bombakísérletről számolt be (konkrét adatok nélkül).<sup>69</sup>

## Robbanóanyagok iniciálásával foglalkozó cikkek

Ahogy fentebb már említettük, az első kezelésbiztos robbanóanyag feltalálásakor Nobel szembesült azzal a problémával, hogy az addig alkalmazott módon nem indítható el az a folyamat, melynek eredményeként teljes mértékben végbemegy az új robbanóanyag, a dinamit robbanásnak nevezett nagysebességű, nagy gázképződéssel és hőfejlődéssel járó kémiai átalakulása. Ezért volt szükség a 8-as erősségű gyutacs kifejlesztésére, melynek robbanási energiája biztosította az alap robbanóanyag-töltet önfenntartó kémiai átalakulásának beindulását. A gyakorlati életben (akár katonai, akár ipari robbantástechnikában alkalmazott) kezelésbiztos robbanóanyagok robbantásához (iniciálásához) azóta is ún. gyújtási láncot hozunk létre, melynek szerepét szemléletesen, és még a laikusok számára is könnyen érthető módon,

---

67 Kultshrestha, S.: Massive Ordnance Air Blast – MOAB – a perspective (CASS Journal, Vol4, No.3. Jul-Sep 2017. ISSN 2347-9191) Global Maritime Issues, 9 Nov. 2017

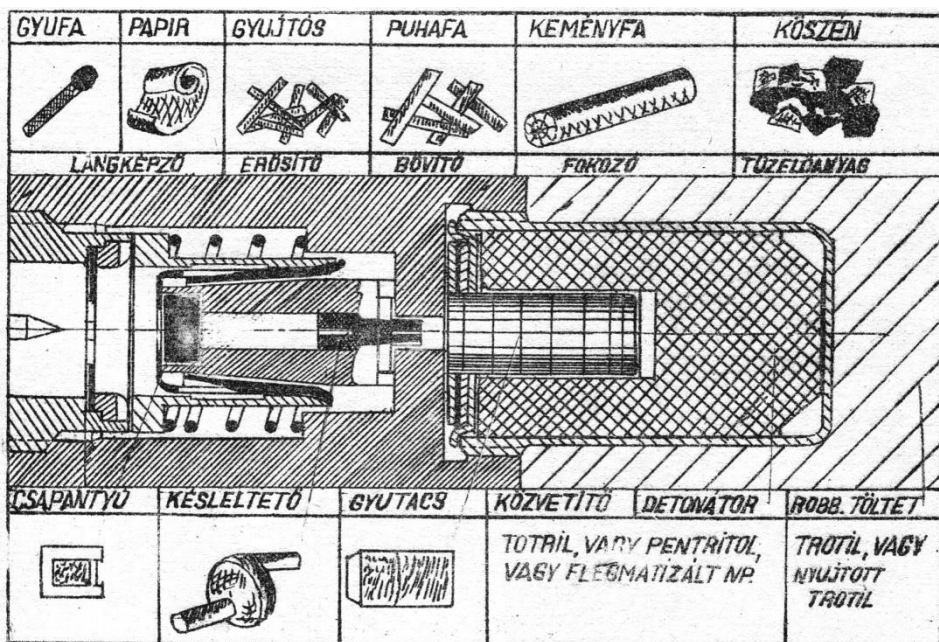
68 Szilvássy László: Légibombák – termobárikus (aeroszol) bomba, *Repüléstudományi Közlemények* 30. évfolyam, 2018/3. szám, 7–14.

69 Ledobták minden bombák anyja kínai verzióját <https://24.hu/kul-fold/2019/01/04/minden-bombak-anyja-kinai-ledobtak/> (2020. 10. 18.)

a kályhában történő begyújtás analógiájára mutatja be egy 1950-es, az akkori hadmérnöki hallgatók részére készült jegyzet ábrája.<sup>70</sup>

Az alfejezetben a robbanóanyagok iniciálásával foglalkozó cikkeket mutatjuk be, a vizsgált időszakban.<sup>71</sup>

**1950-ben** két, a katonai robbantásokat szabályzó kiadvány is megjelent a Magyar Néphadseregben: először egy *Robbantási segédlet*<sup>72</sup>, majd egy *Ideiglenes robbantási utasítás*.<sup>73</sup> Ezek részletesen foglalkoztak az akkor alkalmazott gyújtási módokkal és eszközökkel.



2. számú ábra. Gyújtási lánc<sup>74</sup>

A *Honvédségi Szemle* 1958. évi 4. számában megjelent, a **Villamos gyújtásnál alkalmazandó mérő és ellenőrző műszerek használata**

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

71 A robbanóanyagok iniciálásáról bővebben lásd: Lukács (2017) i.m. 1.6. alfejezet, 46–68.

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

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

74 Uo. 9. 2. ábra



című cikkben<sup>75</sup> a szerzők a szabályzatokban foglaltakhoz képest anyyiban nyújtanak többet, hogy:

- részletesebb útmutatást adnak a kis és a nagy ellenállásmérő, a feszültségmérő („egyetemes rajműszer” néven is említik), valamint az izzógyújtógépek ellenőrzésére szolgáló ellenállás-szekrény használatának szabályairól;
- a legapróbb részletességgel bemutatják a robbantó osztag három részlegének (összekötő vezetékét szerelő és kifektető, fő-vezetékét szerelő és kifektető, gyújtóhelyet berendező) feladatait, azok elvégzésének szabályait;
- példákkal szemléltetve ismertetik a villamos gyújtóhálózatok és áramforrások számítását.

Szintén az iniciálással foglalkozik **Mueller Othmár** a *Haditechnikai Szemle* 1970. évi 2. számában.<sup>76</sup> A tanulmány a polgári életben akkor alkalmazott hazai és a volt szocialista országokban (NDK, Csehszlovákia, Bulgária, Jugoszlávia) gyártott 10 féle robbanózsínort, 9 féle villamos gyutacs-sorozatot (ezen belül hő-, víz- és nyomásállót, továbbá kóboráram iránt érzéketlent) és 6 féle villamos robbantógépet mutat be. Az újabb, gyutaccsal nem indítható ipari robbanóanyagok (ANDO, robbanózag) robbantásához kifejlesztett 7 féle indítótest és detonátor ismertetésével zárul a cikk, mely értékes szakmai információkkal egészítette ki az elsősorban katonai robbantástechnikai jártas hivatásos szakemberek ismereteit.

**Mueller Othmár** szintén 1970-ben írt másik cikke már sokkal szélesebb szakmai körnek szólt, és az *Elektrotechnika* folyóiratban jelent meg.<sup>77</sup> Ebben az ipari robbantástechnikában alkalmazott villamos gyújtás aktuális problémáival foglalkozott, ezen belül a villamos robbantógépek és a villamos gyutacsok fejlődésének irányjaival és eredményeivel. 44 féle robbantógép és 16 féle villamos gyújtóhálózat és gyutacsellenőrző műszer (hazai, szovjet, kelet-német, csehszlovák, osztrák, svéd) részletes adatait foglalta össze táblázatokban. A tanulmányt 42 féle villamos gyutacstípus ismertetése teszi teljessé.

---

75 Gánóczi Ferenc – Kocsis András: Villamos gyújtásnál alkalmazandó mérő és ellenőrző műszerek használata, *Katonai Szemle* 1958/4. 12–22.

76 Mueller Othmár: A korszerű robbantási munkák gyújtás-indítási eszközei, *Haditechnikai Szemle* 1970/2. 49–53.

77 Mueller Othmár: A villamos robbantás néhány problémája, *Elektrotechnika* 63. évf. 1970. 1-3. szám, 58–67.

A témakörhöz kapcsolódóan, a teljesség kedvéért hívjuk fel a figyelmet egy speciális villamos gyújtási probléma elemzését tartalmazó tanulmányra, mely ugyancsak az *Elektrotechnika* folyóiratban jelent meg **1974-ben**. Ebben **Mueller Othmár** az **erősáramú létesítmények közelében végzendő elektromos robbantások** kérdéskörét vizsgálja, nagy részletességgel.<sup>78</sup> Kitér az ezzel kapcsolatos nyugat-német, svájci és svéd szabályozásra, melynek részletes bemutatására e cikk keretében nem tudunk kitérni. A téma iránt érdeklődő szakemberek számára ugyanakkor érdekesek lehetnek a kérdéskörben több mint 40 évvel ezelőtt megfogalmazott elvek, szabályok.

A *Haditechnikai Szemlében* **1976-ban** jelent meg egy cikk **a robbanóanyag- töltetek gyutacs nélküli iniciálásáról**.<sup>79</sup> Az a felismerés, hogy a rendszeresített robbanózsínorból egy megfelelő típusú töltet köré négy menetet tekerve, azt képes gyutacs nélkül is felrobbantani, nem új. Már az **1928-as robbantási szabályzat** is említi ezt a módszert.<sup>80</sup> A két korábban említett **1950-es szabályzatban** viszont csak az ammonit robbanóanyag-töltetek esetén javasolja a gyutacs nélküli indítást „durranó gyújtózsínor”<sup>81</sup> alkalmazásával úgy, hogy arra néhány csomót kötünk, majd a por alakú töltetbe helyezzük.<sup>82</sup> Az **1965-ös Robbantási utasításban** tér vissza újból, most már trotil préstestek indításánál a 4–5 tekercs robbanózsínórral történő robbantás, mint lehetőség<sup>83</sup>, mely aztán a jelenleg is használatos Robbantási utasításban is megmaradt.<sup>84</sup> A cikkben újdonságot az jelent, hogy a szerző az akkor már széles körben elterjedt, gyutacsérzéketlen ipari robbanóanyagok (ANDO, robbanózaggyok) indítására kifejlesztett 10 féle szabványos indítótöltet (trotil, tetritol, hexotol) alkalmazásának lehetőségeit foglalja össze egy táblázatban, azok robbanózsínóros (gyutacs nélküli) robbantási lehetőségének ismertetésével.

Talán **a robbanóanyagok iniciálásának módszerei, eszközei mentek keresztül a legnagyobb fejlődésen** az elmúlt időszakban.

---

78 Mueller Othmár: Villamos gyújtású robbantások biztonságos kivitelezésének irányelvei erősáramú létesítmények közelében, *Elektrotechnika* 67. évf. 1974. 3. szám, 124–129.

79 K-Sz.: Robbantás gyutacs nélkül, *Haditechnikai Szemle* 1976/2. 55–56.

80 E.–34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások I. rész. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928. 67. 14. ábra.

81 A robbanózsínórt nevezték így abban az időben a hazai robbantástechnikában.

82 Robbantási segédlet (1950) 36. és E-Mű1. (1950.) 48.

83 Mű/2. Robbantási utasítás. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965. 47.

84 Mű/213. Robbantási utasítás. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1971. 40.

**2017-es könyvemben** az alábbiak szerint foglaltam össze a változásokat.

„A környezetvédelem egyre szigorúbb feltételeinek, illetve egyes nagy pontosságú robbantási munkák igényeinek már nem mindig felelnek meg a hagyományos, késleltetett villamos gyutacsok, az egy késleltetési fokozaton belül tapasztalható esetenkénti és viszonylagosan nagy szórás miatt (ennek oka a késleltető pirotechnikai keverék, mely vegyi anyagként reagál bizonyos külső hatásokra, illetve az idő múlásával a vegyi bomlás révén változnak tulajdonságai). Ennek kiküszöbölésére már léteznek ún. elektronikus gyutacsok, melyeknél a késleltetést egy kis elektronikus alkatrész végzi el nagyon nagy pontossággal (az eltérés legfeljebb 1 ms). Széles körű elterjedésük egyedüli gátja nagyon magas áruk.

Ugyancsak a fenti probléma megoldására konstruálták meg a külső késleltetésű robbantógépeket, melyeknél a pillanathatású gyutacsokból kialakított hálózat egyes ágait maga a gép indítja különböző késleltetéssel, a beállított programnak megfelelően. A késleltetési fokozatokat 1 ms-onként lehet változtatni. Problémát itt egyedül az jelent, hogy a leágazások száma korlátozott, egy mai nagy, környezetkímélő robbantásnál viszont esetenként több száz késleltetési fokozatra lehet szükség.

A harmadik nagy változást a feltétlen biztonságra törekvés eredményezte. Mint fentebb említettük, a gyutacs legveszélyesebb része még mindig a primer robbanóanyag, amely viszont a lángérzékenysége miatt kihagyhatatlannal tűnt eddig. Nos, a Nitro Nobel cég előállított olyan 8-as erősségű villamos gyutacsot (az ún. NPED gyutacs),<sup>85</sup> melyben nincs primer robbanóanyag.<sup>86</sup> Az eredmény a hagyományos gyutacsokkal összehasonlítva fantasztikus: a dominó ötös alakjában elrendezve öt hagyományos gyutacsot, majd a középsőt felrobbantva a négy szélső gyutacs is felrobbant 10 cm távolságban. Az új gyutacsnál – hasonló elrendezésben – 2 cm távolságról sem indultak el a szélső gyutacsok. Az ütésérzékenység vizsgálata is hasonló eredményt hozott: az átmérőjének mintegy felére összenyomódott új gyutacs nem robbant fel, szemben a hasonló kísérletnek kitett hagyományos gyutaccsal.

---

85 Non Primary Explosive Detonator: primer robbanóanyagot nem tartalmazó gyutacs.

86 A gyújtási lánc első, ún. lángérzékeny robbanóanyagként is a magas hatóerejű, brizáns (szekunder) robbanóanyagot, a nitropentát alkalmazzák, a mechanikai hatásokra nagyon érzékeny, korábbi primer (iniciáló) robbanóanyag helyett.

Az ipari robbantástechnikában a robbantások környezetkímélő végrehajthatósága mellett a kivitelezés során a feltétlen biztonságra való törekvés került a legújabb fejlesztések előterébe. Ennek egyik kiemelkedő állomása az elektronikusan programozható villamos gyutacsok megjelenése volt.”<sup>87</sup>

Az **elektronikus gyutacsokról Földesi János cikkében** lehet bővebben olvasni.<sup>88</sup>

A svéd **Nitro Nobel** cég **1973-ban** mutatta be forradalmian új, eddig még soha nem látott gyújtási rendszerét, melyet joggal neveztek az évszázad robbantástechnológiai felfedezésének. A termék az angol Non-Electric Initiation System (nem elektromos iniciálási rendszer) kifejezésből kapta a **NONEL** elnevezést. De miben is állt e rendszer újdonsága?

A korszerű robbantástechnikában egyre inkább előtérbe kerültek a környezetvédelem kérdései. Ezen belül kiemelkedő fontosságot kaptak a robbanás szeizmikus hatásának lehető legkisebbre csökkentése, a minél kevesebb robbanóanyaggal minél pontosabb hatás elérésének elve, továbbá a robbantóhálózat egyszerű kezelhetőségének, külső körülményektől (hőmérséklet, nedvesség, kisebb fizikai behatások, elektromos energiaforrás közelsége) független alkalmazhatóságának követelménye.

A legbiztonságosabbnak tartott elektromos robbantások sok tekintetben eleget tettek ezen elvárásoknak, a késleltetett hatású, mind pontosabb gyutacsorozatok sok sikeres robbantás végrehajtását tették lehetővé. De a feladatok egy részénél komoly gondot jelentett, hogy a hálózatban alkalmazható késleltetési idők korlátozott lehetőséget biztosítottak a tervező számára a fokozatok időbeli eltolására. Egy épületbontásnál hatalmas teljesítményű robbantógépekre volt szükség (ezek beszerzése nem csekély költségekkel járt), és még ekkor sem volt biztos, hogy a kívánt teljesítményt elérik. Ez utóbbi ok miatt terjedtek el abban az időben, a szakzsargonban „szimultán robbantásnak” nevezett – nem éppen szabályos – módszerek, melynél a robbantómester két robbantógépet nyomott meg egy időben a hatalmas hálózat felrobbantásához. Ráadásul bizonyos körülmények között – nagyfeszültségű áramforrások közelsége (trafóállomás, távvezeték stb.) és

---

87 Lukács (2017) i.m. 55.

88 Földesi János: Az Austin Powder Co. E\*-star elektronikusan programozható villamos gyutacsának előnyei a gyakorlatban. Műszaki Katonai Közlöny, 2010/1–4. összevont szám, 197–215.

kóboráram-veszély esetén – a villamos robbantásról eleve le kellett mondani.

Mindezen problémák megoldását kínálta az új iniciálási rendszer, a NONEL. Az alapvezeték egy 3 mm külső átmérőjű, háromrétegű műanyag cső, melynek belső falára vékony robbanóanyag-hártyát visznek fel (a robbanóanyag HMX<sup>89</sup> és alumínium keveréke). A robbanóanyag mennyisége elegendő ahhoz, hogy a robbanási lökéshullámot 2100 m/s sebességgel továbbadja a cső teljes hosszában, de kevés ahhoz, hogy a cső falát átütve külső hatást váltson ki. A cső anyaga ellenáll mindenféle külső fizikai hatásnak, alkalmazható  $-40\text{ °C}$  és  $+70\text{ °C}$  hőmérsékleti határok között.

Maga a rendszer vízhatlan, hálózat készíthető belőle földfelszíni és földalatti robbantásokhoz éppúgy, mint víz alatti munkák során.

Nagy előnye, hogy elektromos áramforrás közelségétől függetlenül alkalmazható. A legnagyobb vívmány azonban a következő: a rövid és a hosszú késleltetésű gyutacssorozat, valamint a szintén késleltetett gyutacssal szerelt kapcsolóegységek révén korlátlan méretű és késleltetési idejű hálózat készíthető belőle úgy, hogy az indításhoz elégséges a készlethez rendszeresített egyszerű csappantyús egység, ennek hiányában pedig akár egy robbantó, akár egy villamos gyutacs.

Azóta a világ számos robbanóanyag-gyártó cége megjelent a saját fejlesztésű, de alapműködését és „filozófiáját” tekintve az eredetivel szinte megegyező NONEL rendszerével.<sup>90</sup>

Ugyancsak megjelentek a polgárihoz képest kissé robusztusabb felépítésű **katonai NONEL** gyújtórendszerek, ahol az ipari robbantástechnikában a hálózat áttekinthetőségét, szerelését megkönnyítő élénk vezetékshínek helyett a zöld szín dominál.

A **Magyar Honvédség** a svéd **NORABEL** és a cseh **AUSTIN** cégek katonai célra kifejlesztett **NONEL rendszereinek** egyes elemeit vásárolta meg. Bővebben **Kovács Zoltán cikkében** olvashatunk róluk.<sup>91</sup>

---

89 Cyclotetramethylenetetranitramine, C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>N<sub>8</sub>O<sub>8</sub>, oktogén.

90 A NONEL gyújtási rendszerről bővebben lásd Lukács (2017) i. m. 1.6.5 alfejezet 64–67.

91 Kovács Zoltán: NONEL nem elektromos iniciálású katonai gyújtórendszerek. Műszaki Katonai Közlöny, XVI. évf., 2006/1–4. szám, 109–117.

Az új iniciálási rendszer megjelenése, a benne rejlő lehetőségek kiaknázása a *Magyar Honvédség Környezetvédelmi doktrínájában* megfogalmazott **honvédelmi környezetvédelmi stratégia feladatainak teljesítésében** is szerepet játszhat. Ahogy a dokumentum is rögzíti: „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.”<sup>92</sup>

A katonai robbantási feladatok terén a környezetvédelem előtérbe kerülése azt is jelenti, hogy akár a válságkezelés keretén belül kell nem robbanó műszaki zárat (árkok, torlaszok stb.) létrehozni robbantással, akár egy béketeremtő misszióban válik szükségessé robbantás végrehajtása, ma már nem hagyható figyelmen kívül a robbanás környezeti hatása sem. Különösen igaz ez a békekiképzés során végzendő robbantási feladatokra.

A **robbantási feladatok környezetkímélőbb végrehajtásában** a rendszeresített katonai **NONEL gyújtási rendszer** nyújthat segítséget, ahogy ezt egy **2006-ban** írt *cikkemben* bemutattam.<sup>93</sup>

Az egyik legnagyobb kárt a **robbanás szeizmikus hatása** jelenti a környezetre. Háborús viszonyok között – értelemszerűen – erre kevés figyelmet fordítunk, viszont egy fenyegetettségi időszak során, saját területen végzett erődítési berendezéskor, vagy békefenntartó misszióban jelentkező munkánál elkerülhetetlen a környezetvédelmi kérdések figyelembevétele.

A robbanás szeizmikus hatása csökkentésének leghatékonyabb módszere az egy időegység alatt robbanó töltetek tömegének csökkentése. A hazai ipari robbantástechnikában egy időegység alatt robbanónak tekintenek minden olyan töltetet, melynek robbanása 100 ms-on belül megy végbe.<sup>94</sup> Vagyis, ha pl. 1 kilométer harcokosi-árok robbantása során az egyes tölteteket úgy tudnánk iniciálni, hogy robbanásuk ezt a 100 ms-ot meghaladó időben, „eltolással” következzen be, akkor nem az összes, mintegy 1,25 tonna robbanóanyag töltet által

---

92 Ált/218. Környezetvédelmi doktrína, Magyar Honvédség 2015. II. fejezet - A honvédelmi környezetvédelmi stratégia, 2.1. pont

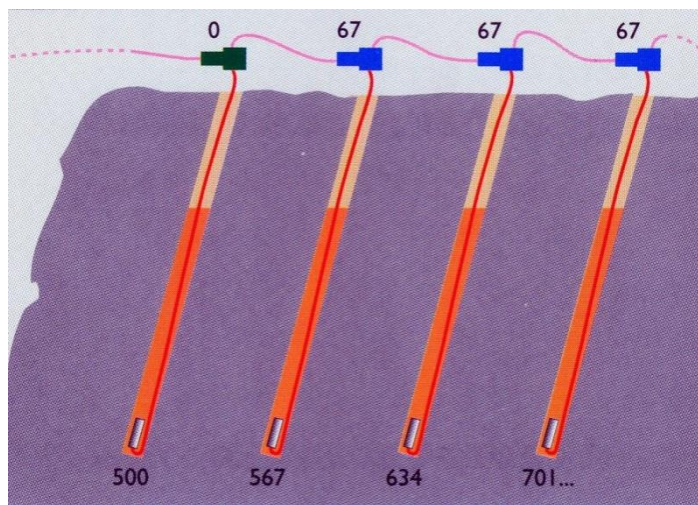
93 Lukács László: A Magyar Honvédségnél rendszeresített NONEL gyújtási rendszer alkalmazása, különös tekintettel a környezetkímélő robbantásokra, Műszaki Katonai Közlöny 2006/1-4. összevont szám, 119–133.

94 13/2010. (III. 4.) KHEM rendelet az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzatról. Magyar Közlöny, 31. szám, 9764.

keltett szeizmikus hatással kellene számolnunk (mint az eddig rendelkezésre álló pillanathatású villamos gyutacsok alkalmazásánál), hanem csak egy kb. 25 kg tömegű alaptöltetével.

A Magyar Honvédségben rendszeresített **NORABEL ST MSD 25 ms** késleltetésű csatlakozója, valamint **500 ms késleltetésű ST gyutacs**a segítségével, csak ezzel a két késleltetési fokozattal megoldható lenne tetszőleges hosszúságú árok fent vázolt módon történő, a szeizmikus hatásokat jelentősen csökkentő robbantása.

A 3. számú ábrán egy ilyen (nagy átmérőjű gázvezeték fektetéséhez készült) árokrobbantás képe látható, ahol egy 67 ms késleltetési idejű csatlakozó „konnektor” és egy 500 ms késleltetésű gyutacs segítségével érik el a fenti hatást. A **késleltetett működésű gyutacsok** alkalmazásával **egyres földrobbantási feladatok során jelentős robbanóanyag-mennyiség is megtakarítható**. A fenti cikkben bemutatott példákban pl., ha nagy szélességű árok kirobbantását végezzük, ahol már nem elég két sor robbanóanyag, a középső sorban robbanó töltetek által kivetett föld visszahullásának megakadályozására, a duplájára kell növelni a robbanóanyag mennyiségét a rendszeresített pillanathatású villamos gyutacsok alkalmazásakor.



3. számú ábra. Töltetek sorozatrobbantása NONEL rendszerű késleltetéssel<sup>95</sup>

Ez már homoktalaj esetén is (a példában szereplő 1,75 m mély árok esetén), az alaptöltetek 28 kg-os tömegéhez képest egyenként 56 kg

<sup>95</sup> NITRO NOBEL cég termékismertető katalógusa.

felhasználását jelenti a középső soron. Mindez elkerülhető a középső sorok késleltetett idejű robbantásával. Még súlyosabb a helyzet, ha a feladat azt is megköveteli a háromsoros robbantásnál, hogy a kivetett talaj nagyobb része az egyik vagy a másik oldal irányába kerüljön. Itt a kivetési oldal alap 28 kg-jához képest a második sornál 56 kg, a legtávolabbi 3. sornál pedig már 103 kg szükséges, ha csak pillanathatású gyutacsaink vannak. A sorok késleltetett robbantásánál az alapfeladathoz számolt 28 kg-os töltetekkel érhetjük el a kívánt eredményt.

A cikkben a külszíni **kőbányából történő útépitő alapanyag (lazító) robbantására** is találunk egy példát. Ebben az esetben, ha a szükséges közetmennyiséghez két sorban elhelyezett töltetek robbantása szükséges, akkor pillanathatású gyutacsok esetén a második sornál, a kezdővágattól mért első sor távolságának csak a 2/3 részével számolhatunk. Ez a példában szereplő 5 m lépcsőmagasságú, 100 m széles fejtési front esetében azt jelenti, hogy amíg az 1. sor robbanóanyaggal 1125 m<sup>3</sup> követ tudunk lerobbantani, addig a második sor töltet robbantásával csak 750 m<sup>3</sup>-t. A 2. sor tölteteinek késleltetett gyutacsokkal történő indításánál ez a korlátozás már nem szükséges, hiszen ez is szabad kezdővágat-sor felé tud robbanni.

**Gondot jelenthet** azonban a NONEL rendszer magas ára (mely a tömeges felhasználás gátja lehet), továbbá **hiányzik az a szakmai útmutató (segédlet)**, mely a műszaki parancsnokok munkáját megkönnyítené a robbantási szakfeladat tervezése során: hol, hogyan, milyen késleltetési fokozatokkal kell elkészítenie a NONEL hálózatot. **A gyújtási rendszer bevezetéséről** szóló **2006-ban** kiadott *szakutasítás*<sup>96</sup> csak a kétféle NONEL rendszer elemeinek kezelésére tér ki, ahogy azt a bevezetőjében is rögzíti: „A szakutasítás tartalmazza [...] az eszközök, anyagok és harcanyagok rendeltetését, általános leírását, főbb harcászati-technikai adatait, valamint kezelésének, telepítésének és visszatelepítésének, illetve tárolásának, karbantartásának, málházásának és szállításának rendszabályait és előírásait.”

**A pontos technológiai leírás hiányában** viszont sajnos pont a lényeg vész el: a pontosabb, környezetkímélőbb és robbanóanyag-takarékos robbantás végrehajtása, mely például egy békemisszióban, de akár egy rendkívüli (katasztrófa) helyzetben végrehajtandó feladatnál már fontos szempont.

---

96 Harckocsi és gyalogság elleni akadályrendszerek anyagainak és eszközeinek, valamint az új típusú műszaki harcanyagok kezelése és karbantartása, Magyar Honvédség Műszaki Technikai Szolgálatfőnökség, Budapest, 2006. VI. fejezet (Nyt. szám: 361/119.)



## Befejezés

A katonai robbantástechnika csak egy kis területe a hazai hadtudománynak. Ennek ellenére az érdeklődők olyan tanulmányokat olvashattak a robbanóanyagokról és azok iniciálásáról a vizsgált időszak katonai szakfolyóirataiban, melyek egyrészt bizonyították a témában akkor dolgozó, kutató szakemberek magas szintű szakmai felkészültségét, másrészt szervesen illeszkednek a robbantástechnika általános vonulatába, hasznos információkkal szolgálva a jelen kor számára is.

Az egyes kérdésekhez kapcsolódó, a hazai katonai robbantástechnika esetleges fejlesztésére vonatkozó lehetőségek, az erre vonatkozó javaslataim (bár azok egy része 1995-ben már megfogalmazásra került) a mai napig nem találtak érdeklődésre az érintett döntéshozóknál. A katonai robbantástechnikával több mint 40 éve foglalkozó szakemberként (oktatóként és kutatóként) szembesültem, szembesülök azzal a problémával, hogy a katonai feladatok során a minél gyorsabb feladatvégrehajtást és a feltétlen sikerességet szem előtt tartva, még ma sem fordítunk figyelmet a környezetkímélő technikák, technológiák alkalmazására. A jelenleg is érvényben lévő, **1971-ben** kiadott *Robbantási utasításunk* egy támadó doktrínával rendelkező koalíció, a Varsói Szerződés idején készült. A benne foglalt szabályok is ennek szellemében kerültek megfogalmazásra.

A cikkben bemutatott, hazai gyártású emulziós robbanóanyag földrobbantáshoz történő alkalmazhatósága, a beszerzett NONEL gyújtási rendszer kihasználatlan lehetőségei a környezetkímélőbb robbantások terén (technológiai leírás hiányában) csak tanulmányokban, cikkekben megjelent utópiák maradnak azok hivatalos elfogadása, bevezetése nélkül. 2017-es könyvem 5. fejezetében<sup>97</sup> összefoglaltam az ezekkel kapcsolatos javaslataimat, melyet a Honvédelmi Minisztérium környezetvédelmi kérdésekben illetékes szakemberéhez is eljuttattam. Azóta eltelt három év úgy, hogy még visszajelzést sem kaptam ez ügyben. A robbantási munkák biztonsági előírásai között az alábbi szabály olvasható: „a robbantás végrehajtására kirendelt személyi állománynak kötelessége ismerni az alkalmazott robbanóanyagokat, gyújtószereket, azok tulajdonságait, a velük való munkák szabályait, a munkák végrehajtásának sorrendjét...”.<sup>98</sup> A javaslataim befogadásához vagy egy új

---

97 Lukács (2017) i.m. 5. A katonai robbantástechnika és a környezetvédelem, 191–224.

98 Mű/213. Robbantási utasítás. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1971. 389. pont, 334.

szakutasítás kiadására vagy legalább a meglévő (egyébként szakmailag kiváló) hivatalos kiegészítésére lenne szükség, természetesen az ilyenkor szükséges vizsgálatok elvégzését követően. A Magyar Honvédség Környezetvédelmi doktrínájában megfogalmazott alapelvek mindaddig csak papíron szereplő mondatok maradnak, míg a gyakorlatban nem tudunk mögéjük ezeket támogató új anyagokat, technológiákat állítani.

## Felhasznált irodalom

Andrejev K. K.– Beljajev A. F.: A robbanó anyagok elmélete. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1965.

Bruce J.: Az Astrolite-robbanóanyagok, Haditechnikai Szemle 1970/1. 31–32. (az Ordnance 1969. május-júniusi számban megjelent cikk alapján)

Czapek Béla: Új robbanóanyagok az építés szolgálatában, Haditechnikai Szemle 1977/3. 84–88.

Földesi János: Az Austin Powder Co. E\*-star elektronikusan programozható villamos gyutacsának előnyei a gyakorlatban. Műszaki Katonai Közlöny, 2010/1–4. összevont szám, 197–215.

Gánóczi Ferenc – Kocsis András: Villamos gyújtásnál alkalmazandó mérő és ellenőrző műszerek használata, Katonai Szemle 1958/4. 12–22.

Gudmon Mihály: Plasztikus robbanóanyagok, Honvédségi Szemle 1965/1. 93–97.

Hill, Andrew: Cargo Carrier M548 with Surface Launched Unit Fuel - Air Explosive SLUFAE, The Online Tank Museum, January 26, 2019  
<https://tanks-encyclopedia.com/coldwar-us-cargo-carrier-m548-with-surface-launched-unit-fuel-air-explosive-slufae/> (2020. 10. 18.)

Ilijn, B.: Nagy robbanóhatású lőszer (Technika i Vooruzsenyie 1986/8. pp. 8–9. cikk alapján – ford. Scharrer János), Honvédségi Szemle 1986/11. 96–98.

Kender Antal: Az átjárónyitó töltetek újabb generációja, Honvédségi Szemle 1981/6. 77–78.

Kertész Viktória – Földesi Tamás: Heavy-ANFO keverő-töltőgép használatának tapasztalatai a COLAS Északkő Bányászati Kft. üzemeiben. Előadás a Magyar Robbantástechnikai Egyesület 13. Fúrás- robbantástechnika Nemzetközi Konferencián, Velence, 2016. szeptember 14-16. Megjelent a konferencia kiadványában CD-n

Kovács Zoltán: NONEL nem elektromos iniciálású katonai gyújtórendszerek. Műszaki Katonai Közlöny, XVI. évf., 2006/1–4. szám, 109–117.

Kultshrestha, S.: Massive Ordnance Air Blast – MOAB – a perspective, (CASS Journal, Vol4, No.3. Jul–Sep 2017. ISSN 2347-9191) Global

Maritime Issues, 9 Nov. 2017 <https://skulshrestha.net/2017/11/09/massive-ordnance-air-blast-moab-a-perspective/>

K-Sz.: Robbantás gyutacs nélkül, Haditechnikai Szemle 1976/2. 55–56.

Levmore, Shepherd - Schimmel, Robert, T.: Technical Report ARLCD-TR-78010 an Evaluation of Liquid Explosives for Foxhole Digging, April 1978. US Army Armament Research and Development Command, Large Caliber Weapon Systems Laboratory, Dover, New Jersey USA

Lukács László: A MH robbanóanyaggal való ellátottságának helyzete, és egy új robbanóanyag alkalmazásának lehetősége a MH műszaki csapatainál I., Műszaki Katonai Közlöny 1995/1–2. szám, 73–108.

Lukács László: A MH robbanóanyaggal való ellátottságának helyzete, és egy új robbanóanyag alkalmazásának lehetősége a MH műszaki csapatainál II., Műszaki Katonai Közlöny 1995/3. szám, 23–46.

Lukács László: A magyar honvédségnél alkalmazott robbantási eljárások és robbanóanyagok legfontosabb részterületei fejlődésének vizsgálata és a továbbfejlesztés javasolt irányai – kandidátusi értekezés, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, 1995.

Lukács László: A katonai robbantástechnika és a környezetvédelem – egyetemi jegyzet (a Környezetgazdálkodási oktatás fejlesztéséért Alapítvány pályázati támogatásával), ZMNE<sup>99</sup> Hadtudományi Kar, Műszaki harcászati-hadműveleti tanszék, Budapest, 1997.

Lukács László: Polgári robbanóanyagok alkalmazási lehetőségei honvédségi földrobbantási feladatok során, Robbantástechnika<sup>100</sup> 21. szám, 2001. március, 3–9.

Lukács László: Környezetkímélő katonai robbantások alkalmazása a Magyar Honvédségnél, Műszaki Katonai Közlöny 25. évfolyam, 2015/2. szám, 22–83.

Lukács László: Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből, különös tekintettel a továbbfejlesztés várható irányai és a kor új kihívásaira, Dialóg Campus Kiadó Budapest, 2017. ISBN 978-615-5680-35-9 <https://tudasportal.uni-nke.hu/tudastar-reszletek?id=123456789/6916>

Lukács László: A Magyar Honvédségnél rendszeresített NONEL gyújtási rendszer alkalmazása, különös tekintettel a környezetkímélő robbantásokra, Műszaki Katonai Közlöny 2006/1–4. összevont szám, 119–133.

Lukács László – Tóth Rudolf: Robbantóanyagok a hazai katonai szakfolyóiratokban 1875-1945. Katonai Logisztika 2018/3–4. szám, 273-300. DOI 10.30583/2018/3-4/273.

---

99 ZMNE - Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem.

100 Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület, Robbantástechnikai Szakbizottság periodikája.

Maróthy Géza – Bárány István – Falkai Béla: Robbanóanyagok I. Haditechnikai Intézet, Műszaki Egyetemek és Főiskolák Hadmérnöki Tagozatainak Parancsnoksága, Budapest, 1950 (kézirat gyanánt) 9. 2. ábra gyújtólánc

Mueller Othmár: A korszerű robbantási munkák gyújtás-indítási eszközei, Haditechnikai Szemle 1970/2. 49–53.

Mueller Othmár: Különleges ipari robbanóanyagok és robbanószerkezetek harcászati alkalmazása Honvédségi Szemle 1970/12. 50–54.

Mueller Othmár: A villamos robbantás néhány problémája, Elektrotechnika 63. évf. 1970. 1–3. szám, 58–67.

Mueller Othmár: Villamos gyújtású robbantások biztonságos kivitelezésének irányelvei erősáramú létesítmények közelében, Elektrotechnika 67. évf. 1974. 3. szám, 124–129.

Nyilasi János: Alfréd Nobel találmányai, Természettudományi Közlöny 1959/11. 512–514.

Operational Evaluation Test of Mine Neutralization Systems, Institute for Defense Analyses, Alexandria, Virginia, USA, April 2005

Schaffer Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve, Pallas Rt., Budapest, 1903.

Schmidt, E. Walter: Hydrazine and its Derivates, Second edition, Volume 2., John Wiley & Sons, Inc. USA, 2001. ISBN 0-471-41553-7, 6.3.3. Explosives, 1551–1554.

Sz. Gy.: Tüzelőanyag-levegő robbanóanyagok Haditechnikai Szemle 1975/4. 129–130.

Szeberényi István: Robbanóanyagok a haditechnikában, Katonai Szemle 1956/9. 104–110.

Szilvássy László: Légibombák – termobárikus (aeroszol) bomba, Repüléstudományi Közlemények 30. évfolyam, 2018/3. szám, 7–14.

Ungvár Gyula: Aeroszol robbanóanyagok – aeroszol lőszerkezetek, Haditechnikai Szemle 1981/2. 1–6.

Ált/218. Környezetvédelmi doktrína, Magyar Honvédség 2015. II. fejezet - A honvédelmi környezetvédelmi stratégia, 2.1. pont

E.–34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások I. rész. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928.

Robbantási segédlet. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950.

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

Harckocsi és gyalogság elleni akadályrendszerek anyagainak és eszközeinek, valamint az új típusú műszaki harcanyagok kezelése és karbantartása, Magyar Honvédség Műszaki Technikai Szolgálatfőnökség, Budapest, 2006. VI. fejezet (Nyt. szám: 361/119.)

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

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

13/2010. (III. 4.) KHEM rendelet az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzatról. Magyar Közlöny, 31. szám, 9762–9829.

FM 5-250 Explosives and demolitions, Headquarters, Department of the Army, Washington, D.C. USA, 15 June 1992.

Military Engineering, Volume II. Field Engineering, Pamphlet No. 4. Demolitions, Army Code No. 712771 (Pam 4). Ministry of Defence, UK, 1988.

Megvan az idei Nobel-békedíjas <https://infostart.hu/kulfold/2020/10/09/megvan-az-idei-nobel-bekedijas> (2020.10.09.)

Az idei Nobel-békedíjat a Világélelmezési Program kapta <https://www.sza-badeuropa.hu/a/a-nobel-bekedijat-a-vilagelelmezesi-program-kapta/30884391.html> (2020.10.10.)

HELIX High Energy Liquid Explosive <https://www.ebad.com/helix-high-energy-liquid-explosive/> (2020.10.11.)

Ledobták minden bombák anyja kínai verzióját <https://24.hu/kulfold/2019/01/04/minden-bombak-anyja-kinai-ledobtak/> (2020. 10. 18.)

Megjegyzés: a Műszaki Katonai Közlöny jelzett publikációi elérhetők:

<https://mkk.uni-nke.hu/nyitolar>

<https://www.mkle.net/logisztikai-szakgyujtemeny/szakmai-oldalak/szakagak/mu/>