

Dr. Laczik Bálint*

Fejezetek a ballisztika XV. századi történetéből

Az Orbán-ágyú

A világalomra törekvő II. Mehmed (1432–1481) oszmán-török uralkodó hadserege 1453-ban elfoglalta a Bizánci (Keletrómai) Birodalom fővárosát, Konstantinápolyt, a mai Isztambul. Az újkor történelmét döntően meghatározó eseményben fontos szerepet kapott a szultán szolgálatába szegődött, Erdélyben született tudós ágyúöntő és pattantyús, bizonyos Orbán mester.

A vallási kérdésekben meglepően türelmes török hatalom igen sikeresen hasznosította a keresztény államokból hitbéli, vagy más okok miatt menekülni kényszerült szakemberek tudását. Például a XV. században kezdődött ibériai zsidóüldözés, majd később a reformáció különféle ágazatainak menekültjei igen gyakran szegődtek a török szultánok szolgálatába.

A XV–XVII. századi oszmán-török birodalomban a társadalmi mobilitás lényegesen nagyobb volt, mint a korabeli európai országokban. A muszlim vallást felvevő, és a szultán szolgálatában elért eredményeikkel kitűnő katonák, valamint civil szakemberek gyakran magas, olykor éppen-séggel a legmagasabb állami méltóságokig is emelkedhettek. [12]

TÖRTÉNELMI FELJEGYZÉSEK

A Konstantinápoly különlegesen vastag, erős várfalainak ledöntésére használt Orbán-féle óriás ágyú az 1453-as ostrom során – állítólag az alkotóját is megölve – felrobant. Az eredeti löveg 1464-ben készült másolatai azonban – az ún. Dardanella-ágyúk – az angliai Hampshire melletti Fort Nelson erőd Royal Armouries múzeumban, valamint az isztambuli Hadtörténeti Múzeumban mindmáig megcsodálhatók.

Orbán mester ágyújának története több XV. századi krónikából is ismeret. [1], [2] A görög nyelvű szövegek magyar fordításai a szűkebb szakmai közönségnek szóló [3], valamint a Horthy-rendszer demonstratív, hazafias propaganda kiadványában [4] olvashatók. A török nemzeti büszkeség emlékeztető eseményét feldolgozó [5] film patetikus háttérbe ágyazva mutatja be Orbán személyét és csodafegyverét. A közelmúltban magyar nyelven megjelent kötet [15] népszerűsítő stílusban, de alapos feldolgozás nyomán,

számos történeti forráskutatásra támaszkodva ismerteti az óriás ágyú történetét.

A magyar nemzetiségű Orbán öntőmester, az egykori krónikák szerint 1452 körül érkezett Konstantinápolyba. A korabeli, szolgálatot kereső „műszaki zsoldosok” tipikus figurájaként ágyúöntő tudományát először Konstantin görög császárnak kínálta fel. A súlyos pénzügyi nehézségekkel küzdő uralkodó által felajánlott fizetést Orbán azonban kevesellte, és a Keletrómai Birodalom fővárosának elfoglalására készülő szultán udvarába ment. II. Mehmed megadta az igényelt javadalmazást, és a szükséges technikai feltételeket is biztosította. Óriási munkával, 1453 januárjára elkészült a hatalmas ágyúcső, amely a szultán drinápolyi (ma: Edirne) palotája mellől sikerrel adta le az első próbálóvést.

A rekonstruált méretek alapján, a bronz anyagok 7800–8800 kg/m³ sűrűségével számítva kb. 112–126 t össztömegű – a próbálóvés után aligha megbontott – ágyúcsövet óriási erőfeszítéssel, átlagosan naponkénti 4 km-es meneteljesítménnyel sikerült Konstantinápoly falai elé vonszolni.

Az óriás ágyú naponta ugyan csak egy lövést adott le, ám tényleges romboló és lélektani hatása minden elképzelést felülmúlt. A falakat és a város keresztény védőit igen eredményesen pusztító lövegcső azonban (egyes krónikák szerint alkotóját is megölve) hamarosan felrobbant. Más források szerint Orbán túlélte Bizánc ostromát, és a szultán gazdagon megjutalmazta szolgálataiért.

Az alábbiakban az Orbán-féle ágyú sajátosságait kívánjuk rekonstruálni. A lövésszaki jellemzőket a sima csövű fegyverek XVIII–XIX. századi brit és észak-amerikai szakirodalmában használatos bel- és küllballisztikai modell segítségével vizsgáljuk. [6], [7], [8], [9], [10], [11]

AZ ORBÁN-ÁGYÚ KONSTRUKCIÓJA

Az Orbán-ágyú megsemmisült, a leírások és a megmaradt korabeli tűzérési fegyverek alapján azonban meglehetősen biztonságosan rekonstruálható az eredeti kialakítás. Az Orbán-ágyú másolatai mellett közismert a skót főváros, Edinburgh nevezetessége, a „Mons Meg” (1. ábra). A löveg történetét, konstrukcióját és ballisztikai sajátosságait a

ÖSSZEFOGLALÁS: A tanulmány, szakirodalmi források alapján a Konstantinápoly 1453-as ostrománál alkalmazott Orbán-féle ágyú ballisztikai sajátosságait vizsgálja. A szerző a tudományos ballisztika XVI. – XIX. századi fejlődésének néhány mozzanatát is bemutatja. Az Orbán-féle ágyú lőtábláinak rekonstruálására a naiv küllballisztika differencia modelljét használja fel.

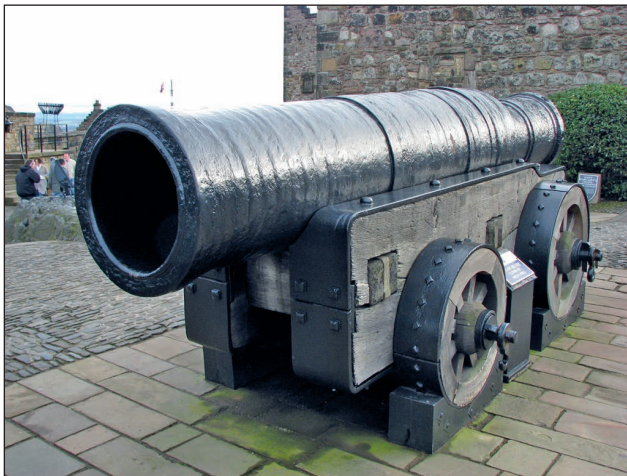
KULCSSZAVAK: Konstantinápoly 1453, Orbán-ágyú, ballisztika

ABSTRACT: The study, based on literature sources, examines the ballistic characteristics of the Orbán's cannon used in the siege of Constantinople in 1453. The author also presents some moments in development of scientific ballistics through the period of XVI–XIX centuries. To reconstruct the range tables of Orbán's cannon, the author uses the difference model of naive external ballistics.

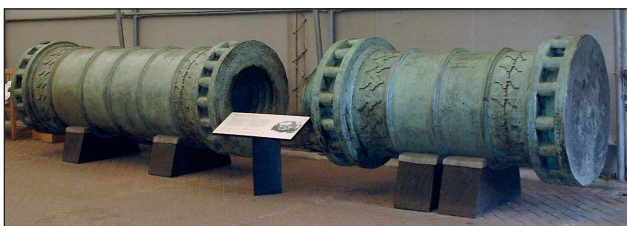
KEY WORDS: Constantinople 1453, Orbán's cannon, ballistics

* Nyugállományú mérnök, korábban a Budapesti Műszaki Egyetem címzetes docense. ORCID: 0000-0001-5987-662X





1. ábra. A Mons Meg löveg az edinburghi várban [16]



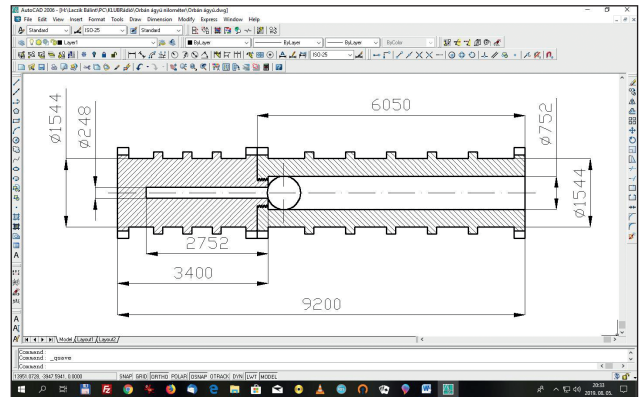
2. ábra. Az Orbán-ágyú másolata az angliai Royal Armouries múzeumában [17]

különösen gazdag forrásirodalommal ellátott [13] tanulmány tárgyalja. A 20”, mintegy 0,5 m űrméretű ágyú kb. 150 kg tömegű lövedékének lőtávolsága – állítólag – elérte a 2 mérföldet (3,2 km-t). Ám a valóságban, dokumentáltan leadott lövések csupán néhány nevezetes esemény, uralkodói koronázás üdvözlésére korlátozódtak.

A XV. században készült, hatalmas ágyúk csöve jellegzetesen két darabból, a kisebb átmérőjű lőporkamrából és a nagyobb átmérőjű lövegcsőből állt. Az elemeket zsigorkötéses, kovácsolt gyűrűk erősítették, a tagokat menetes kapcsolat rögzítette egymáshoz.

Az Orbán-ágyú öntvényformáinak készítését és a bronzöntés folyamatát meglehetősen részletességgel tárgyalják az [1], [2], [3], [4] források. Nem ismertek azonban az öntvénydarabok befejező megmunkálásának részletei. A csőtagok díszítését, a díszes, arab nyelvű feliratok, és különösen a

3. ábra. Az Orbán-ágyú csőtagjait összekapcsoló csavarfelület [17]



4. ábra. Az Orbán-ágyú rekonstruált keresztmetszete. A méretek mm-ben (az ábra a szerző saját szerkesztése)

két darabot összekapcsoló orsó- és anyamenetek alakjátosságait döntően az öntvények formaüregei határozták meg. A korabeli gyártástechnológiai ismeretében aligha képzelhető, hogy az orsó- és anyamenetek, valamint a két csődarab csatlakozó homlokfelületeinek utólagos megmunkálását esztergálással végezték volna.

Az ágyú [6] forrás adatai alapján rekonstruált keresztmetszetét a 4. ábra szemlélteti.

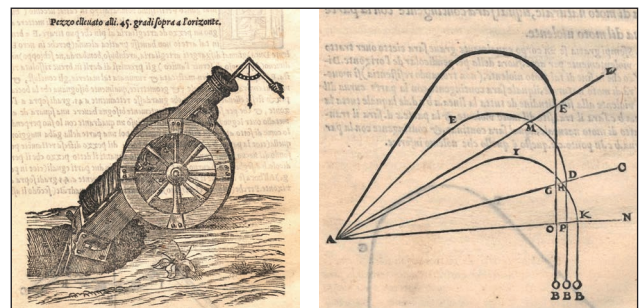
Gárdonyi Géza, az Egri csillagok című regényébe csaknem szó szerint emelte át az Orbán-ágyú öntésének technológiáját leíró kortárs görög krónikás szövegét. [3] A XV–XVII. századi török szultánok tüzérségét bemutató [12], igényes összeállítást olvasva különösen érdekes a szépiró Gárdonyinak az egrí várat ostromló török hadsereggel, és különösen a tüzérséggel kapcsolatos, igen alapos, részletekbe menő tájékozottsága.

A BALLISZTIKA KORAI SZAKKÖNYVEI

Európában a fekete, füstös lőpor alkalmazása a XIV. században kezdődött. A középkori harctereken mindinkább meghatározó jelentőségű tűzfegyverekről hamarosan megjelennek a használatukat és gyártásukat ismertető leírások is.

A ballisztika tudománya a XVI. században kezdődött. Az ágyúcsőből kilőtt lövedék pályájának alakjával elsőként – a harmadfokú algebrai egyenlet egyik megoldó képletét is felfedező – Niccolò Fontana Tartaglia¹ (1499–1557) Nova scientia (1538) című könyve foglalkozott. Tartaglia jó gyakorlati érzékkel a legnagyobb lőtávolságot adó csőemelkedési szöveget 45°-ban állapította meg. A röppálya alakját azonban teljesen tévesen, az induló, ferde egyenes szakaszhoz érintőlegesen csatlakozó körív, majd a körívet érintőlegesen folytató, függőleges vonalak együttesében vélte megtalálni. Tartaglia könyvének néhány illusztrációja az 5. ábrán látható.

5. ábra. Niccolò Fontana Tartaglia ábrái [18]





6. ábra. XVI. századi tüzerek ábrázolása egy korabeli metszeten [18]

pálya alakokat. Az alacsonyabb, majd a magasabb szintű tudomány kör alakú falakkal védett tartományai a geometer Euklidész engedi be az ismeretek keresőit. A bebocsátott az első mezőben a művészetek és tudományok múzsái fogadják, ám egy meredek, parabolikus pályán tüzelő mozsár, valamint egy laposan lövő ágyú lövedékei is fenyegetik (7. ábra).

7. ábra. Tartaglia könyvének címlapképe [18]



A XVI. századtól kezdve a gömb alakú, tömör, igazi „ágyugolyók” mellett gyakran használtak üreges testű, robbanó lövedékeket is. A mozsarakba, vetőüstökbe töltött gránátokat, bombákat közvetlenül a kilövés előtt gyújtották be. A szikrázva, füstölve repülő lövedékek látványa alapján a tüzerek mihamar felismerhették, hogy a valóságos röppálya legkevésbé sem a két egyenes szakaszból és körívből álló alakzat, lásd a 6. ábrát.

Tartaglia könyvének allegorikus címlapja meglehetősen jól ábrázolja a valóságos röppálya alakokat.

A valóságos röppálya megismerésében hatalmas lépést jelentett Galileo Galilei (1564–1642) munkássága. Galilei a ferde hajtást az egyenes vonalú egyenletes mozgás és a függőleges szabadesés együtteseként modellezte. A mozgáselemeket a vektorparalelogramma törvény szerint összegezve, eljutott a hajtási parabola pályá alakjához.

Legyen x a lövés irányába mutató és \mathbf{g} a gravitációs gyorsulás vektorára merőleges, y az x -merőleges és \mathbf{g} -vel párhuzamos, de ellentétes értelmű koordinátatengely. Hagyjuk figyelmen kívül a Föld valóságos alakját, és lőjünk ki a légüres térben α_0 indulószöggel, v_0 kezdősebességgel, g gravitációs gyorsulás mellett az $[x, y(x)] = [0, 0]$ pontból egy lövedéket. (Ahol az x a lövés irányába mutató és a \mathbf{g} -re merőleges, y az x -merőleges és \mathbf{g} -vel párhuzamos, de ellentétes értelmű koordinátarendszer.) A röppálya tetőpontjához tartozó magasság $h = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha_0}{2 \cdot g}$, az x vízszintes helyen a lövedékpálya magassága:

$$y(x) = x \cdot \tan(\alpha_0) - \frac{x^2}{4 \cdot h \cdot \cos^2(\alpha_0)} \quad (1)$$

Az $[x, y(x)]$ pályapontban a lövedék pillanatnyi sebessége:

$$v(x) = \sqrt{2 \cdot g \cdot (h - y(x))} \quad (2)$$

Az $[x, y(x)]$ pályapontban a röppálya érintő meredeksége:

$$\tan(\theta(x)) = \tan(\alpha_0) - \frac{x}{2 \cdot h \cdot \cos^2(\alpha_0)} \quad (3)$$

Az $y(X_{\max}) = 0$ pályaponthoz tartozó maximális lőtávolság

$$X_{\max} = 2 \cdot h \cdot \sin(2 \cdot \alpha_0) \quad (4)$$

A ferde hajtás valóságos sajátosságait a parittyavető, íjászok, és az ókortól a XV. századig használatos hajtógépek (trebuchet-ek) kezelői jól ismerték. A dinamikai elvek alapján számított, valamint a gyakorlatban kimért maximális lőtávolságok óriási eltérései a lövedéket fekező rejtélyes hatásokra hívta fel a kutatók figyelmét.

A légüres térben, csupán a gravitáció hatásával befolyásolt lövedék mozgástörvénye esetenként meglepően jól, többnyire azonban hatalmas hibával közelíti a valóságos viszonyokat. A modern ballisztikai tudomány meghatározó klasszikusa, Karl Crantz (1858–1945) máig jól használható alapkönyvében [14, 93. o.], a léellenállás különlegesen bonyolult, paradox jelenségének illusztrálására a következő, igen tanulságos példát mutatta be:

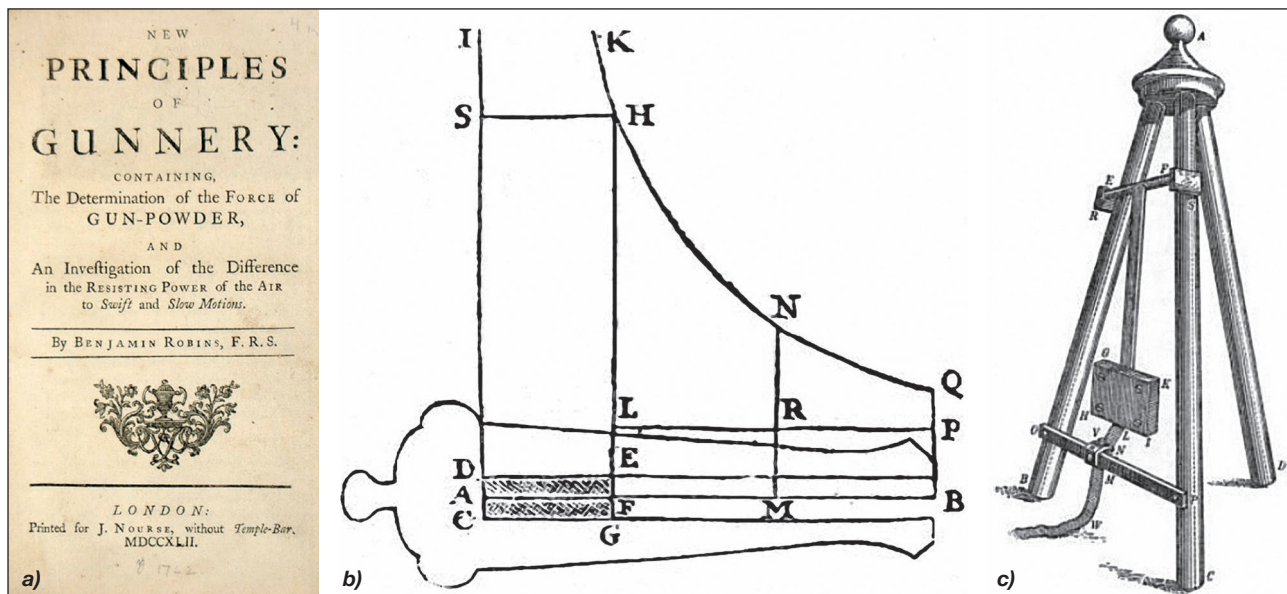
„Gyakorlati lőkísérletek alapján, az $m = 14,7$ g tömegű standard katonai puska lövedéket $v_0 = 640$ m/sec kezdősebességgel, $\alpha_0 = 4^\circ$ indulószöggel kilöve, a (4) szerint számított, maximális elméleti lőtávolságnak ($X_{\max} = 5811$ m) csupán 28%-a a valóságos $X_{\text{gyakorlat}} = 1612$ m lőtáv. Másrészt, az $m = 38$ kg tömegű mozsárlövedéket a méréssel ellenőrzött $v_0 = 98$ m/sec kezdősebességgel, $\alpha_0 = 38^\circ$ indulószöggel kilöve, a (4) szerint számított, maximális lőtávolságnak ($X_{\max} = 949$ m) csaknem a teljes értéke, 98%-a a kísérletekkel igazolt $X_{\text{gyakorlati}} = 928$ m maximális lőtáv.”

A modern ballisztika legkorábbi, tudományos igényű szakkönyve Benjamin Robins (1707–1751) angol hadmérnök „New Principles of Gunnery” (London, 1742) műve volt (8 a) ábra).

Az alapvető lövéstani fogalmak definíciója és számító formulái mellett a Robins által bevezetett, és mindmáig használatos ballisztikai inga (8 c) ábra) megnyitották és sajátos tudomány napjainkig tartó szakadatlan fejlődését.

Robins könyvét Leonhard Euler (1707–1785) német nyelvre fordította, és az eredeti mű 150 oldalnyi terjedelmét jelentősen meghaladó kiegészítésekkel, 750 oldalas könyv-





8. ábra. Benjamin Robins könyvének címlapja a), a lövedék sebességfüggvénye b), és a ballisztikai inga c) [19]

ben adta ki (Neue Grundsätze der Artillerie, Berlin, 1745). Euler művének angol fordítása 1777-ben (366 oldal), francia nyelvű kiadása 1783-ban (537 oldal terjedelemben) jelent meg.

A matematika iránt erősen érdeklődő Bonaparte Napóleon (1769–1721) tüzértszti tanulmányai során, az Auxonne-i katonai akadémián ez utóbbi műből szerezte ballisztikai ismereteit. A későbbi császár egyik hallgatói feladata egy 12 oldalas dolgozat készítése volt a többszörösen fordított és kibővített Robins–Euler könyv kijelölt fejezetéből.

Robins könyvében számos, remek megfigyelésből levont következtetést, a későbbi évtizedek kísérleti és elméleti ballisztikájával igazolt jelenséget mutatott be.

Az egyik fontos eredmény a csőtorkolati sebesség szerepének felismerése volt. A korabeli eszközök nem tették lehetővé a nyomásfüggvény felvételét, sőt még jellegzetes alakjának meghatározását sem. Robins gáznyomás-függvényében még nem szerepelt a p_{max} nyomáscsúcs. A kez-dősebesség számítására elméletileg bár téves, a korabeli fegyverekhez azonban eléggé jól használható összefüggést adott meg. A csőben mozgó lövedékre ható erő függvényét Robins

$$F(x) = \frac{k}{x} \quad (5)$$

hiperbola alakban tételezte fel, ahol k egy speciális állandó, x pedig a lövedék útja a csőfár végétől számítva. A k tényezőre Robins a

$$k = R \cdot P_{atm} \cdot \frac{d^2 \pi}{4} \cdot c \quad (6)$$

formulát használta. A formulában R a maximális lőporgáznyomás és a P_{atm} atmoszférikus nyomás aránya, Robins szerint $R \approx 1000$, d a lövedék átmérője, c a lőportöltet hossza, a 8 b) ábrán az S–H távolság. Az adatokat a klaszszikus angol mértékegységekkel adta meg.

Az L hosszúságú ágyúcsőből v torkolati sebességgel kilépő, m tömegű lövedékre ható gyorsító erő által végzett munka

$$\frac{1}{2} m \cdot v^2 = \int_c^L F(x) dx \quad (7)$$

Elvégezve az (5–7) műveleteket, a torkolati sebesség

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot R \cdot P_{atm} \cdot d^2 \pi}{m} \cdot c \cdot \ln\left(\frac{L}{c}\right)} \quad (8)$$

Jelölje η a lőpor sűrűségét, a lőportöltet tömege így

$$p = \frac{d^2 \pi}{4} \cdot c \cdot \eta \quad (9)$$

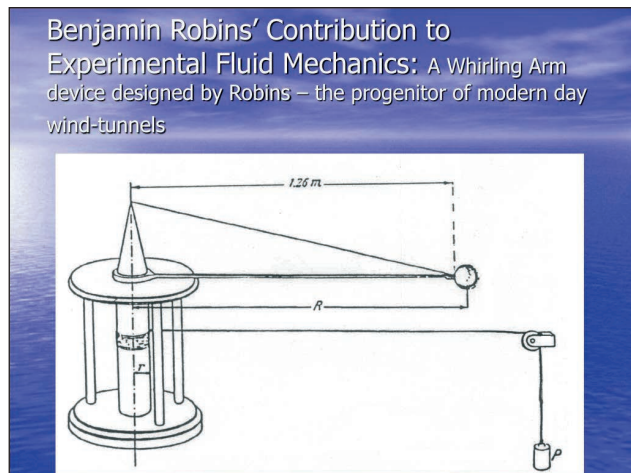
A torkolati sebesség tehát

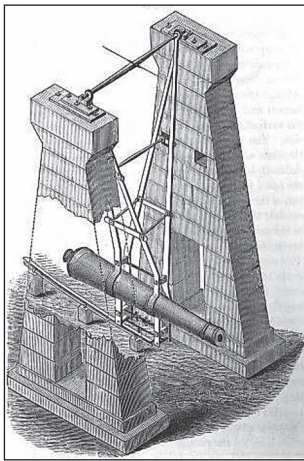
$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot R \cdot P_{atm} \cdot p}{m} \cdot \ln\left(\frac{L}{c}\right)} \quad (10)$$

Érdekeség, hogy a [9] szakkönyv – Robins művének első megjelenése után egy évszázaddal későbbi – második kiadása is a (10) formulát használta.

Robins további, igen messze ható eredménye a léghellenállás szerepének felismerése volt. Az atmoszférában mozgó lövedékre a pillanatnyi sebesség négyzetével arányos fékezőerő hat. A léghellenállás kísérleti vizsgálatára Robins a 9. ábrán látható egyszerű, szellemes készüléket szerkesztette. A jobb oldalon süllyedő tömeg a függőleges

9. ábra. A léghellenállás kísérleti vizsgálatára szerkesztett Robins-féle készülék [18]





10. ábra. A Didion-féle ballisztikai inga [20]

nyú elsodródását² elsőként ugyancsak Robins fedezte fel és írta le.

A lövedéksebesség-mérés Robins-féle ingájának eredeti rajza a 8 c) ábrán látható. Az állványszerkezeten függő téglalap alakú testbe csapódó lövedék az ingát kilendíti, a maximális kitérésből a becsapódó lövedék sebessége meghatározható. A lövedéket elnyelő testhez egy szalag kapcsolódik. A kilendülő inga a legnagyobb kitéréséig húzza a szalagot. Az oda-visszalengő inga kitérései egyre csökkennek, a csillapodó lengések során a megrántott szalag-hossz tovább nem növekszik, a maximális kitérés szöge egyszerűen kiszámítható.

A ballisztikai inga az elemi fizika tanításának máig használt, demonstratív eszköze. Az impulzusmegmaradási törvény szemléletes bemutatására is jól alkalmazható inga másik, kevésbé ismert alakját a 10. ábra szemlélteti.

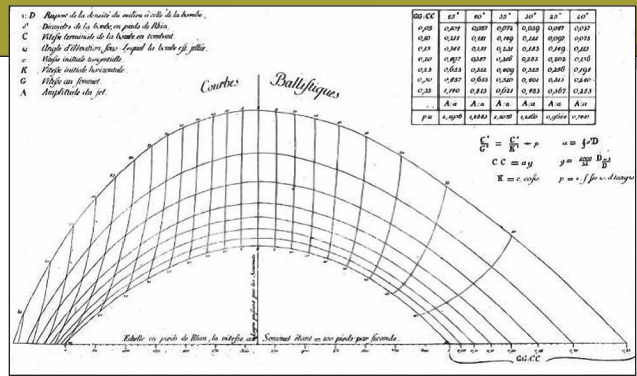
Isidore Didion (1798–1878) francia tüzértiszt 1839-ben bemutatott ingája a fegyvercsövet függesztette fel. A szerkezet jellemzők és az inga q maximális kitérés szöge alapján a lövedék kezdősebességének Didion-féle formulája [9]:

$$v = \frac{2 \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot W \cdot G \cdot \sqrt{g \cdot l} - l' \cdot c \cdot N}{w' \cdot l \cdot \frac{R^2}{r^2} + \frac{1}{2} c' \cdot l'} \quad (11)$$

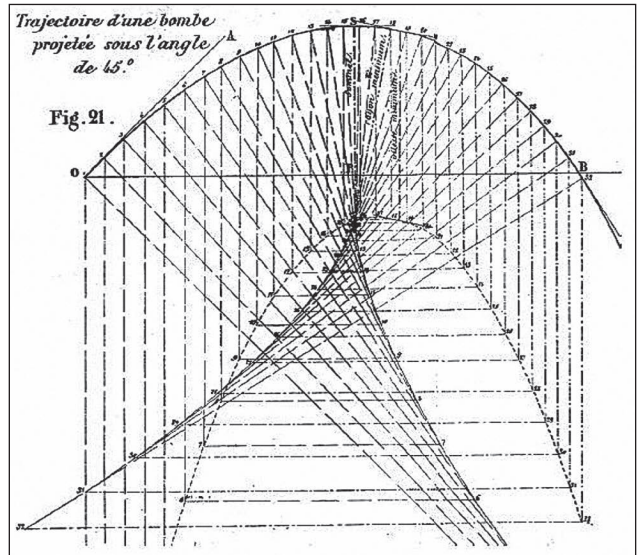
Az összefüggésben W az inga és a fegyvercső, w' a lövedék és a fojtás együttes tömege, G a felfüggesztés és az inga tömegközéppont távolsága, l az inga redukált hossza, l' a lövegcső tengelye és a felfüggesztés távolsága, θ az inga maximális kilendülési szöge, R a csőfurat, r a lövedék sugara, g a gravitációs gyorsulás, $N \approx 1600$ tapasztalati tényező. (A formulához a tömeg- és hosszúságadatokat angol birodalmi mértékegységekkel kell helyettesíteni.)

A KÜLLBALLISZTIKA KEZDETEI

A léggel telt atmoszférában mozgó lövedékre ható erők sokaságát a szakirodalom megannyi tapasztalati állandóktól hemzsegő, már-már kezelhetetlenül bonyolult összefüggéssel törekszik leírni. A modern ballisztika kiemelkedő tudósa, Carl Crantz [14] könyvében a légellenállás és a lövedéksebesség különféle, egyszerű (négyzetes, köbös, logaritmusos stb.) függvényekkel leíró kapcsolatának 37 különféle formuláját tárgyalta.



11. ábra. Lambert röppályaszerkesztése (1767) [21]



12. ábra. Didion röppályaszerkesztése (1848) [21]

A XVIII–XIX. században a küllballisztikai kutatások a röppályajellemzők számítására és ezzel párhuzamosan a gyakorlati lökísérleti adatok feldolgozására irányultak. A számított lőtáblák mellett a röppályák grafikus szerkesztésének megannyi eljárása is megjelent.

Évtizedeken keresztül számos európai tüzérség használta Henning Friedrich von Grävenitz lőtáblázatait³. Hasonlóan több, egymással háborút is viselt állam hadserege alkalmazta az Otto-féle táblákat⁴.

Alacsonyabb kezdősebességeknél a valóságos viszonyokat meglehetősen jól közelíti a naiv küllballisztikai modell. Ebben a közelítő leírásban a talajszinten ρ sűrűségű levegőben mozgó, d átmérőjű, m tömegű, c alak tényezőjű lövedéket csupán a röppálya pillanatnyi magasságától függő, és a röppálya menti sebesség négyzetével arányos erő fékezi.

Jelölje a kezdősebességet w_0 , a röppálya pontok számításához vegyük fel a $\Delta t =$ állandó időközt. Az $i = 1, 2, \dots, n$ indexekkel a $\Delta t, 2 \cdot \Delta t, n \cdot \Delta t$ időpontokban a röppálya jellemzők:

$$v_{x,0} = w_0 \cdot \cos(\alpha_0) \quad (12)$$

$$v_{y,0} = w_0 \cdot \sin(\alpha_0) \quad (13)$$

$$H = e^{-\varphi \cdot Y_{i-1}} \quad (14)$$

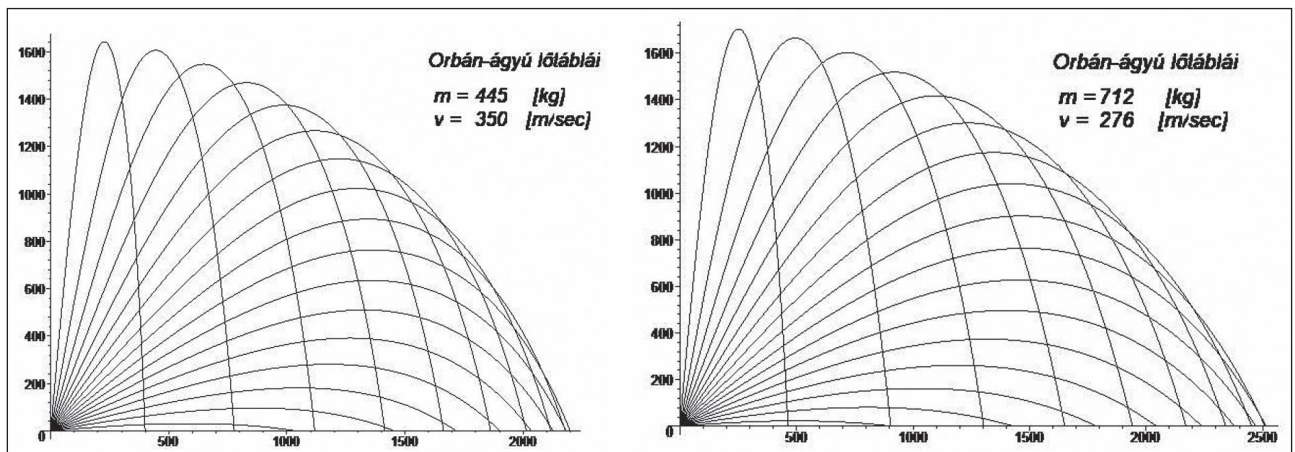
$$\delta = \frac{c \cdot \rho \cdot H \cdot d^2 \cdot \pi}{8 \cdot m} \quad (15)$$

$$a_{x,i} = -\delta \cdot V_{i-1} \cdot v_{x,i-1} \quad (16)$$

$$a_{y,i} = -g - \delta \cdot V_{i-1} \cdot v_{y,i-1} \quad (17)$$

$$v_{x,i} = v_{x,i-1} + a_{x,i} \cdot \Delta t \quad (18)$$

$$v_{y,i} = v_{y,i-1} + a_{y,i} \cdot \Delta t \quad (19)$$



13. ábra. Az Orbán-ágyú közelítő lőtáblái (az ábra a szerző saját szerkesztése)

$$V_i = \sqrt{v_{x,i}^2 + v_{y,i}^2} \quad (20)$$

$$x_i = x_{i-1} + v_{x,i} \cdot \Delta t + \frac{a_{x,i}}{2} \cdot \Delta t^2 \quad (21)$$

$$y_i = y_{i-1} + v_{y,i} \cdot \Delta t + \frac{a_{y,i}}{2} \cdot \Delta t^2 \quad (22)$$

$$\alpha_i = \arctan\left(\frac{v_{y,i}}{v_{x,i}}\right) \quad (23)$$

A lövedék pillanatnyi gyorsulásvektorának komponensei $a_{x,i}$ és $a_{y,i}$, a sebességvektor összetevői $v_{x,i}$ és $v_{y,i}$, a pálya koordináták x_i és y_i , a lövedék állásszöge α_i , gömb esetén nyilvánvalóan érdektelen.

A (12) – (23) formulákból felépített differenciaszámítási modellben a H tag a levegő sűrűségének a lövedék y_{i-1} pillanatnyi magasságától függő változását fejezi ki. A d ballisztikai tényező a lövedék alakjától, tömegétől és a levegő aktuális sűrűségétől függő lassító hatást számszerűsíti.

A hangsúlyozottan egyszerűsített röppályaszámító eljárás könnyen programozható és futtatható az általánosan használt Excel táblázatkezelőben.

Az ORBÁN-ÁGYÚ KÖZELÍTŐ LŐTÁBLÁI

A történelmi források szerint az Orbán-ágyú kőből faragott gömblövedéket tüzelt. A golyóbisok anyagának pontos jellemzői nem ismeretesek, vélhetőleg mészkőből, vagy a vulkáni eredetű gránitból készülhettek. A kövek sűrűsége 2000-3200 kg/m³. A cső méretéhez illeszkedő gömblövedékek vélelmezett tömege ezeknek 445 ... 712 kg.

Az ágyú torkolati sebességét a (6) és (8) formulákból, a 4. ábra méretei alapján számoltuk. A kiinduló adatok: $w_0 = 350 \dots 276$ m/sec kezdősebesség, $r = 12045$ kg/m³ a levegő talajszintű sűrűsége, $g = 9,81$ m/sec² a gravitációs gyorsulás, $c = 1,5$ a gömb alakú lövedék ún. alak tényezője, $\varphi = 0,0005$ a levegősűrűség változásának a magasságtól függő tényezője,

$\Delta t = 0,01$ sec időlépés

felhasználásával, az Orbán-ágyú számított, közelítő röppályagömbjei a 10. a) és b) ábrán láthatók. A koordináták méterben szerepelnek.

A vázolt számítások természetesen csupán nagyvonalú, közelítő eredményeket szolgáltatnak. Magáról az ágyúról, az alkalmazott lőporról és a lövedékről sem maradt fenn pontos, hiteles információ. Az Orbán-ágyú első próbálövéséről, majd a konstantinápolyi ostromról feljegyzett adatok

azonban eléggé jól egyeznek a röppályaszámítás egyszerűsített modelljével számított lőtáblák eredményeivel.

HIVATKOZT IRODALOM

- [1] Papp Sándor. „Konstantinápoly eleste a Magyar forrásokban és a történetírásban”. *Acta Historica (Szeged)* 143 (2018. december), 43–63. <https://ojs.bibl.u-szeged.hu/index.php/acthist/article/view/31667>;
- [2] Marczali Henrik. *A magyar történet kútfőinek kézikönyve*, Budapest: Athenaum, 1901;
- [3] Kritobulosz. *II. Mehemet élete*, fordította és közreadta Szabó Károly, *Monum. Hung. Hist. Script.* XXII. 1875;
- [4] Felszeghy Ferenc (szerk.). *A magyar tüzér*. Budapest: Reé László kiadása, 1938;
- [5] *Fetih 1453*. kosztümös török történelmi film, rendezte Faruk Aksoy, 2012;
- [6] Kakaliagos, A., és N. Ninis. „Orban’s Gun Ballistics and Assessment of Historical Evidence Concerning the Bombardment of Constantinople Walls in 1453”. *Procedia Structural Integrity* 10 (2018): 179–86. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2018.09.026>;
- [7] Muller, John. *A Treatise on Artillery*. London, 1768;
- [8] Benton, James. *Ordnance and Gunnery*. New York, 1862;
- [9] Douglas, Howard. *Treatise on Naval Gunnery*. London, 1829, 1862;
- [10] Simpson, Edward. *Treatise on Ordnance & Naval Gunnery*. New York, 1862;
- [11] Tournès, Dominique. *Calculating Firing Tables in 18th and 19th Centuries*. SC2011, International Conference on Scientific Computing;
- [12] Ágoston Gábor. *Guns for the Sultan, Military Power and Weapons Industry in the Ottoman Empire*. Cambridge University Press, 2005;
- [13] Lewtas, Ian, Rachael McAlister, Adam Wallis, Clive Woodley, és Ian Cullis. „The Ballistic Performance of the Bombard Mons Meg”. *Defence Technology* 12, sz. 2 (2016. április): 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.dt.2015.12.001>;
- [14] C. Crantz. *Lehrbuch der Ballistik*, Verlag von B. G. Teubner, 1910, Leipzig – Berlin;
- [15] R. Crowley: 1453 – Konstantinápoly utolsó nagy ostroma, Park Kiadó Bp. 2019.
- [16] Karwansaray Publishers Blog, „How Powerful Was Mons Meg?”, 2016. július 20. Elérés: 2021. 02. 26.

- <https://www.karwansaraypublishers.com/mwblog/how-powerful-was-mons-meg/>;
- [17] Royal Armouries collections. „Gun - The Great Turkish Bombard (1464)” Elérés 2021. február 26. <https://collections.royalarmouries.org/object/rac-object-6177.html>;
- [18] Dr June Barrow-Green, „Mathematics in War and Peace - Euler's Work on Ballistics” (eredeti előadás: Wednesday, 24 October 2018, 4:00PM - 4:45PM) elérés: 2021. 02. 26. <https://www.gresham.ac.uk/lectures-and-events/mathematics-war-peace>;
- [19] Benjamin Robins, *New Principles of Gunnery: Containing the Determination of the Force of Gun-powder, and an Investigation of the Difference in the Resisting Power of the Air to Swift and Slow Motions*. London: 1742 <https://www.arc.id.au/RobinsOnBallistics.html>;
- [20] Edward Simpson, *A Treatise On Ordnance And Naval Gunnery, Compiled And Arranged As A Text Book For The U. S. Naval Academy*, New York: D. Van Nostrand, 1862., 182. o. https://books.google.hu/books?id=_5gtAAAAAYAAJ&pg=PA182&hl=hu&source=gb_s_selected_pages&cad=3#v=onepage&q&f=false;
- [21] D. Tournès, „Calculating firing tables in 18th and 19th centuries” International Conference on Scientific Computing, S. Margherita di Pula, Sardinia, Italy October 10-14, 2011 <http://bugs.unica.it/SC2011/slides/files/11history/tournes.pdf>;
- [22] Special Session on History of Computational Mathematics organized by Michela Redivo-Zaglia and Giuseppe Rodriguez. International Conference on Scientific Computing, S. Margherita di Pula, Sardinia, Italy October 10-14, 2011 <http://bugs.unica.it/SC2011/slides/>.

JEGYZETEK

- 1 A kortársaktól ráragasztott nevét súlyos beszédhibája alapján kapta (tartagliare – olaszul dadogás).
- 2 Több, mint egy évszázaddal a Magnus-hatás, és a lövedék oldalágását eredményező ún. párnahatás felfedezése és magyarázata előtt(!).
- 3 Henning Friedrichs Gräveniz, *Akademische Abhandlung von der Bahn der Geschütz-Kugeln*, Rostock: 1764. *Mémoire sur la Trajectoire des Projectiles de l'Artillerie*, Paris: 1845.
- 4 Jacob Christian Friedrich Otto, *Ballistische Tafeln nebst einer Anleitung vermittelt derselben einige Hauptfälle des ballistischen Problems in Zahlen aufzulösen, für quadratischen Luftwiderstand*, Berlin: 1834, *Tafeln für Bombenwurf* Berlin: 1842, *Tables Ballistiques Générales pour le Tir Élevé*, Paris: 1844.

Nagy Norbert

A T-72 harckocsi – Haditechnika fiataloknak

A szerző – a tatai lövészandár harckocsiszázáslóalj parancsnokhelyettese – szerencsés embernek mondhatja magát, hiszen a munkája és a hobbija megegyezik egymással. Szerencsés abból a szempontból is, hogy egy olyan könyvsorozat szerzőjévé válhat, amelynek fiatal korában maga is lelkes olvasója volt.

A Zrínyi Kiadó 2020-ban újraindított *Haditechnika fiataloknak* című sorozatának legújabb kötete a legendás szovjet T-72-es harckocsitípus mutatja be. A „száguldó erőd”-ként is emlegetett harckocsi a hadiipar egyik legismertebb, leghosszabb ideig rendszerben lévő terméke, az 1970–1980-as évek egyik legkorszerűbb harceszköze volt. Tervezése 1967-ben indult, ennek során igyekeztek kiküszöbölni a T-62-es és T-64-es harckocsiknál tapasztalt hibákat. A sorozatgyártás 1971-ben az Uráli Gépgyárban kezdődött, rendszerbe állítása 1973-ban történt. Több mint 40 ország hadereje rendszeresítette, a típusból összesen több mint 25 000 példány készült. A magyar haderőben közel 240 db szolgált, több ezer katona kapott rajta kiképzést. A T-72-es közepes harckocsi egyik példánya a HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum gyűjteményében, egy másik példány a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hungária körúti objektumának területén, és egy további a keceli Pintér Művek haditechnikai parkjában is megtalálható. A T-72M1 típusból – hivatalos adatok szerint 44 db – jelenleg is rendszerben van.

A gazdagon illusztrált kiadvány áttekintést nyújt a harckocsizó fegyvernem történetéről, a megalkotásáig vezető útról, az elődtípusokról – köztük a II. világháborúban a „győztes” jelzót kiérdemlő T-34-esről – és különféle típusváltozatairól, valamint szerkezeti felépítéséről. A technikai részletek ismertetésén túl, a kötet önálló fejezetben foglalkozik a harckocsik alkalmazásával, többek között a páncélos harc elveivel és törvényszerűségeivel, sőt kitér a T-72-esekkel szerzett harci tapasztalatokra is, majd a típus magyarországi „karrierjét” és lehetséges jövőbeli szerepét mutatja be.

A célközönséget, azaz a 12-14 év körüli ifjú olvasókat a hagyományos szöveges leírás mellett interaktív feladatok is várják. A kötet készítői „bevonják” az olvasót a harci feladatokba. A fiatalok „harckocsiparancsnok”-ként gondolkodva számolhatnak ki fontos adatokat, legyen szó akár a T-72-es mozgékonyágával vagy tűzerejével összefüggő jellemzőkről, vagy a rivális nyugati típussal történő összehasonlításról. (F. K. F.)



A Zrínyi Kiadónál megjelent, 45 színes és fekete-fehér fotóval, ábrával és kifestővel illusztrált, ragasztott kötésű kiadvány terjedelme 68 oldal. 2500 Ft-os áron kapható a könyvesboltokban, illetve közvetlenül a Zrínyi Kiadótól 25%-os helyszíni kedvezménnyel.

Cím: 1024 Budapest, Filir utca 14., (tel.: 06 1-459-5373, e-mail: cinti@hmzrinyi.hu), illetve sok más kiadvány mellett kapható a Zrínyi Kiadó webshopjában is (<https://shop.hmzrinyi.hu/>).