

AZ EMULZIÓS ROBBANÓANYAGOK TÖRTÉNETE ÉS KATONAI ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

Tóth József nyá. mk. alezredes, okl. robbantástechnikai szakmérnök¹

A honvédségi szervezetek, így a műszaki feladatokat ellátó egységek, alegységek egyes feladatainak végrehajtásához még ma is elengedhetetlenül szükséges a robbanóanyag alkalmazása.

Ennek oka elsősorban abban keresendő, hogy egy adott feladat végrehajtáshoz szükséges idő nagyságrenddel (vagy nagyságrendekkel) kevesebb lehet robbanóanyag alkalmazásával, mint anélkül, még akkor is, ha a robbantásos feladat időszükségletébe beszámítjuk az esetlegesen szükséges, előzetesen végrehajtandó előkészítő munkákat (mint pl. töltetüreg-készítés) is. Az idő pedig sok esetben élet-halál kérdése lehet.

Nem szabad azonban figyelmen kívül hagynunk azt a tényt, hogy a jelen körülmények között végrehajtandó robbantások esetén a követelményrendszer jelentősen módosult, változott. Amíg az 1989-es fordulatot megelőző években a feladat minden áron történő végrehajtása volt a cél, és e szempont mindenben megelőzte a környezetvédelmet, vagy gazdaságosságot, a jelen kor alapvető követelményei közé ez utóbb felsorolt két szempont is beletartozik.

Nem mindegy tehát, hogy egy adott – robbantással végrehajtandó – feladatot milyen költséggel, milyen környezeti hatásokkal, és milyen környezetszennyezéssel hajtunk végre, ezért fokozott figyelmet kell fordítani a robbanóanyag és az alkalmazandó robbantási technológia helyes megválasztására, megtervezésére, és kivitelezésére.

¹ Ipari Robbanó Kft., kereskedelmi vezető

Jelen cikkemben csak és kizárólag a nemzetvédelmi céllal végrehajtott, talaj- és közetrobantási kérdések némelyikével szeretnék – vitaindító jelleggel – foglalkozni, így a katonai robbantástechnikai feladatok további területeivel jelen írásművemben nem foglalkozom.

A polgári és katonai szempontrendszer alapvető különbségei

A következőkben megpróbálom vázlatosan összefoglalni a polgári robbantástechnikában és a jelenlegi szabályzásnak megfelelő katonai robbantástechnikában alkalmazott robbanóanyagfélésekkel kapcsolatos alapvető különbségeket technikai-gazdasági szempontból, tehát a jogi szabályozások különbözőségét nem tárgyalom. Megjegyzem, hogy a polgári területen alkalmazott követelmények elsődlegesen a külszíni közetjövésztesre használatos robbanóanyagokra igazak, bár többé-kevésbé az egyéb polgári robbantástechnikai feladatokra is alkalmazhatóak.

Polgári robbanóanyag	Katonai robbanóanyag
<u>Elsődleges szempont:</u> - a költséghatékonyság.	<u>Elsődleges szempont:</u> - a feladat végrehajtásának biztonsága
<u>Kiemelten fontos szempont:</u> - könnyű, biztonságos szállíthatóság, kezelhetőség.	<u>Kiemelten fontos szempont:</u> - univerzális alkalmazhatóság (széles alkalmazhatósági hőmérséklet tartomány, vízállóság);
<u>Fontos szempontok:</u> - a jövésztesztett közet megfelelő aprítása - a természeti és épített környezet állagának megóvása - beszerezhetőség biztonsága (állandó ellátás, több robbanóanyag-szállító)	<u>Fontos szempont:</u> - hosszú időtartamú tárolhatóság - gyutacsindíthatóság
<u>Kevésbé fontos szempont:</u> - gyutacsindíthatóság - nagy brizancia - vízállóság	<u>Kevésbé fontos szempont:</u> - környezetvédelem - nagy tolóhatás

Azt hiszem, nem szorul különösebb, hosszabb magyarázatra a polgári robbantástechnikában kőzetjövésztesre alkalmazott robbanóanyagokkal szembeni követelmények, de azért néhány szóban kifejteném azokat.

A költséghatékonyság elsődleges fontossága nem vitatható, hiszen a jelenlegi piaci helyzetben a kitermeléssel foglalkozó vállalkozó számára alapvető fontosságú az, hogy egységnyi tömegű kőzet kitermeléséhez minél kevesebb és minél olcsóbb, a feladat végrehajtására még éppen alkalmas robbanóanyagot használjon fel. Ez még akkor is igaz, ha figyelembe vesszük azt a tényt, hogy a robbanóanyagok és robbantószerkezetek költsége a művelési költségeknek csupán néhány százalékát teszik ki. Némiképpen a gazdaságossági kérdésekhez tartozik a fontos követelményekhez sorolt kőzetaprítás is, hiszen a méreten felüli kőzettömbök, a „batárok” utóaprítása jelentős költségekkel járhat.

A szállításnál sem mindegy, hogy a robbanóanyag raktárból (gyártótól) történő kiszállítására milyen járművet használhat fel, hiszen az ADR 1. osztályába tartozó robbanóanyag szállításának költsége közúton - a szállító jármű speciális kialakítása miatt - jóval nagyobb lehet.

A polgári robbantástechnikában a környezetvédelmi kérdések sem elhanyagolhatók, hiszen a környezetvédelmi és egyéb hatóságok manapság már kiemelt figyelmet fordítanak a környezetet minél kisebb mértékben terhelő robbanóanyagok és robbantási technológiák alkalmazására. A bányaközei lakosság is árgus szemekkel figyeli a robbantással együtt járó füstképződést, és a sárga-narancssárga füst megjelenése már elegendő ok némelyikük számára, hogy a bányauzem működését megkérdőjelezzék („magyar módra”: névtelen feljelentéssel).

A beszerezhetőség biztonsága is nagyon fontos, hiszen hiába felel meg egy kiválasztott robbanóanyag minden egyéb más szempontból a vállalkozó számára, ha az előállítási, szállítási, stb. okok miatt a megfelelő ütemezéssel nem áll rendelkezésre a robbantások kivitelezéséhez.

Ami a gyutacsindíthatóság kérdéskörét illeti, ezt azért soroltam a kevésbé fontos kérdéskör körébe, mivel a gyutaccsal közvetlenül nem indítható főtöltetek jelentősen kisebb fajlagos költsége ellensúlyozhatja a detonátor (booster) költségeit. A vízállóság sem alapvető követelmény a polgári robbantástechnikában, hiszen (újólag csak költséghatékonysági szempontokból) vízálló robbanóanyag alkalmazása e területen kizárólag ott indokolt, ahol a furatban víz jelenik meg, vagy víz megjelenése várható.

A polgári robbantástechnikában kőzetjövésztésre használt robbanóanyagok

A polgári robbantástechnika a követelmények szigorodására a gyártott és használt robbanóanyagok folyamatos fejlesztésével, új és új, a gyakorlatban is használható robbanóanyagok kifejlesztésével válaszolt. Az 1627 óta eltelt időben, amikor a világon elsőként Magyarországon alkalmaztak fekete lőport kőzetjövésztésre a selmecebányai Felső-Bieber táróban, a nitroglicerinen (glicerintrinitrát) és a dinamitok számos fajtáján át jutott a polgári robbantástechnika a korszerű, olcsó és biztonságos robbanóanyagok alkalmazásához. A fejlesztés elsőrendű motorjai a biztonság, a költséghatékonyság és (különösen jelenleg) a természeti környezet védelme voltak.

A fejlődés néhány fontosabb XX. századi állomása²:

1. Az ammónium-nitrát-olaj keverék robbanóanyagok felfedezése

A világon jelenleg is széles körben használatos ANDO- (illetve angolszász nyelvterületen: ANFO: Ammonium-Nitrate-Fuel Oil) féleségek felfedezése – sok más felfedezéshez hasonlatosan – véletlenül alapult. Az első szándékolatlan ammónium-nitrát robbanás, amely Oppauban történt³, már rámutatott arra, hogy a viszonylag olcsón és nagy tömegben előállítható ammónium-nitrát bizonyos körülmények között robbanásra képes. Az amerikai DuPont cég volt az első, aki ezen a tapasztalaton kiindulva, megkísérelte az ammónium-nitrát gyakorlati robbanóanyagként való felhasználását. Az ammónium-nitráthoz szenet, dinitrotoluolt, falisztet adagoltak, de a kísérleteket nem követte az új robbanóanyag elterjedése. Erre a második világháborút követő években került sor, amikor is az Amerikai Egyesült Államokban, illetve Franciaországban a szállítandó ammónium-nitrát műtrágya készlet robbant fel 1947-ben, a tároló papírzsákok meggyulladásai miatt. A lefolytatott vizsgálatok kiderítették, hogy az erősen higroszkópos műtrágyához a nedvességtől való megóvás miatt paraffint és petróleumszármazékot keverték, mintegy 1 százaléknyi mennyiségben. Az összességében 6000 tonnányi mennyiség felrobbanása után kezdődött meg a folyékony égőanyagokkal való keverés technológiájának kifejlesztése, és a megfelelő olaj-visszatartási képességekkel rendelkező ammónium-nitrátok gyártása.

Az ammónium-nitrát alapú robbanóanyagok fejlesztése természetesen nem állt meg, hiszen a tapasztalat azt mutatta, hogy az ANDO-féleségek nem alkalmasak vizes fúrólukokban való alkalmazásra, amely minden előnyös tulajdonságuk (érzékletlenség, olcsóság) ellenére is jelentős korlátot jelentett alkalmazásukban.

² Dr. Lukács László: „A magyar honvédségnél alkalmazott robbantási eljárások és robbanóanyagok legfontosabb részterületei fejlődésének vizsgálata és a továbbfejlesztés javasolt irányai” – kandidátusi értekezés, ZMKA, 1995.

³ K.K.Andrejev-A.F.Belajjev: A robbanó anyagok elmélete, Budapest, 1965.

Korlátaik ellenére még a XXI. század kezdetén is az európai robbanóanyag-fogyasztás mintegy felét teszi ki a különböző ANDO-féleségek felhasználása⁴.

2. Robbanózagok (slurries) felfedezése

Az ANDO-féleségek vízállóságának fokozására irányuló kísérletek sikerét az 1950-es évek végén felfedezett⁵ robbanózag jelentette. A robbanózagok az ammónium-nitrát és más nitrátok vizes oldatai, égőanyagokkal (alumíniumpor, glikol, stb.) és érzékenyítő anyagokkal (trotil, nitropenta, hexogén) való keverékei. Felhasználásuk történhet töltényezett, vagy ömlesztett formában (tartályból közvetlenül a fúrólyukba szivattyúzva) is. A robbanózagok vízállósága az ANDO-féleségeknél jobb, tehát vizes fúrólyukba is tölthetők, és hatóerejük is sokkal nagyobb az ANDO-féleségeknél. Alkalmazásuk hátrányát jelenti viszont, hogy alacsony hőmérsékleten (+4 °C alatt) megdermednek, és detonációstabilitásukat veszítik⁶.

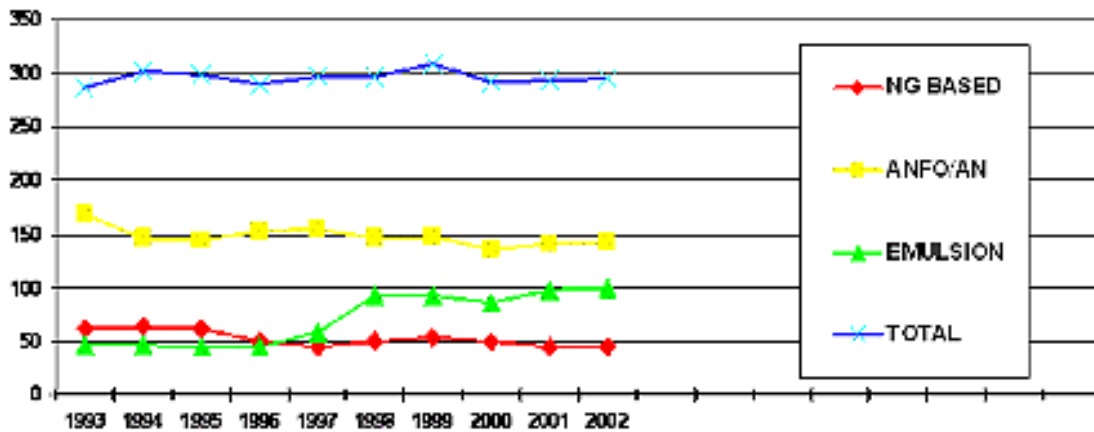
3. Az emulziós robbanóanyagok felfedezése⁷

Az ANDO-k, és a robbanó zagyok hátrányos tulajdonságait végül is az emulziós robbanóanyagok felfedezésével, és a gyakorlati gyártásban is felhasználható eljárások kidolgozásával sikerült kiküszöbölni. Az emulziós robbanóanyagok története 1964-ben, az Egyesült Államokban kezdődött, amikor R. S. Egly és A. E. Neckar kidolgozta az első emulziósnak nevezett robbanóanyagot. 1965-ben N. F. Gehrig elsőként használt emulgeálószerként szorbitol-mono-oleátot, míg az első, gyakorlatban is hasznosítható, stabil emulziós robbanóanyag kidolgozása H. F. Bluhm nevéhez fűződik (a robbanóanyag kereskedelmi neve Aquaram, míg az alumíniumporral érzékenyített robbanóanyag neve Aquanal volt). C. G. Wade dolgozta ki az első gyutacsérzékeny emulziós robbanóanyag előállítási technológiáját 1978-ban, és az emulziós robbanóanyagok világsikere megkezdődött.

⁴ <http://www.feem-europe.org/>

⁵ M.A. Cook és H.E. Farnham, 1958

⁶ Dr. Lukács László i.m.



Consumption of EXPLOSIVES in EUROPE over the last 10 Years

Az európai robbanóanyag-fogyasztás megoszlását, illetve az emulziós robbanóanyagok térnyerését mutatja a fenti diagram a Federation of European Explosives Manufacturers honlapja nyomán⁸.

Természetesen a fejlesztés nem állt meg, a www.freepatentsonline.org weblapon az emulziós robbanóanyagokra rákeresve, jelenleg 125 találatot kaphatunk, amely jelzi a fejlesztés intenzitását.

Mi is az emulziós robbanóanyagok sikerének titka? Legfontosabb előnyük, hogy könnyen beszerezhető, olcsó alapanyagokból, viszonylag egyszerű eljárással jó hatásfokú, környezetkímélő, széles körben alkalmazható robbanóanyagot lehet előállítani. Az emulziós robbanóanyagok kritikus átmérője 30 mm körüli, tehát kis átmérőjű fúrólukakban is sikerrel alkalmazhatók. Kiváló vízállóságuk alkalmassá teszi őket a vizes környezetben való alkalmazásra, míg hidegtűrésük a legtöbb esetben mélyen a fagypont alatt történő alkalmazásukat is lehetővé teszi. Mechanikai behatásokra kevésbé érzékenyek, kezelésük biztonságos. Nullához közeli oxigénegyenlegük miatt sokkal kevesebb mérgező gáz szabadul fel robbanásukkor,

⁷ P.A.Persson-R.Holmberg-J.Lee: Rock Blasting and Explosive Technology, CRC Press, 1993

⁸ <http://www.feem-europe.org/>

mint az egyéb robbanóanyagok használata esetén, tehát környezetvédelmi szempontból is kiváló tulajdonságúak.

Néhány, jelenleg hazánkban kapható emulziós robbanóanyag

Hazánkban – jelenlegi ismereteim szerint – két vállalkozás (Energia/PBS Kft., Ipari Robbanó Kft.) gyárt emulziós robbanóanyagot, míg külföldi (cseh, osztrák) eredetű emulziós robbanóanyagot egy cég (Novexplo Kft.) forgalmaz.

A hazai gyártású emulziós robbanóanyagok:

1. Energia/PBS Kft.⁹

ANDO-V család

ANDO-V-100, ANDO-V-201, ANDO-V-302, ANDO-V-403 ENERGETIC-A

A felsorolás első három tagja töltényezett, nem gyutacsérzékeny emulziós robbanóanyag, míg a negyedikként felsorolt Energetic-A ömlesztett emulzió-mátrix, amelynek töltése (és robbantáshoz való érzékenyítése) speciális töltőkocsival valósítható meg. A töltényezett robbanóanyagok átmérője 60-90 mm lehet, használatuk -20 és +35 °C lehetséges.

ANDO-ÉV család

ANDO-ÉV-5000, ANDO-ÉV-5015, ANDO-ÉV-5020, ANDO-ÉV-5025,
ANDO-ÉV-5030

Az ANDO-ÉV család valamennyi tagja gyutacsérzékeny (külön detonátor /booster/ nélkül indítható), töltényezett formájú, a töltények 28 és 90 mm közötti átmérőben rendelhetők. Használatuk -20 és +35 °C között lehetséges.

⁹ www.idc-pbs.com

2. Ipari Robbanó Kft.

Emex AN

Az Emex AN nem gyutacsérzékeny, jellemzően nagy átmérőben (65 mm felett) rendelhető robbanóanyag. Sűrűsége $1,20\pm 0,10 \text{ g/cm}^3$, detonációsebessége 52 mm átmérő esetén $>4400 \text{ m/s}$. Használható 0 és $+50 \text{ °C}$ között, tárolhatósága 1 év. Oxigénegyenlege $-3,50 \%$, fajlagos gáztérfogata 1011 l/kg , robbanáshője 3040 kJ/kg . Ütésérzékenysége nagyobb, mint 2 Joule, dörzsérzékenysége nagyobb, mint 80 Joule¹⁰

Emulgit 82GP

Az Emulgit 82 GP gyutacsérzékeny, 50 mm feletti átmérőben rendelhető emulziós robbanóanyag. Detonációs sebessége 40 mm átmérő esetén nagyobb, mint 3700 m/s . Sűrűsége $1,20\pm 0,10 \text{ g/cm}^3$, felhasználható 0 és $+50 \text{ °C}$ között, tárolhatósága 6 hónap ($+5$ és $+30 \text{ °C}$ között), maximális megengedett hidrosztatikus nyomás $0,3 \text{ MPa}$ ¹¹

Emulgit LWC

Az Emulgit LWC töltényezett robbanóanyag sűrűsége $1,20\pm 0,10 \text{ g/cm}^3$, detonációs sebessége (30 mm töltényátmérő esetén) nagyobb, mint 3000 m/s . Felhasználható 0 és $+50 \text{ °C}$ között, tárolhatósága 12 hónap ($+5$ és $+30 \text{ °C}$ között), maximális megengedett hidrosztatikus nyomás $0,3 \text{ Mpa}$. Minimális töltényátmérő 25 mm ¹².

Emulgit LWC Al

Az Emulgit LWC Al töltényezett emulziós robbanóanyag sűrűsége $1,15\pm 0,10 \text{ g/cm}^3$, detonációs sebessége (30 mm töltényátmérő esetén) nagyobb, mint 3300 m/s . Felhasználható 0 és $+50 \text{ °C}$ között, tárolhatósága 12 hónap ($+5$ és $+30 \text{ °C}$ között),

¹⁰ BAM EG-Baumusterprüfbescheinigung Nr.0589.EXP. 0531/98

¹¹ BAM EG-Baumusterprüfbescheinigung Nr.0589.EXP. 0537/98

¹² BAM EG-Baumusterprüfbescheinigung Nr.0589.EXP. 0532/98

maximális megengedett hidrosztatikus nyomás 0,3 Mpa. Minimális töltényátmérő 25 mm¹³.

3. NOVEXPLO Kft.

Emsit 1

Az Emsit 1 típusú emulziós robbanóanyag gyártója a cseh Explosia A.S. (Pardubice-Semtín). A robbanóanyag detonációs sebessége a forgalmazó által megadottak szerint 5000 m/s, fajlagos gáztérfogata 800 l/kg. Oxigénegyenlege +0,5 %, kritikus átmérője 30 mm. Robbanáshője 2800 kJ/kg, tárolási ideje 12 hónap. Felhasználható -10 és +40 °C között¹⁴

Lambrex 1

A gyutacsérzékeny Lambrex 1 típusú robbanóanyag gyártója az osztrák Austin Powder GmbH (Lambrecht). Az emulziós robbanóanyag sűrűsége a forgalmazó által megadottak szerint 1,20 g/cm³, oxigénegyenlege +2,3 %. A normál gáztérfogat 910 l/kg, míg a kritikus átmérő 25 mm. Detonációsebessége 5500 m/s, tárolhatósági ideje 12 hónap. Felhasználhatóságát a forgalmazó -10 és +40 °C között, míg a gyártó -5 és +60 °C között adja meg¹⁵

Az emulziós robbanóanyagok alkalmazhatósága katonai területen¹⁶

Az emulziós robbanóanyagok katonai alkalmazhatóságát dr. Lukács László vetette fel még 1995-ben, kandidátusi értekezésében (1). A vizsgálathoz végrehajtott kísérleti robbantások eredetileg ANDO-V, illetve TNT robbanóanyagra vonatkoztak, és ennek eredményei alapján került megfogalmazásra a „szabványos, pót- és szükség robbanóanyagok alkalmazási lehetőségeinek elmélete” a dolgozatban.

¹³ BAM EG-Baumusterprüfbescheinigung Nr.0589.EXP. 0359/99

¹⁴ www.novexplo.hu

¹⁵ www.austinpowder.at

¹⁶ Dr.habil. Lukács L. mk.alez.-Tóth J. mk. alez.: Polgári robbanóanyagok alkalmazási lehetőségei földrobbantási feladatok során

A következő kísérleti robbantás alkalmával a Magyar Honvédségben a mai napig egyedül alkalmazott robbanóanyag (a trotil) teljesítményét már három, - az akkori időben a polgári robbantástechnikában alkalmazott - emulziós robbanóanyag teljesítményével hasonlítottuk össze, egy konkrét katonai földrobbantási feladat végrehajtása során (8; 9).

A kísérleti robbantásra 2001. március 22-én került sor Táborfalván, a MH Technológiai Hivatal Lőkísérleti és Vizsgáló Állomásának területén, az úgynevezett 13000-es célterületen, a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Műszaki tanszék, valamint a HM Haditechnikai Intézet közös szervezésében. A robbantást megtekintették az OMBKE Robbantástechnikai Szakbizottság, az ÉTE Robbantástechnikai Szakbizottság, az MHTT Műszaki szakosztály tagjai, továbbá a Magyar Honvédség érdeklődő szaktisztjei (mintegy 100 fő). Az ipari robbanóanyagokat az Ipari Robbanó Kft. (EMULGIT 42GP), a NOVEXPLO Kft. (EMSIT) és a PBS Európa Precíziós Robbantás Szolgáltató Kft. (ANDO-V) biztosította.

A feladat harckocsiárok robbantása volt homoktalajban. A tölteteket 150 mm átmérőjű fűrőlyukakban helyeztük el. A töltet elhelyezésének mélysége a trotil esetén 1,75 m, míg az emulziós robbanóanyagok esetén 2 m volt. Egy sorban 3 db töltet került elhelyezésre, a lyuktávolság minden esetben 2,75 m volt. A főtöltetek indítására lyukanként 2 db 400 g-os TNT préstestet, és SVG-840 (katonai) villamos gyutacsot használtunk.

A robbantások eredményeit a következő táblázat tartalmazza:

Robbanóanyag	Egy töltet tömege [kg]	Árokmélység [m]	Árok felső szélesség [m]	Árok felső hosszúság [m]
400 g-os TNT	25	3,03/100%	8,1/100%	10,9/100%
ANDO-V 100	25	3,0/99%	8,2/101%	12,4/114%
EMSIT	25	2,7/89%	7,0/86%	10,4/95%
EMULGIT 42 GP	25	2,73/90%	8,8/109%	11,9/109%

Az eredményeket értékelve megállapítható volt, hogy összességében csekély eltérés mutatkozik a katonai gyakorlatban eddig kizárólagosan alkalmazott trotil, valamint az emulziós robbanóanyagok hatása között. Ennek alapján javaslatot tettünk a Magyar Honvédség műszaki-technikai szolgálatfőnökének, az emulziós robbanóanyagok földrobbantási feladatokra történő rendszeresítésére, a honvédségen belül. Sajnálatosan, a mai napig nem történt előrelépés e területen.

Összefoglalás

Az ipari robbantástechnikában alkalmazott emulziós robbanóanyagok, a polgári robbantástechnikai életben alkalmazott robbanóanyagokkal kapcsolatos tapasztalatok, és az eddig végrehatott kísérlet eredményei alapján a Magyar Honvédségben földrobbantási feladatok végrehajtására eddig alkalmazott trotil kiváltására alkalmasak lehetnek. A külső körülményektől (hőmérséklet, csapadék stb.) független felhasználás mellett további előnyük lehet, hogy külön készletek tárolására nincs szükség, az igényeket a gyártók-forgalmazók rövid határidővel, szinte korlátlanul képesek kielégíteni.

Az emulziós robbanóanyagok rendszerbeállításához természetesen további kísérletekre, vizsgálatokra van szükség, amelyek végrehajtásával a módosított

technológiák is kidolgozhatók. Ezek sikeres befejezése után remény van arra, hogy a honvédségi robbantási gyakorlatban is megjelenjenek a hazai alapanyagból, hazai gyártóbázison előállított korszerű emulziós robbanóanyagok, melyek beszerzési ára is lényegesen kedvezőbb, mint a trotilé.

Felhasznált irodalom:

1. Dr. Lukács László: „A magyar honvédségnél alkalmazott robbantási eljárások és robbanóanyagok legfontosabb részterületei fejlődésének vizsgálata és a továbbfejlesztés javasolt irányai” – kandidátusi értekezés, ZMKA, 1995.
2. K.K.Andrejev-A.F.Beljajev: A robbanó anyagok elmélete, Budapest, 1965.
3. P.A.Persson-R.Holmberg-J.Lee:Rock Blasting and Explosive Technology, CRC Press, 1993
4. BAM EG-Baumusterprüfbescheinigung Nr.0589.EXP. 0531/98
5. BAM EG-Baumusterprüfbescheinigung Nr.0589.EXP. 0537/98
6. BAM EG-Baumusterprüfbescheinigung Nr.0589.EXP. 0532/98
7. BAM EG-Baumusterprüfbescheinigung Nr.0589.EXP. 0359/99
8. Dr. habil. Lukács L. mk.alez.-Tóth J. mk. alez.: Polgári robbanóanyagok alkalmazási lehetőségei földrobbantási feladatok során – előadás az OMBKE¹⁷ Robbantástechnikai szakbizottságának „Fúrás-robbantástechnika 2001.” Nemzetközi Konferenciáján, Miskolc-Tapolca, 2001. szeptember 11-13. (megjelent a konferencia kiadványában)
9. Dr. habil. Lukács László: Ipari emulziós robbanóanyagok katonai alkalmazásának lehetőségei – előadás a Haditechnika 2002. Nemzetközi Konferencián (megjelent a konferencia kiadványában)
- 10.<http://www.austinpowder.at>
- 11.<http://www.feem-europe.org/>
- 12.<http://www.idc-pbs.com>
- 13.<http://www.novexplo.hu>

¹⁷ Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület