

Földi Ferenc

GONDOLATOK A HATÁSOSSÁGRÓL

(a kézi lőfegyverekkel vívott tűzharc szemszögéből
kiemelten a mesterlövészek tűzharcára)

Egy előző tanulmányomban meghatároztam a kézi lőfegyverekkel vívott tűzharc – ezen belül is a mesterlövészek tűzharca – lövész–lőfegyver–lövedék eszközrendszerétől (a továbbiakban: **Rendszer**) elvárható legfontosabb képesség követelmények közül a **pontosság** képességének számszerű követelményeit.

Ugyanilyen fontos követelmény a **hatásosság** képességének a követelménye, amely azt mutatja meg, hogy a **Rendszer** milyen mértékben képes kiiktatni a további harcból a megcélzott objektumot. Magától értetődik, hogy ennek a képességnek csak akkor van értelme, ha a **Rendszer** máskülönben képes eltalálni a célt.

A hatásosság képessége nem más, mint annak számszerűsíthető követelménye, hogy a lövedék képes-e a célobjektum harcképtelenné tételéhez szükséges – a célobjektum jellegétől függő mértékű – *energiát* közölni a célobjektummal. Egyszerűen fogalmazva, nem elég a célt eltalálni, azt olyan mértékben kell károsítani (energiával), hogy harcképtelenné is váljon. Ebből a követelményből adódik, hogy a szükséges energiamennyiség minden esetben az adott célobjektum fizikai jellemzőitől függ és teljesen más értékű fedetlen élőerő, vagy páncélozott objektum esetén. Mindenesetre a legfontosabb szabály, hogy ez a szükséges energiamennyiség kizárólag a célobjektumban értendő, ugyanakkor bizonyíthatóan valamilyen összefüggésben van a lövedék megindulási (közismert meghatározással: torkolati) energiájával. Minden fajta célobjektumhoz hozzárendelhető tehát egy minimálisan szükséges úgynevezett *károsító-energia* igény, amely energiamennyiséget a kívánatos eredmény elérése érdekében a lövedéknek a célobjektummal közölnie kell. Ezen értékek részletesebb meghatározására a későbbiekben visszatérek.

Tanulmányom tárgya – a mesterlövész harca – szempontjából az energiák lehetséges fajtái közül elsősorban a lövedék célobjektumba csapódásakor képviselt mozgási energiája jöhet törvényesen számításba¹. Első közelítésben feltételezve, hogy az energiaátadás 100% hatásfokkal megtörténik a célobjektumnak, a tényleges *károsító-energia* azonosnak vehető a lövedék becsapódási energiájával.

Az általánosan használt mesterlövész fegyverek (puskák) mindegyikére jellemző, hogy a lövedékük a károsító-energiáját saját mozgási energiájából nyeri. A lövedék röppálya-menti pillanatnyi mozgási energiája pedig a lövedék torkolati energiájának mértékével van szoros összefüggésben.

Tűzfegyverek alkalmazásakor a lőporban tárolt kémiai energia elégetéssel történő felszabadítása során keletkező gázok hőenergiájából nyert *lövedék mozgási energia* tekinthető a lövedék *torkolati energiájának* és ez az érték vagy gyárilag adott egy fegyver-töltény kölcsönhatásban, vagy a lövedék tömegéből és torkolati sebességéből számítható az:

$$E_0 = \frac{m_{\text{löv}} \times v_0^2}{2} \quad [\text{J}] \quad [1]$$

közismert képlettel, ahol:

E_0 = a lövedék torkolati energiája [J]

$m_{\text{löv}}$ = a lövedék tömege [kg]

v_0 = a lövedék torkolati sebessége [m/s],

természetesen figyelembe véve, hogy a torkolati sebességre megadott mérési adat a fegyvercső torkolatától valamilyen nem túl távoli helyen (néhány méterre) mért értékkel azonos, mivel a tényleges torkolati sebesség csak nagyon bonyolult (és roppant drága) mérési elrendezéssel lehetne mérhető és nem is minden lövedékszerkezet esetében. Tekintettel arra, hogy az eltérés nem több néhány m/s-nál, a teljes pontosságra való törekvés nem is igazán indokolható. Léteznek közelítő számítások a valódi v_0 meghatározására, mint például a néhány rögzített távolságban mért lövedéksebesség alapján a lövedék ballisztikai tényezőjének

¹ a feleslegesen szenvedést okozó lövedékek – köztük a robbanótöltet hordozók – alkalmazását a nemzetközi szerződések tiltják, bár attól még (főleg a 12.7 mm-es kaliberben) léteznek.

táblázatból² való meghatározása, majd a v_0 visszszámítása. Ennél lényegesen egyszerűbb – de nem pontosabb – a NATO standard módszer, ahol a v_0 értékét lineáris extrapolációval határozzák meg a 30 és 40 m távolságban mért lövedéksebességekből, a $v_0 = 3 \times (v_{30} - v_{40}) + v_{30}$ képlettel.

Ez az érték tekinthető a ballisztikus pályán repülő, póthajtás nélküli lövedék legnagyobb energiájának, azaz a célba-csapódáskor meglévő mozgási energia ennél csak kisebb lehet. Könnyen belátható tehát, hogy a lövedéknek a torkolati energiájából kell fedeznie az összes szükséges energiaigényét. Melyek ezek? Elsősorban a célobjektum leküzdéséhez mindenképpen szükséges *károsító energia* [E_K], ami egyes esetekben azonos a lövedék becsapódási energiájával [E_B], valamint az a szállító (transzportáló) energia [E_{Tr}], ami a károsító energia célba juttatásához szükséges. Az energiaegyenlet tehát a következő:

$$E_0 = E_B + E_{Tr} \quad [J] \quad [2]$$

A képletből azonnal kiolvasható, hogy a *transzportáló energia* mennyiségével csökken a becsapódási energia mértéke a torkolati energiához képest. Az E_K *károsító energia*-igény mértéke a célobjektumhoz kötődően viszonylag egyszerűen meghatározható. Fedetlen élőerő esetén, amikor a becsapódási és a *károsító energia* azonosnak tekinthető, azaz:

$$E_B = E_K \quad [J] \quad [3]$$

a szakmai konszenzus 40 – 240 J értékek között határozza³ meg a harc képtelenséghez elégséges energiamennyiség alsó határértékét. Nevezik ezt az értéket drámaiabban *ölőhatárnak* is. Én a továbbiakban a magasabb, $E_K = 200$ J értékkel kívánok számolni. Ha a célobjektum fedett (fedezék mögött tartózkodó, vagy kollektív, illetve személyi páncélzattal védett) élőerőnek tekinthető ez az érték magára az élőerőre nem változik, de figyelembe kell venni, hogy az elfedő-elem áttörése után a lövedéknek még mindig legalább ekkora energiával kell

² az un. GAU tábla: Таблицы внешней Баллистики для артиллерии – Москва 1955

³ Karl G. Seiller–Beat P Kneubuehl: Wound Ballistics (angolra fordította: Ruth Rufer és Jack Hawley) Elsevier Science B.V. Asterdam 1994. 303. old.; ahol a 40 J a francia, a 240 J a szovjet katona harc képtelenné tételéhez szükséges *saját maguk megadta* határérték. *Az átlagos angol szász érték csupán 80 J. Mint reális felső értéket vettem a 200 J-t tekintetbe (saját megjegyzésem)*

rendelkeznie, azaz a becsapódási energiának az $E_{\dot{A}}$ átütési energiával magasabbnak kell lennie, mint a *károsító energiának*, azaz:

$$E_B = E_{\dot{A}} + E_K \quad \text{vagy} \quad E_B \geq E_{\dot{A}} + 200 \quad [\text{J}] \quad [4]$$

A lövedék becsapódási energiája könnyen számítható az [1] analógiájára:

$$E_B = \frac{m_{\text{löv}} \times v_{\text{ct}}^2}{2} \quad [\text{J}] \quad [5]$$

képlettel, ahol:

$m_{\text{löv}}$ = a lövedék tömege [kg];

v_{ct} = a lövedék pillanatnyi sebessége [m/s], az adott céltávolságon.

Az [5] képlet alapján kijelenthető, hogy a mesterlövésznek ismernie kell az általa használt lövedék sebességét az adott céltávolságban, mert ekkor könnyen számíthatja a lövedéke becsapódási energiáját és meghatározhatja, hogy az meghaladja-e a 200 J értéket. Természetesen a helyzet soha nem ilyen egyszerű. Az *ölőhatár* fogalmához hozzátartozik az a követelmény, hogy ezt az energiamennyiséget a lövedéknek maradéktalanul közölnie kell az élőerővel. Könnyen belátható, hogy, ha a lövedék áthatol a célobjektumon (és továbbrepül), akkor a károsító energia mértéke nem azonos a becsapódási energiával, hanem annál kisebb, azaz:

$$E_K = \frac{m_{\text{löv}}}{2} \times (v_{\text{be}}^2 - v_{\text{ki}}^2) \quad [\text{J}] \quad [6]$$

ahol az eddig használt jelöléseken túl:

v_{be} = a lövedék becsapódási sebessége a célobjektumba [m/s];

v_{ki} = a lövedék kilépési sebessége a célobjektumból [m/s].

A kérdés csupán az, hogy a [6] szerinti károsító energia mennyisége elegendő marad-e a célobjektum harcképtelenné tételéhez, azaz $E_K \geq 200$ J? Erre ugyanúgy nehéz választ adni, mint ahogy arra, mennyire megbízható az *ölőhatár* energiamennyiség használata. Látni kell, hogy a v_{be} lövedék sebesség egy jól felkészült mesterlövész számára (a céltávolság és a lőtáblázat ismeretében) könnyen meghatározható, de a v_{ki} sebesség biztosan nem mérhető és alapvetően még csak

nem is becsülhető. Tekintetbe véve azt a tényt, hogy a modern puskatöltény lövedékek egyrészt a nagy lőtávolságok biztosítása (erről később), valamint a nemzetközi „emberiességi” szabályok betartása okából az emberi szervezetben nagy áthatolóképességgel rendelkeznek, viszonylag kisméretű, egyenes lőcsatornát képeznek a lágy testszövetekben. Ugyanakkor minden szépelgést félretéve egy mesterlövésznek *meg kell ölnie* a célszemélyt, különösen, ha az a VIP kategóriába tartozik és könnyű sérülése, illetve felépülése esetén további tevékenysége jelentős károkat okozna a saját erőnek. Ez az a mesterlövész alapkövetelmény, amit minden politikus és a legtöbb katonai felső-vezető böszén tagad, de a feladat végrehajtásban sohasem kifogásol. Ez a szakma így működik, erre lett kitalálva és éppen ezért különül el teljes mértékben, mind sajátosságaiban, mind követelményeiben az általános katonai feladatvégzéstől. Itt figyelembe kell venni azt a nemigen propagált szempontot is, amikor az európai erkölcsi szemlélet kivetüléseként a katonai szakma szemlélet is megköveteli, hogy a hadilövedék lehetőleg sebesítse, de ne okvetlen ölje meg a célszemélyt, szerencsésen találkozik azzal a harcászati előnnyel, hogy a sebesült katona ellátása, a tűzvonalból való kiszállítása legalább még két katonát elvon a harcfeladattól, illetve a sebesült ápolása, felgyógyítása szintén jelentős erőforrásokat köt le. Egy halottal a harcmezőn, a harci feladat közben viszont nincs túl sok teendő. A mesterlövész etikában ilyen gondolkodásmódnak csak akkor van helye, ha a sebesülés okozása nagyobb erőforrás kiesést okoz az ellenségnek, és ezzel jobban tehermentesíti a saját erőket, mint a halálos találat. Kérdés persze, hogy mesterlövészt érdemes és szabad-e ilyen jellegű feladatra felhasználni. Pont a mesterlövész halálosztó képessége az, amire ezt a fajta szélsőségesen specializált katona fajtát kitermelték a hadviselés évszázadai. A *halálos biztonság* igénye az a követelmény, ami megmagyarázza, hogy a mesterlövész által eredményesen támadható célfelület miért drámaian kisebb méretű a célobjektum egyébként eltalálható felületénél. Egy adott lövedéknek a 200 J határértéken is halálos sérülést kell okoznia a célobjektumnak, amely azonban csak a célobjektum egyes igen kicsiny – itt nem részletezendő – felületein behatolva érhető el.

Képletbe foglalva:

$$A_{co} \gg \sum A_h \quad [\text{cm}^2]$$

[7]

ahol:

A_{co} = a célobjektum teljes célozható felülete [cm^2];

A_h = halálos sérülés reményében célozható felület [cm^2]

azaz az élőerő mesterlövész által támadható célfelületeinek összessége mindig sokkal kisebb, mint az élőerő-célobjektum teljes támadható felülete. A [7] képletbe foglalt törvényszerűséget figyelembe véve viszont kimondható, hogy csak az A_h célfelületeken *elegendő* a 200 J, mint minimálisan szükséges *károsító energia* mennyiséggel számolni.

Ugyanez az analógia használható az esetek többségében a személyi páncélzattal védett élőerő mesterlövész által megvalósított támadásával kapcsolatban is, azaz a mesterlövész nem a páncélzattal fedett felületeket fogja alapesetben támadni, hanem a személyi páncélzat jellegéből adódóan fedetlenül hagyott, de halálos sérülés okozására is alkalmas felületeket. Mindkét esetben igaz tehát a [3] képlet, az eredményes találat valószínűsége a lőtávolság ismeretében (természetesen a lőtábla adatai alapján) meghatározható. A gyakorlatban azonban előfordulhatnak olyan szituációk, amikor – főleg a lövedékröppálya és a célobjektum egymáshoz képesti térbeli helyzete miatt – a cél csak a személyi páncélzaton keresztül támadható. Ekkor a [4] képletet kell alkalmazni, amihez viszont elengedhetetlen a személyi páncélzat átütéséhez szükséges E_A energia mennyiségének ismerete. Jól felkészült mesterlövész azonban pontosan ismeri, hogy milyen távolságból támadhatók eredményesen az ellenség rohamsisakjai, védőmellényei és azok kiegészítő betétei. Minden részletezés igénye nélkül megállapítom, hogy pl.: vannak olyan kiegészítő védőmellénybetétek, amelyek még a 7.62 mm-es kaliberű, hagyományos szerkezetű páncéltörő puska lövedékekkel sem lőhetők át. Meggyőződésem azonban, hogy egy ilyen jellegű tanulmányban ennek a kérdésnek a részletes boncolgatása legalább is etikátlan lenne, és feleslegesen hozna veszélybe arra rá nem szolgált személyeket. Mindenesetre a mesterlövészek kiképzése során nem lényegtelen ezekkel a kérdésekkel kellő mélységben foglalkozni, illetve számszerűsítve oktatni, hogy egy adott lövedékfajta alkalmazása során egy adott testvédelmi páncél átütése mekkora E_A energiát igényel.

Kollektív páncélzattal, vagy műszaki akadályokkal védett élőerő eredményes támadhatósága – természetesen csak abban az esetben, ha a célobjektum elhelyezkedése a védelem mögött pontosan meghatározható – ugyanúgy a [4] képlettel számítható, mint a személyi páncélzat esetében is, de az E_A mértékének meghatározása sokkal nehezebb, mint személyi páncélzatnál. Pontosán ismerni kell(ene) a lövedék áthatolási jellemzőit a szóban forgó anyagokon, amelyek a legtöbbször – éppen a gyártóművi adatok hiányában – csak kísérletekkel határozhatók meg. Homogén páncéllemezből képezett védelem esetén, amennyiben már legalább 1 lőtávolságban ismert a lövedék áthatolási képessége *esetleg* felhasználható a Jacob de Maar képlet⁴:

$$l = 0.7 \sqrt{\frac{v_c \times m^{0.5}}{D^{0.75} \times K}} \quad [\text{dm}] \quad [8]$$

ahol:

l = az átüthető páncéllemez vastagság [dm];

v_c = a lövedék becsapódási sebessége [m/s];

m = a lövedék tömege [kg];

D = a lövedék átmérője [dm];

K = átütési tényező

a [8] egyenlet K -ra való rendezésével kapjuk:

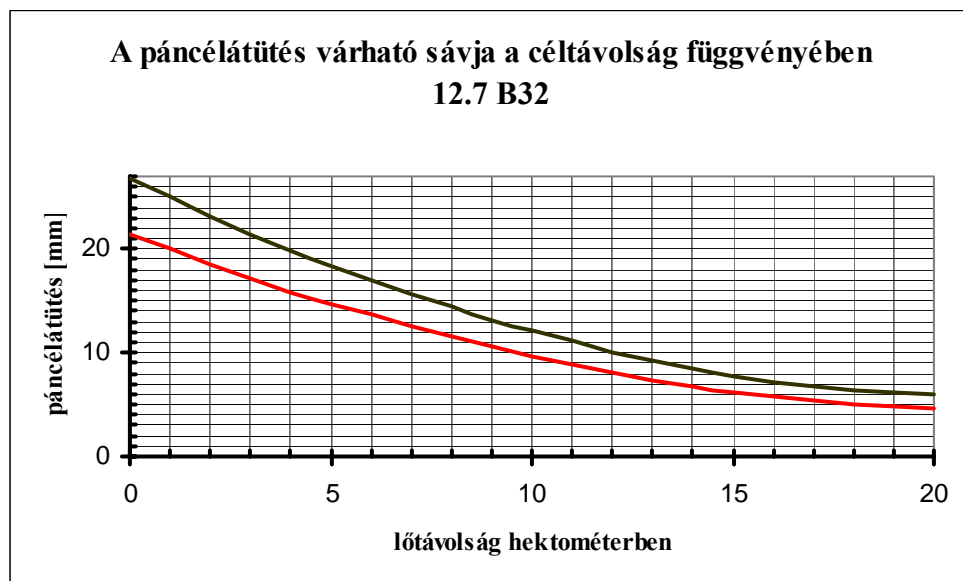
$$K = \frac{v_c \times m^{0.5}}{D^{0.75} \times l^{0.7}} \quad [9]$$

de a számítások elvégzéséhez már egy komolyabb képességű (legalább néhány lépésben programozható) zseb kalkulátor is szükségeltetik.

A [9] egyenlettel a megadott páncélátütéshez tartozó lőtávolságon mért lövedék becsapódási sebesség, a lövedéktömeg és kaliber, valamint a páncélátütés mértékének ismeretében meghatározható a K páncélátütési tényező, amely ugyan lövedék és anyagfüggő, de a becsapódási sebességtől független jellemző. A számított értékek természetesen mindig merőleges lövedék-becsapódásra értendők!

⁴ Közli: Híhalmi Harmos Zoltán: Tüzérlövésstan 394. oldalán; Magyar Királyi Honvédelmi Minisztérium kiadása Budapest, 1937. A közölt jelölések és dimenziók eredeti szöveg szerintiek.

Ezt az értéket visszahelyettesítve a [8] egyenletbe jó közelítéssel meghatározható az átüthető páncélvastagság. Ugyanakkor figyelembe kell venni az eltérő páncélminőségeket. A szovjet-orosz töltények lövedékeinek (különböző hazai „Löfe” szabályzatokban megtalálható) páncélatütési adatai jól felhasználhatók a számításokhoz, mert a vizsgáló páncéljuk minősége jobb volt, mint a NATO minőségű nyugatiaké, tehát a gyengébb minőségű páncél biztos átütése garantálható. A 12.7x107 mm-es (orosz) B32 lövedék páncélatütési képességére az ismert adatok behelyettesítésével a [8] képletbe kaptam az 1. számú ábrát:



1. számú ábra: a 12.7 mm-es B32 lövedék páncélatütő képessége a céltávolság függvényében

Az ábra alsó görbéje a lövedék műszaki dokumentációjában megadott adatok alapján számított értékeket mutatja, a felső görbe értékei saját méréseim adatainak felhasználásával végzett számításaimból származnak.

Az az általános tapasztalat, hogy ha a lövedék teljes kaliberben átütötte a páncéllemezt, akkor a lemez mögött a mozgási energiája még bőven meghaladja az *ölőhatárt*, ugyanakkor szabálytalanul kóvályogni fog és erős repeszhatást is produkál mind a lemezből, mind saját magából. Ebben az esetben tehát *elégséges* feltétel a páncél átütése.

Az eddig felsoroltak alapján a lövedék becsapódási energia igénye a [4] és [5] képletekkel már minden esetben számszerűen meghatározható.

Egyes azonos kaliberű lövedékfajták gyors összehasonlításához szívesen használom az Egerszegi János úr, a Magyar Ballisztikai Társaság alelnöke által alkotott lövedék ϵ_{EJ} jellemzőt, ami tulajdonképpen a [19] egyenlettel meghatározott ϵ_T ' érték reciproka, továbbá csak az ezres szorzóban különbözik⁵ a ballisztikai tényező [19a] egyenletének C konstansától (lásd ott):

$$\epsilon_{EJ} = \frac{d^2}{m_{\text{löv}}} \left[\frac{\text{mm}^2}{\text{g}} \right] \quad [10]$$

Minél kisebb az ϵ_{EJ} értéke, annál nagyobb lesz az áthatoló képessége, ezért egy ismert áthatoló képességű lövedékhez képest egy újabb lövedék áthatolás szempontjából legalább is besorolható.

A kérdés ezután az, hogy a szükséges mértékű becsapódási energiához milyen mértékű torkolati energiával kell ellátni a lövedéket. Ha a [2]-be behelyettesítjük a [4]-et kapjuk:

$$E_0 = (E_A + E_K) + E_{Tr} \quad [11]$$

amely képletben még az E_{Tr} *transzportáló energia* mértéke nincs meghatározva.

A *transzportáló energia* nagyságáról (az energiaigényről) kijelenthető, hogy az egyrészt a lövedék geometriai kialakításától és műszaki jellemzőitől, másrészt annak a közegnek a pillanatnyi és térbeni állapotától függ, amelyben a lövedék a röppályáját bejárja. Egy adott műszaki kialakítású lövedék röppálya menti lassulását a lövedék és az azt körbevevő közeg kölcsönhatása határozza meg. Általános (és mindennapi) esetben – amikor a lövedék adott állapotú **levegőben** járja be a röppályáját – a lövedékhez hozzárendelt számított, vagy kimért lőtáblázatok adatseregének vonatkozó adataiból lehet az adott lőtávolsághoz tartozó E_B becsapódási energia értékét kiemelni (vagy a becsapódási sebességből kiszámítani).

a [2] átrendezésével kapjuk, hogy:

$$E_{Tr} = E_0 - E_B \quad [J] \quad [12]$$

⁵ ebben az esetben a mm²/g és a m²/kg azonos numerikus értéket ad

ami azt jelenti, hogy a *transzportáló energia* hagyományos tűzfegyver lövedéke esetében a lövedék torkolati és becsapódási energiájának a különbsége. Miután ezek az adatok – amint már többször megállapítottam – az adott lövedék (egész pontosan a fegyver és lövedék részrendszer) küllballisztikáját leíró lőtábla alapadatai a mesterlövésznek (a Rendszer harmadik elemének) nincs más feladata, mint megállapítani, hogy az adott céltávolságban a lövedék becsapódási energiája meghaladja-e a [3], vagy [4] képlet szerinti energiaszükségletet. Ha az adott lőtávolsághoz tartozó becsapódási energia ennél az értéknél kisebb, akkor nem érdemes erről a lőtávolságról eredményt remélve célzott lövést megkísérelni, mert a fegyver-lövedék rendszer torkolati energiája eleve kevesebb a szükségesnél, bár néhány esetben nem kizárt más küllballisztikai jellemzőkkel bíró lövedék alkalmazása.

Egy adott kaliberben (pl.: 7,62x54R, vagy 7.62x51 NATO, vagy 7.62x63 Springfield [30-06 Spr.], stb.) a töltényeket általában többféle lövedékkel is szerelik, a könnyűlövedékektől a nehézlövedékekig. Egy adott konstrukciójú lövedék röppálya-menti mozgási energia veszteségét az adott kivitelre érvényes *ballisztikai tényező* (más megközelítésben ballisztikai együttható) értéke szabja meg.

A mozgási energia veszteségre (ami egyenlő a transzportálási energiával) felírható, hogy:

$$E = \frac{m_{\text{löv}} \times v_0^2}{2} - \frac{m_{\text{löv}} \times v_{\text{ct}}^2}{2} \quad \text{azaz} \quad E = \frac{m_{\text{löv}}}{2} (v_0^2 - v_{\text{ct}}^2) \quad [13]$$

tehát a lövedék kezdő és becsapódási sebessége négyzeteinek különbségével egyenesen arányos, így a lövedék lassulásának a függvénye. Végül is az adott célobjektum leküzdéséhez, ha az fedetlen élőerő, elegendő 200 J becsapódási energia, azaz az energiaegyenlet felírható:

$$200 = \frac{m_{\text{löv}} \times v_{\text{ct}}^2}{2} \quad [14]$$

és mivel a [13] képletben a v_{ct} lövedék becsapódási sebesség értéke a kérdéses, arra átrendezve és egyszerűsítve:

$$v_{ct} = \frac{20}{\sqrt{m_{löv}}} \left[\frac{m}{s} \right] \quad [15]$$

azaz elegendő, ha a lövész ismeri az általa éppen használt lövedék kg-ban számított tömege gyökének az értékét (ami egy könnyen megjegyezhető állandó adat), abból rögtön következik a szükséges minimális lövedéksebesség is a célban. Például a 7.62 mm-es 11.2 g-os 39M D nehézlövedék esetén ez 189 m/s, 9.7 g-os LPSz lövedék esetén már 203 m/s, vagy 12.7 mm-es B32 lövedék esetén csupán 91 m/s. Kérdés marad azonban, hogy ezek a lövedék sebességek milyen lőtávolságokhoz tartoznak, azaz milyen távolságon belül lehet a *biztosan hatásos* találatra számítani?

A legegyszerűbb esetben a mesterlövésznek rendelkezésre áll a fegyver-lövedék részrendszer legalább olyan részletes lőtáblázata, amely a lőtávolságokhoz tartozó lövedéksebességeket is megadja. Mivel ezek a lőtáblázatok általában 100 m-es (vagy 100 yardos) lépésként adják meg az adatokat, a legcélszerűbb a szükséges sebességhez legközelebbi nagyobb sebességhez tartozó lőtávolságot felső korlátnak figyelembe venni (az E_B biztosan nagyobb lesz, mint a szükséges E_K).

Lőtáblázat hiányában a feladat a terepen megoldhatatlan. A feladatra való előkészületek során („tantermi körülmények között”) viszont néhány számítás elvégezhető. A röppálya-menti sebességvesztés ütemére a már említett *ballisztikai tényező* ad útmutatást. Ugyanakkor mérésekkel az is bizonyítható, hogy ez a jellemző erősen függ a lövedék pillanatnyi sebességétől (még akkor is, ha annak a levegőrétegnek, amelyben a lövedék halad, a jellemzői konstansnak értékelhetők), tehát nem tekinthető abszolút állandónak. A ballisztikai tényező kiszámítására használatos a következő képlet:

$$c = \frac{i \times d_{löv}^2}{m_{löv}} \times 1000 \left[\frac{m^2}{kg} \right] \quad [16]$$

vagy egy adott lövedékre egyszerűsítve ($d_{löv}$ és $m_{löv}$ állandó):

$$c = i \times C \left[\frac{m^2}{kg} \right] \quad [16a]$$

Ahol az eddig használt jelöléseken kívül:

c = a ballisztikai tényező

i = alaktényező; dimenzió nélküli, adott feltételek között állandónak tekinthető szám

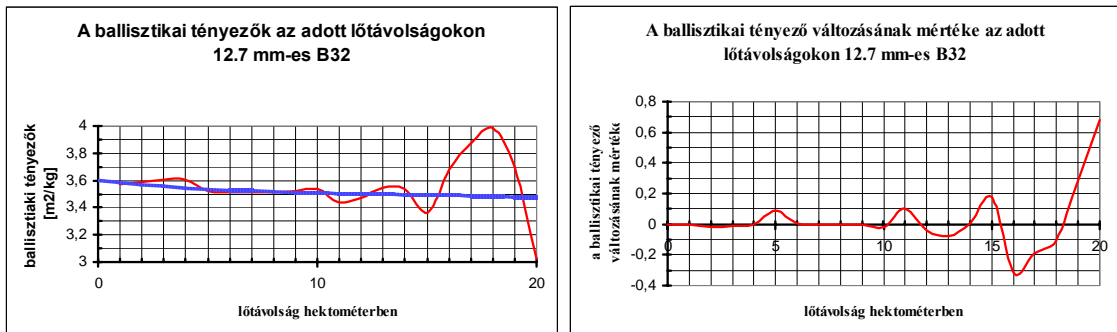
C = az állandó értékű tömeg, átmérő és szorzó alkotta konstans.

Továbbá az i meghatározásához használható pl.: 12.7 mm-es B32 lövedék alkalmazása esetén (nagykaliberű mesterlövészek előnyben!) dr. Piroska György úr, a Magyar Ballisztikai Társaság elnöke által meghatározott harmadfokú polinom⁶:

$$i = 1.084206 - 5.353871 \times 10^{-5} \times L + 3.313005 \times 10^{-8} \times L^2 - 8.085477 \times 10^{-12} \times L^3$$

ahol: L = lőtávolság [m]

Egy adott lövedék c ballisztikai tényezőjének a 2. számú ábrán (amely a 12.7 mm-es B32 lövedék alaplőtáblájából⁷ vett lövedéksebesség adatokkal a GAU táblás saját számításaim alapján meghatározott ballisztikai tényezőket tartalmazza) látható mértékű változása, illetve az idézett polinom alapján érzékelhető, hogy az i értéke erősen lőtávolságfüggő és csak adott lőtávolságokhoz tartozóan tekinthető állandónak, amint azt a dr. Piroska-féle polinom is bizonyítja.



2. számú ábra: a 12.7 mm-es B32 lövedék ballisztikai tényezőjének változása a röppályán

A 2. számú ábra bal oldali diagramjában szereplő folyamatos vonallal jelölt c ballisztikai tényező értékek mindig csak két, 100 m különbségű (pl.: 200–300 m) röppálya szeletben érvényesek, míg a pontozott, a dr. Piroska-féle polinommal számított görbe c értékei az adott lőtávolságig meghatározott átlagértékeknek

⁶ Dr. Piroska György úr szóbeli engedélyével közlöm

⁷ Руководство по 12,7-мм пулемету „Утеc” (НСВ – 12.7). Органа Трудового Знамени Военное Издательство Министерства Обороны СССР; Москва – 1978; Приложение 4 (204. – 205. old.)

tekinthetők. A számítható, vagy rendelkezésre álló c ballisztikai tényező érték és a lövedék v_0 torkolati sebesség és a v_{ct} ismeretében meghatározható a v_{ct} -hez tartozó lőtávolsága is következő képlet felhasználásával:

$$c \times x = D(v_0) - D(v_x) \quad [17]$$

ahol:

x = a céltávolság [m];

$D(v_0)$ és $D(v_x)$ = az aktuális távolságon igaz lövedéksebességhez tartozó Siacchi-függvények numerikus megoldásának értékei.

A $v_{ct} = v_x$ helyettesítéssel a [17] megoldható x -re:

$$x = \frac{D(v_0) - D(v_{ct})}{c} \quad [18]$$

amely eredmény már a keresett lőtávolságot adja. A számítási eljárásnak csak annyi árnyoldala van, hogy a Siacchi függvények numerikus megoldásait tartalmazó táblázatok (pl.. a GAU-tábla) a legritkább esetben (gyakorlatilag sohasem) állnak a mesterlövész rendelkezésére, tehát esélye sincs arra, hogy ezeket a számításokat képes legyen elvégezni. A nemzetközi szakmai gyakorlat azonban már érezhetően túllépett ezen a problémán, mert a – főleg a **Rendszer** pontosság-képesség biztosításának elengedhetetlen feltételét jelentő – katonai kivitelű zsebszámítógépek (pantopok) egyes nálunk sanyarúbb sorsú NATO társak katonai (és rendvédelmi) mesterlövészei számára biztosítottak (általában egy közvetlen csatlakoztatású kézi meteorológiai mérőműszerrel együtt). Tekintettel arra azonban, hogy a külballisztikai jellemzők alapértékektől való eltéréseinek kevésbé drámai a befolyása a hatásosság-képességre, mint a pontosságra egy adott lövedékhez tartozó alap lőtáblázat birtoklása és használata már lényegesen előnyösebb helyzetbe juttat. Ebből a v_{ct} sebességhez tartozó céltávolság könnyen kiolvasható.

Az épp alkalmazott lövedékünk hatásosság-képességének gyors megítélésére használhatjuk a *keresztmetszeti terhelés* jellemzőt, amely nem más, mint a lövedék tömegének [$m_{löv}$] és keresztmetszetének [$A_{löv}$] a hányadosa:

$$\varepsilon_T = \frac{m_{löv}}{A_{löv}} \left[\frac{g}{mm^2} \right] \quad [19]$$

erről a viszonyozámról mindössze annyit érdemes megjegyezni, hogy minél magasabb az értéke, annál kevesebb lesz a lövedék E_{Tr} transzportáló energia igénye, magyarul annál kisebb mértékben fog a röppályán a lövedék lassulni, mozgási energiát veszíteni. Sajnos ez az eltérés azonban egyszerű lineáris arányossággal nem írható le. Felhasználható azonban egy ismert és lőtáblázzal rendelkező lövedék hatásosság-képességével való összevetésre és igen durva becslésre. Egyes újabb források egyszerűbb változatát alkalmazzák a [19] képletnek, a $\pi/4$ egyszerűsítést alkalmazva:

$$\varepsilon_T' = \frac{m_{löv}}{d_{löv}^2} \left[\frac{g}{mm^2} \right] \quad [19a]$$

ahol:

$d_{löv}$ = a lövedék kalibere mm-ben,

figyelembe kell venni azonban, hogy a két eltérő ε_T és ε_T' értékek nem vehetők össze a mintegy 21%-os eltérésük miatt. A magam részéről szívesen használom még a *fajlagos energiasűrűségnek* nevezett együtthatót is, amely a lövedék pillanatnyi energiájának $[E_{löv}]$ és felületének a hányadosa:

$$\varepsilon_{Es} = \frac{E_{löv}}{A_{löv}} \left[\frac{J}{mm^2} \right] \quad [19b]$$

és a hagyományos szerkezetű lövedékek küllballisztikai viselkedésének összehasonlításán túl a célban kifejtett hatások jó összehasonlításul is szolgál. A [19] és [19a] képletek értelmében adott kaliberben általában a lövedéktömeg növelésével lehet az ε_T értékét növelni, ugyanakkor a fegyverszerkezet kímélése, vagy egyáltalán szilárdsági okokból ez szinte minden esetben a lövedék torkolati sebességének csökkenésével jár együtt. Vitathatatlan, hogy a lövedéktömeg növelése – a sebesség változatlanul hagyása mellett – nagyobb terhelést okoz a lövésre, mert megnő a lövés impulzusa. Ha például a 7.62x54R kaliberű 39M töltény 9.7 grammos LPSz lövedéke helyett a 11.2 g-os D lövedéket használnánk, a lövedékek torkolati sebességét egyenlő értéken tartva, akkor a lövés impulzusa mintegy 14 %-kal nőne (ez az a fizikai jelenség, amit a lóvész a vállán érzékel). A másik út a lövedék keresztmetszetének a csökkentése lenne, ami azonban egy adott

kaliberben csak leváló-köpenyes lövedék alkalmazásával valósítható meg. Ebben az esetben azonban a lövedék pontossága lesz igencsak kérdéses, nem beszélve arról, hogy egy nyíllövedék célballisztikai tulajdonságai jelentősen eltérnek a hagyományos lövedékétől. A legutóbbi időkben kezdenek elterjedni a hagyományos „csónaktestű” kialakítástól eltérő, ún. „kis légellenállást biztosító” alakú lövedékek, amelyek jelentősen kisebb transzportáló energiaigényűek, ezért a röppálya menti mozgási energia veszteségük is lényegesen alacsonyabb. Természetesen ezekhez is külön lőtáblázatok készülnek, az adott kaliber úgynevezett alaplőtáblázatainak adatai még megközelítőleg sem alkalmazhatók.



**hagyományos
12.7x107 mm-es orosz B32 lövedék**



**kis légellenállású
12.7x99 NATO Hornady A-Max lövedék**

3. számú ábra: 12.7 mm-es lövedékek összehasonlítása

Mindezek alapján, bár nem zárható ki az alap lőtáblázat adatoktól kedvezően eltérő transzportáló energia igényű lövedék alkalmazása, nagyobb a valószínűsége annak, hogy a mesterlövész az alap lőtáblázat adataiból határozza meg a célobjektumhoz rendelhető optimális lőtávolságot. A lövedék viselkedése a normálistól⁸ jelentősen eltérő, vagy rétegesen változó légállapotok esetén, alapvetően a pontosság képességét befolyásolja, de nem zárható ki jelentős transzportáló energiaigény növekedés sem. Emiatt a mesterlövész számára elengedhetetlen olyan lőtáblázat használata, amely az ilyen esetekben érvényes helyesbítéseket, vagy azok gyors meghatározását elősegítő számítási módszereket is tartalmazza.

Kijelenthető tehát, hogy a mesterlövész a saját mesterlövész puskája és tölténye (lövedéke) – mint részrendszer – egymáshoz rendelésével elkészített lőtáblázata alapján, valamint az általa teljesen felmért célobjektum jellemzők (amibe beletartozik a cél távolságának, védettségeinek, stb. meghatározása) ismeretében eldönti, hogy az adott lőtávolságból egyáltalán lehetséges-e egy hatásos (azaz a **Rendszer** hatásosság-képességének megfelelő) lövés leadása. A

⁸ Normál állapotúnak tekinthető az ICAO előírás szerint a 288 K hőmérsékletű, 0.10135 MPa nyomású, 1,205 g/m³ sűrűségű, 0% relatív páratartalmú levegő közeg.

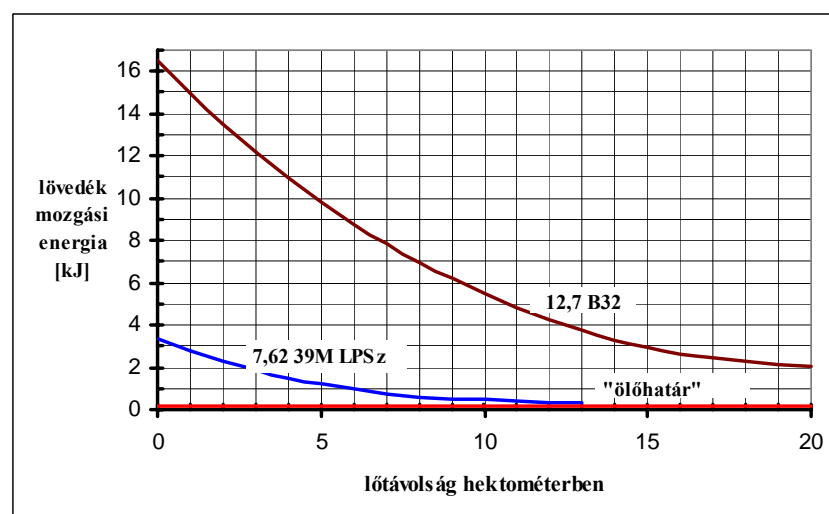
mesterlövésznek tehát meg kell vizsgálnia, hogy az adott lőtávolságon a lövedék becsapódási energiája egyszerű esetben meghaladja-e a 200 J, fedett cél esetében az E_A+200 Joule értéket. Amennyiben a válasz nemleges, vagy kétséges, akkor vagy megvárja, hogy a cél közeledjen tüzelőállásához, vagy ő közelíti meg a célt a hatásosság-képességi szerinti lőtávolságon belüli távolságra. Nem élőerő elleni harc esetén természetesen nem a 200 J, hanem az adott célobjektum megsemmisítéséhez szükséges E_K energiaszükséglettel kell számolni.

Összefoglalva az eddigieket megállapítom, hogy egy mesterlövésznek bírnia kell fegyvere és annak lövedéke olyan külsőballisztikai adatainak pontos ismeretét, amelyekből a lövedék röppálya menti (a cél távolságához köthető) mozgási energia értékeit meg tudja határozni, és a célobjektumot csak abban az esetben szabad megtámadnia, amennyiben a lövedék becsapódási energiája biztosítja annak harcképtelenné tételét. Ennek hiányában a célobjektum képes lehet:

- aktív ellentevékenységre (visszatámadás);
- passzív ellentevékenységre (fedésbe, rejtésbe vonulás).

illetve a célobjektumot esetleg védő szervezet biztosan képes lesz aktív ellentevékenységre és a cél kivonására a támadható háromdimenziós térrészből.

A felsorolt esetekben a mesterlövész egyrészt nem hajtja végre a feladatát és ezzel magát, és oltalmazandó társait hozza veszélybe, másrészt nagyobb óvatosságra ösztönözve a célobjektumot a feladat sikeres újbóli megkísérlésének az esélyeit jelentősen rontja, vagy lehetetlenné teszi.



4. számú ábra: a lövedékek mozgási energiájának változása a röppályán

Az egyes, a mesterlövészek szokásos kalibersávjába (7.62 – 12.7 mm) tartozó lövedékek (töltények) lőtáblázatait tanulmányozva megállapítható továbbá, hogy fedetlen élőerő elleni harc esetén a mesterlövész lőtávolságát nem a hatásosság, hanem a pontosság képessége fogja meghatározni. Mint ahogy a 4. ábrán látható, ezekben a kaliberekben az *ölőhatár* energiamennyiségi-követelményt jelentő 200 J a lőtáblázatok szerinti teljes lőtávolságokon rendelkezésre áll, míg a pontosság képesség szerinti maximális lőtávolság mindig jóval kevesebb, mint a lőtábla szerinti maximális.

A hatásosság képessége – mint ahogy az az eddigiekből is belátható, nem tekinthető a **Rendszer** saját képességének, hanem csak a fegyver-lövedék részrendszerének, mert a mesterlövész, mint a **Rendszer** humán eleme ezt a képességet csak a lehetőségek hibás felmérésével tudja befolyásolni, a lövésfolyamat (a **Rendszer** tényleges működése) közben – amennyiben a pontosság képessége máskülönben megvalósul – azonban már nem.

Azt a képességet viszont, hogy a mesterlövész saját részrendszere hatásosságát az adott célobjektumra minden esetben megfelelő pontossággal tudja megítélni csak igen magas színvonalú kiképzéssel, a részrendszer műszaki jellemzőinek pontos megismertetésével, valamint a célobjektum jellemzőinek megfelelő szintű felismerésének oktatásával és gyakoroltatásával lehet kifejleszteni. Ennek elmulasztása végső soron a mesterlövész alkalmazását teszi értelmetlenné.

Amennyiben az MH belátja, hogy mesterlövész katonát (szakembert) nem lehet SzVD *távcsöves* puskára építve kiképezni és alkalmazni, és végre valódi mesterlövész puskákkal látja el az érintett állományt, akkor azt is be kell egyidejűleg látnia, hogy a drága fegyver mit sem ér a célnak megfelelően kimagasló (általában match) minőségű töltények és a szükséges hordozható (zsebben elférő) számítástechnikai háttér biztosítása nélkül. A lőtávolság pontos (legalább ± 10 m-en belüli) meghatározása mind a pontosság, mind a hatásosság szempontjából elengedhetetlen. A modern katonai mesterlövész feladatokban egyre inkább tért nyer a nagytávolságú pontos és hatásos lövés képességének a követelménye, nekünk fel kell nőni ehhez a feladathoz, aminek a műszaki kérdéseit egy másik tanulmányban tervezem kifejteni.

Felhasznált irodalom:

Híhalmi Harmos Zoltán: Tüzérlövésstan; Magyar Királyi Honvédelmi Minisztérium kiadása Budapest, 1937.

Таблицы внешней Баллистики для артиллерии – Москва 1955

Руководство по 12,7-мм пулемету „Утес” (НСВ – 12.7). Органа Трудового Знамени Военное Издательство Министерства обороны СССР; Москва – 1978.

Karl G. Seiller–Beat P Kneubuehl: Wound Ballistics (angolra fordította: Ruth Rufer és Jack Hawley) Elsevier Science B.V., Asterdam 1994.

Textbook of Military Medicine (főszerkesztő: colonel Russ Zajtchuk, MC, U.S. Army, Conventional Warfare) – Ballistic, Blast, and Burn Injury (speciality editors Ronald Bellamy – Russ Zajchuk); Walter Reed Army Medical Center Walter Reed Army Institute of Researc, Wasington D.C. (évszám nélkül)

www.hornady.com

www.fcsa.co.uk/reloading_data2.htm

Ábrák:

1. számú ábra: a 12.7 mm-es B32 lövedék páncélatütő képessége a céltávolság függvényében (saját grafika)
2. számú ábra: a 12.7 mm-es B32 lövedék ballisztikai tényezőjének változása a röppályán (saját grafika)
3. számú ábra: 12.7 mm-es lövedékek összehasonlítása (a baloldali fotó saját, a jobb oldali forrása: www.hornady.com)
4. számú ábra: a lövedékek mozgási energiájának változása a röppályán (saját grafika)