

REPESZLÖVEDÉKEK/HARCIRÉSZEK HATÉKONYSÁGA ÉS A REPESZTÖLTETEK FAJLAGOS ENERGIATARTALMAI KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSEK I. TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS

Dr. Molnár László

a hadtudomány (haditechnika) kandidátusa

A jelen publikációban a szerző bemutatja azokat a főbb fizikai-matematikai összefüggéseket, amelyeket a repeszlövedékek/harcirészek hatásaira és hatékonyságaira állapítottak meg a XVIII. századdal kezdődően napjainkig, az adott kor tudományos színvonalán. Rámutat arra, hogy a koronként következő megállapítások alkalmazhatóságai határai folyamatosan és szükségszerűen bővültek, egyrészt a műszaki-katonai tudományos felismerések tartalmi – minőségi – növekedésének következményeként, másrészt a társtudományok (ide vonatkozó) ismereteinek adaptációit követően.

A jelen publikáció tartalma (is) alátámasztja azt, hogy a további kutatások folytatása – elsősorban biztonságunk érdekében – indokolt.

1. TÁRGY, A TÉMA INDOKLÁSA

A jelen dolgozat tárgya a repeszhatékonyság és a repesztöltet – robbanóanyagok fajlagos energiái közötti összefüggés vizsgálata.

A vizsgálatok elvégzése célszerű, indokolt és szükséges, elsősorban azért, mert összefoglaló publikáció – amely egzakt módon bemutatná mind a repeszlövedékekre/harcanyagokra, mind a műszaki és az egyéb robbanó harcanyagokra vonatkozó általános összefüggéseket – magyar nyelven nem ismeretes, ugyanakkor a gyakorlati feladatok – ezeken belül kiemelten a tüzszerészeti tevékenységek – eredményes végrehajtása önmagában

indokolja a rendelkezésre állható ismeretek közreadását. Szükséges továbbá azért, mert különösen a terrorizmus elleni küzdelem részeként a robbanóanyagokkal és a robbanó eszközökkel megvalósítható bűnelkövetések következményeinek felszámolásánál, jelentősége lehet a repeszképzés hatékonyságára vonatkozó és terepi körülmények között is hasznosítható ismereteknek.

2. CÉLKITŰZÉS

A jelen dolgozat célja a relatív repeszhatékonyság – robbanóanyag fajlagos energia azon explicit függvényének meghatározása:

- amellyel lehetséges a jelenleg ismeretes empirikus repeszhatékonysági összefüggések fizikai tartalmának értelmezése, és
- amely a gyakorlatban is közvetlenül felhasználható a különféle repeszképző harcanyagok relatív hatásainak meghatározására.

3. ELŐZETES MEGJEGYZÉSEK

A különféle repeszképző harcanyagok – repeszlövedékek, -harcirészek repesztöltetei – hatékonyságainak ismerete alapvetően szükséges a különféle katonai műveletek (harcászati, hadművelleti tevékenységek) tervezése és végrehajtása során.

Ezen – nyilvánvaló – tény magyarázata az, hogy mind a tervezési célok realitása, vagyis a valamely katonai művelet mindenoldalú megalapozottsága, mind a harctevékenység eredményessége közvetlen kapcsolatban van a művelet során alkalmazásra kerülő harcanyagok összességének hatékonyságával – jelen esetben az ezen összesség részét képező **TÁRGY** szerinti harcanyagok hatékonyságával.

A repeszhatás kvantitatív elemzése szükségessé teszi a jelen dolgozatban használt azon fogalmak tartalmának szabatos kifejtését, amelyek

értelmezésére a szakirodalomban **különböző módokon kerül sor**. Ennek megfelelően szükséges, hogy a valamely tartalom-értelmezés földrajzi helytől és idő-tényezőktől függetlenül – félreérthetetlenül – azonos legyen.¹

Azoknál a fogalmaknál, amelyeknél tartalmi meghatározás (magyarázat) szükséges, a kifejtésre a dolgozat szerinti (fogalmi) részletezés, vagy az előfordulás első helyén kerül sor a szövegben (amennyiben a kifejtés a **TÁRGY** tartalmának egészére vonatkozik), vagy lábjegyzet formájában.

A repeszhatásra és -hatékonyságra vonatkozó (jelen korban általánosan alkalmazott) összefüggések bemutatásánál a szerző törekszik az eredeti forrás megjelölésére. Amennyiben ez – bármely ok miatt – nem lehetséges, a szerző jelzi ezt a tényt.

4. A REPEZHATÁSRA ÉS -HATÉKONYSÁGRA VONATKOZÓ MATEMATIKAI ÖSSZEFÜGGÉSEK TÖRTÉNETI FEJLŐDÉSE

Kiemelendő, hogy a XX. század második feléig kizárólag a repeszhatás vonatkozásaiban dolgoztak ki – elméletileg is megalapozott – **fizikai-matematikai összefüggéseket**. **A repeszhatékonyság megállapítására és elemzésére (elsősorban) táblázatokba fogalt adatokat használtak**, amelyek igen széleskörű alátámasztását háborús tapasztalatok és lőkísérleti eredmények szolgáltatták.

A fentiek magyarázata végső soron az, hogy a rendelkezésre álló rendkívül nagyszámú adat hosszú időn keresztül elégséges volt a hatékonyság pontos megismeréséhez, továbbá hiányoztak azok a fizikai-matematikai (alapkutatási) ismeretek – elsősorban a robbanóanyagok detonációs folyamat-értelmezési, valamint a valószínűségszámítás területein – amelyek az egyszerű és egzakt összefüggések alapját jelenthették.

¹ A fenti követelmény szabatosan kizárólag valamely időpontban, továbbá a gyakorlati igényeknek megfelelő érvényességgel valamely korlátozott időtartamban teljesíthető.

Vagyis, az összefüggések történeti fejlődésének főbb állomásait indokolt a repszhatást és a repszhatékonyságot illetően külön felvázolni.

4.1. A repszhatásra vonatkozó megállapítások

A szakirodalomban igen nagy mennyiségű ide vonatkozó összefüggés található, amelyek egy része mind a valamely lövedék – valamely cél, mind a valamely repsz – és valamely cél kölcsönhatásra egyaránt vonatkozik. Az összefüggések mindegyikének bemutatása nem lehetséges (technikailag sem) és nem is szükségszerű, mivel történeti fejlődésük felvázolható valamely célszerűen megválasztott rendezőelv(ek) szerinti kiválasztási szempont(ok) alkalmazásával.

A jelent dolgozatban alkalmazásra kerülő – leginkább célszerű – rendezőelvek a következők.

- **Kizárólag azok az összefüggések kerülnek bemutatásra, amelyek a korábbi megállapításokhoz képest új (fizikai-matematikai) felismerést (felismeréseket) tartalmazznak.** Ezeken belül:
 - Külön csoportosításban kerülnek bemutatásra a lövedékek és a repszek hatásaira együttesen érvényes összefüggések, és
 - Szintén külön csoportok képeznek azok az összefüggések, amelyek valamely repsz, vagy a repszek (valamely) csoportjának célban kifejtett hatására vonatkoznak.
- Az összefüggések a hivatkozási (forrás) szakirodalom jelöléseinek és mértékegység használatának megfelelőek.

4.1.1. Lövedékek, repszek behatolása a valamely cél anyagába

A repszhatás terepi körülmények között is eredményesen használható matematikai leírását először Oroszországban I. Péter orosz cár uralkodása idején rögzítették katonai szabályzatban [1.]. A leírás alapján a korabeli

háborúk tüzérségi tapasztalatai és a XXVIII. század haditechnikai ismereteinek felhasználásával megtervezett és végrehajtott tüzérségi lövészetek eredményei jelentették [2.].

Mindezek eredményeként **a tüzérségi lövedékek repeszhatásainak elemzésénél a lövedékek átütő hatására megállapított (érvényes) összefüggést használták olyan módon, hogy azt valamely 1 db repeszre vonatkoztatták [3.].** Vagyis,

$$S = \alpha \frac{q}{d^2} \log \left[1 + \left(\frac{V_c}{n} \right) \right] \quad (4.-1.)$$

Ahol,

S : a lövedék/repesz behatolási mélysége²

q : a lövedék/repesz súlya

d : a lövedék átmérője, vagy a repesz számított átmérője³

V_c : a lövedék/repesz becsapódási sebessége

α, n_i : a célok anyagi minőségeitől függő állandók, amelyek értékeit táblázatok tartalmazzák.⁴

A fenti – korabeli – tapasztalati összefüggés időtálló értékét az jellemzi, hogy az eltelt évszázadok során érvényessége, korlátozottan bár, de töretlen maradt.⁵ A formula állandóinak fizikai tartalmát ugyanakkor kizárólag korunk tudománya képes szabatosan értelmezni.

² S mértékegysége; láb, amennyiben q ; font, d ; láb és V_c ; láb/s egységekben vannak kifejezve.

³ A célba csapódó repeszek fajlagos – 1 db repeszre vonatkoztatott – becsapódási területéből számított kör átmérője.

⁴ Az állandók kísérleti úton (lövészeti, robbantási vizsgálati eredmények alapján) meghatározhatók.

⁵ Az összefüggés azokra a repesztöltetekre érvényes, amelyeknél a repeszek a robbanási folyamat során képződnek a töltettestek folytonosan összefüggő fémtest (köpeny, burkolat, záróelemek) szerkezeti egységeiből. Az összefüggés az előregyártott repeszelemeket (is) tartalmazó repesztöltetekre nem vonatkoztatható.

A XIX-XX. század ide vonatkozó felismerései a következők.

Valamely d vastagságú cél átütéséhez szükséges lövedék, vagy repesz-energia és repesz-sebesség az alábbi [4.]:

$$E = cD^{\frac{5}{3}}d^{\frac{4}{3}} \quad (4.-2.)$$

és⁶

$$V_c = C \frac{D^{0,75}}{P^{0,5}} d^{0,7} \quad (4.-3.)$$

Ahol,

E : a lövedék/repesz becsapódási energiája

c : a lövedék/repesz és a cél anyagi minőségeitől függő állandó⁴

D : a lövedék átmérője, vagy a repesz számított átmérője³

d : a cél vastagsága

V_c : a lövedék/repesz becsapódási sebessége

C : a lövedék/repesz és a cél anyagi minőségétől függő állandó

P : a lövedék/repesz súlya⁷

A SZERZŐK által használt mértékegységeknek megfelelően E : mkg, V_c : m/sec, amennyiben D, d : dm, P : kg, C és c : dimenzió nélküli számok.

Berezányi szigeten 1912-ben elvégzett igen nagyszámú kísérleti lövészet eredményei igazolták a XIX. században felismert alábbi (empirikus) összefüggés érvényességét, amely szerint [5]:

$$L = K_n \frac{q}{d^2} V_c \cos \alpha \quad (4.-4.)$$

Ahol,

L : a valamely lövedék, vagy repesz behatolási mélysége

K_n : a cél anyagi minőségétől függő állandó⁴

q : a lövedék/repesz súlya

d : a lövedék átmérője, vagy a repesz számított átmérője³

⁶ De MARRE által kidolgozott és elterjedten használt összefüggés [4.].

⁷ A hivatkozás szerinti összefüggés a súly fogalmat tartalmazza.

V_c : a lövedék/repesz becsapódási sebessége
 α : a lövedék/repesz becsapódási szöge, a célpont normálisához viszonyítva

Végül kiemelendő, hogy elméletileg leginkább megalapozott az alábbi – kísérleti úton, sokoldalúan ellenőrzött – összefüggés [6.]:

- amely lövedékek és repeszek valamely célba való behatolására egyaránt vonatkozik,
- amelynek rokonsága a (4.-1.) összefüggéssel nyilvánvaló, és
- amely jelenleg is használatos.

$$S_{\max} = \frac{G}{2bg\Pi R^2} \ln\left(1 + \frac{b}{a} V_v^2\right) \quad (4.-5.)$$

Ahol,

S_{\max} : a valamely lövedék-, repeszcsoponton belül a (valamely) lövedék, vagy repesz maximális behatolási mélysége

G : az S_{\max} értékhez tartozó lövedék/repesz súlya⁷

a, b : a lövedékek/repeszek, a cél és a környezet anyagi minőségétől függő állandók⁴

g : a nehézségi gyorsulás

R : a lövedék sugara, vagy a repesz számított sugara⁸

V_v : a lövedék/repesz becsapódási sebessége

A SZERZŐK által használt mértékegységeknek megfelelően S_{\max} : m, amennyiben G : kg, g : m/sec², R : cm, V_v : m/sec, a, b : dimenzió nélküli számok.

⁸ A célba csapódó repeszek fajlagos – 1 db repeszre vonatkoztatott – becsapódási területéből számított kör sugara.

4.1.2. A repeszek hatásjellemezői

A XIX-XX. század ide vonatkozó új felismerései a következők.

Időrendi sorrendben első és jelenleg is széles körben használatos az ún. JUSZTOV-képlet,

- **amelynek alapjait katonai tapasztalatok, haditechnikai kutatási eredmények és fizikai – elsősorban – mechanikai tudományos megállapítások jelentik, és**
- **amely repeszlövedékek vonatkozásaiban a lövedéktest-anyag, valamint a robbanóanyag mennyiségi és mechanikai-minőségi főbb paraméterei közötti összefüggés [5].**

$$N = \beta \frac{G}{D} \frac{\sigma_s}{\sigma_B \delta} \frac{\alpha^2 - 0,5}{\alpha^2 - 1} \quad (4.-6.)$$

Ahol,

N : a valamely lövedékből képződő repeszdarabok száma⁹

β : a robbanóanyag (anyag) minőségétől függő tényező¹⁰

G : a robbanóanyag súlya

D : a lövedék átmérője

σ_s : a lövedék fém-anyagának rugalmassági határa

σ_B : a fenti fémanyag szakítószilárdsága

δ : a fenti fémanyag relatív nyúlása

α : a lövedék szerkezeti felépítésétől (tehetetlenségi nyomaték-értékeitől) függő állandó¹¹

Továbbá a bányászati gyakorlat alapján a valamely kőzet-repszekivetés számítására – légüres térben – az alábbi összefüggések használatosak jelenleg [7].

⁹ N mértékegysége; db, amennyiben G ; g, D ; cm, σ ; kg/mm², S ; %, α , β ; dimenzió nélküli számok.

¹⁰ Tájékoztatólagul;

$\beta_{Melinit}$ = 50,

β_{TNT} = 46,

$\beta_{Ammonál}$ = 40,

$\beta_{Ammatol}$ = 30.

¹¹ Tájékoztatólagul; $1 < \alpha < 2$

$$v_0 = \mu \int_{t'}^{t''} \frac{pA}{m} dt \quad (4.-7.)$$

Ahol,

$$2500 \frac{W}{C_1} + 5d < t' < 2500 \frac{W}{C_1} + 100d \quad (4.-8.)$$

$$2500 \frac{W}{C_1} + 25d < t'' < 2500 \frac{W}{C_1} + 140d \quad (4.-9.)$$

És,

v_0 : a valamely repesz kezdeti sebessége

μ : a repesz szabad mozgását akadályozó – kísérleti úton meghatározható – tényező

t' : alsó integrálási határ, amely a robbanóanyag detonációját követő azon időpont, amikor a kőzet repedései (és hasonlóan: a harcanyag köpeny anyagában képződő repedések) kifutnak a felszínre.

t'' : felső integrálási határ, azon időpont, amikor a detonációs végtermék nyomása megegyezik a környező közeg nyomásával.

p : (közepes) detonációs nyomás

A : a repesz (elmozdulás irányára merőleges) felülete

m : a repesz tömege

W : az előtét nagysága (és hasonlóan: a harcanyag-köpeny vastagsága)

C_1 : hangsebesség az előtét (és hasonlóan: a harcanyag-köpeny) anyagában

d : a robbanóanyag-töltet átmérője

Az összefüggés felhasználásával v_0 10%-nál kisebb hibával kiszámítható.

Továbbá, a repeszhatás távolsága (L) levegőben:

$$L = S(\omega, j) \frac{2v_0^2}{g} (tg \varphi + tg \alpha) \cos^2 \alpha \quad (4.-10.)$$

Ahol,

S : függvény, amelynek értéke a levegőben és a vákuumban mozgó valamely repesz kivetési távolságainak hányadosa.

ω : a forgó repesz szögsebessége

j : a repesz lassulása (a légellenállás miatt) és a nehézségi gyorsulás hányadosa

φ : a repesz indulási helye és érkezési helye közé húzott egyenes és a vízszintes sík által bezárt szög

α : a repeszsebesség v_0 vektorának vízszintes síkkal bezárt szöge

Továbbá, a levegőben haladó repeszre ható közegellenállás (F) valamely t időpontban,

$$F = \frac{1}{2} c A \rho_l v_t^2 \quad (4.-11.)$$

Ahol,

ρ_l : a levegő sűrűsége

v_t : a repesz sebessége t időpontban

és

$$c = \frac{1,3}{D_r \rho_r} \quad (4.-12.)$$

D_r : a repesz számított átmérője

ρ_r : a repesz sűrűsége¹²

A szerző számításai szerint a szakirodalomban [8.] közölt repeszvizsgálati adatokra a fenti összefüggések a megjelölt pontossággal érvényesek.

¹² Mértékrendszer; SI. A (4.-7.)-(4.-12.) összefüggések állandói; dimenzió nélküli számok.

4.2. A repeszhatékonyságra vonatkozó megállapítások

A megállapítások a robbanó harcanyagok repeszhatékonyságaira vonatkoznak és – a 4.1. pontban foglaltaktól eltérően – a lövedékek hatékonyságaira csak részben. Ennek magyarázata az, hogy a hatékonyság értelmezése repeszeknél és lövedékeknél eltérő.

Valamely repesz harcanyag/harcirész repeszhatékonysága alatt a repeszhatékonysági mutató számszerű értéke értendő [7]. Ezen mutató – fizikai jelentésének megfelelő szabatos – definíciója a következő.

A mutató azon pásztázott terület nagyságát jelöli, amelyen lévő valamely cél, vagy célok leküzdésének (megsemmisülésének, vagy harcképtelenné válásának) valószínűsége nullánál nagyobb¹³ [5.].

A pásztázott terület a terep azon síkfelületre vonatkoztatott egyetlen összefüggő (vetület) területe, vagy több nem összefüggő rész-felület együttese, amelynek határai a következők:

- a repesz harcanyag/harcirész robbanási pontján áthaladó valamely szöveget bezáró két egyenes. És
- a repeszek pásztázási távolságának megfelelő sugarú körív, amely a fenti két egyenes között van.

A jelen kor tudományos színvonalán a repeszhatékonyságot az alábbi összefüggés fejezi ki elméletileg megalapozott egzakt formában:

$$S_{\text{át}} = \sum_1^n p_i S_i \quad (4.-13.)$$

Ahol,

$S_{\text{át}}$: a repeszhatékonysági mutató, amely azonosan egyenlő az ún. átszámított pásztázott (megsemmisítési) területtel

p_i : a valamely cél leküzdési valószínűségének (átlagos) értéke

¹³ Azok a területek, amelyekre a pásztázási magasságnál nagyobb induló szöggel rendelkező repeszek csapódnak – figyelmen kívül hagyhatók. Ennek magyarázata az, hogy ezeknek a repeszeknek mind a megsemmisítő, mind a harcképtelenséget okozó hatásai elhanyagolhatók.

S_i : az egyenlő leküzdési valószínűség vonalaival határolt valamely terület

Kiemelendő, hogy a fenti összefüggés kizárólag keretfeltételeket rögzít egzakt formában, ugyanakkor a harcanyag/harcirész tartalmi jellemzőinek explicit formái vagy az ezekre utaló kifejtések hiányoznak.

A fentiek azt jelentik, hogy **az összefüggés keretfeltételként bármely jelenlegi vagy a jövőben kidolgozásra kerülő harcanyagra alkalmazható**, mivel (a keretfeltételek) elméleti megalapozottsága a harcanyag szerkezetétől független – vagyis az (5.) szerinti korlátozó feltétel ide nem vonatkozik. Továbbá, az ismeretek jövőbeni bővülése a repeszhatékonysági függvények explicit formáit és a függvény-paraméterek fizikai tartalmait teszik/tehetik pontosabbá.

Továbbá, valamely egy db repesz hatékonysága alatt a cél leküzdésének képessége értendő, amely (definíciószerűen) a repesz-cél kölcsönhatás mérőszáma. Ennek megfelelően hatékony az a repesz, amely a leküzdés képességével rendelkezik.¹⁴

A hatásos repeszek, a leküzdés módjától függően a célt megsemmisítő képességgel, vagy harcképtelenné tevő képességgel rendelkezhetnek.

Megsemmisítés alatt a valamely cél sérülésének/sérüléseinek olyan mértéke értendő, amely annak további összes tevékenységét kizárja.

Harcképtelenné válás alatt a valamely cél sérülésének olyan mértékét kell érteni, amely azt a további harctevékenység folytatására alkalmatlanná teszi.

Megjegyzendő, hogy a fenti mértékek koronként is és célonként is (értelemszerűen) változnak és megalapozottan feltételezhető, hogy ez (a változás) a jövőre is jellemző lesz. A változás – végső soron – annak a

¹⁴ A definícióból következik, hogy valamely 1 db repesz nem (feltétlenül) küzdi le a célt, csupán alkalmas (lehet) arra, képessége – vagyis rombolási és roncsolási jellemzői – következményeként.

következménye, hogy a célok védettségének minősége – koronként is és a cél fajtánként is – mindez ideig folyamatosan nőtt és a növekedés várhatóan folytatódni fog a jövőben is.

Élőerő leküzdése vonatkozásában jelenleg megsemmisítő hatásúnak általában az alábbi acél-anyagú repeszeket tekintik [5.].

- **Tömeg: min. 4÷5 g.**
- **Becsapódási energia: min. 100 J.**

Továbbá **harcképtelenséget okozó hatásúak** – általában – **azok a repeszek, amelyek repeszjellemző értékei a fenti minimális értékek alatt vannak, de azokat közelítik.**¹⁵

A különféle **haditechnikai eszközök leküzdhetőségét** illetően általános **alapelv az, hogy a hatásos repeszjellemzők meghatározására a harceszközök konkrét fajtáinak (típusainak) ismeretében kerülhet sor.** A meghatározás alapját a kísérleti (lövészeti, robbantási) vizsgálatok eredményei és a (helyi) háborúk ide vonatkozó adathalmazai jelentik.¹⁶

5. ÖSSZEGZÉS, KÖVETKEZTETÉSEK

A jelen publikációban **bemutatásra kerültek a repeszképző harcanyagok/harcirészek repeszhatásaira és hatékonyságaira kidolgozott azon főbb fizikai-matematikai összefüggések, amelyek alapját a XVIII. századdal kezdődő tudományos felismerések képezték.**

Az összefüggések tartalma koronként különböző, ugyanakkor jellegük – időtényezőtől függetlenül – azonos, nevezetesen az, hogy mindezek megalkotására a rendelkezésre álló tudományos bázis színvonalán került sor – törekedve a tűzfegyverek lövedék-hatásainak minél pontosabb megismerésére.

¹⁵ Pontos számértékek nem határozhatók meg, ugyanis a katona egyéni védettsége fegyveres testületenként – általában – eltérő.

¹⁶ Példaként; a különféle légi célok leküzdését illetően (jelenleg) megsemmisítő hatásúnak minősülnek az alábbi (acél-anyagú) repeszek [9.].

- Tömeg : min. 10÷30 g.
- Becsapódási energia : min. 750÷1000 J.

A tudományos felismerések adatbázisait döntően a korabeli, majd a helyi és a Világháborúk tényadathalmazai, részben a haditechnikai célú kísérleti vizsgálatok eredményei szolgáltatták.

A tudományos ismeretek fokozatos bővülésének következményeként a hivatkozott összefüggések megalapozottsága nőtt, pontosságuk a mindenkori katonai igényeknek megfelelően fokozódott.

A több évszázad során felhalmozott – ide vonatkozó – ismeretanyag jelentőségét az jellemzi (talán) leginkább, hogy a jelenleg használatos egzakt hatás- és hatékonysági összefüggések mindezeket implicit formában változatlanul tartalmazzák.

Megállapítható ugyanakkor **a további kutatás szükségessége**, mivel az ide vonatkozó felismerések fizikai tartalmainak szabatos magyarázata a jelen kor tudományos színvonalán sem teljes, továbbá gyakorlati alkalmazásuk – különösen terepi körülmények között – nehézkes.

Bármely jövőbeni – akár csekély – eredmény, amely a repeszhatás és a repeszhatékonyság teljesebb és pontosabb megértéséhez járul hozzá – a harcoló katona és vele együtt mindnyájunk biztonságát növeli.

6. IRODALOMJEGYZÉK

[1.] **BRAUN, E.:** A tüzérség legújabb elvei és gyakorlata, Danzig, 1682.

[2.] **VOJENNŪJ ENCIKLOPÉDICSESZKIJ SZLOVAR,** Moszkva,

Vojennoje Izdatyelsztvo, 1986.

[3.] **WESSELY:** Tüzérség, Pétervár, 1857.

[4.] **HARMOS Z.-FERENCZY B.-IKVAY M.:** Tüzérlövésstan, Budapest, 1937.

[5.] **TÜZÉRSÉGI LŐSZEREK,** Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1952.

[6.] **ASZTALOS G.:** A lőszer szerkezete, tervezése és gyártása, Budapesti

Műszaki Egyetem Hadmérnöki Kara, 1951.

[7.] BOHUS-HORVÁTH-PAPP: Ipari robbantástechnika, Miskolc-Tatabánya, 1982.

[8.] FEGYVER- ÉS LŐSZERTECHNIKAI KÉZIKÖNYV, Budapest, 1984.

[9.] MOLNÁR L.: Implóziós robbantás, Kandidátusi értekezés, Budapest, 1992.