

Prof. Dr. Lukács László<sup>1</sup>

### A HONI KATONAI ROBBANTÁSTECHNIKA AZ I. VILÁGHÁBORÚBAN<sup>2</sup>

*Az Osztrák Magyar Monarchiában a Közös Minisztérium égisze alatt működött többek között a hadügyminisztérium is. A szabályzatok németből fordított munkák voltak. A tanulmány bemutatja az abban az időben alkalmazott robbantóanyagokat, majd áttekintést ad a szerkezeti anyagok (fa, fém, tégl, kő, beton, vasbeton), valamint a földrobbantás szabályairól. A területi korlátok miatt, komplex robbantási feladatként a hidrobbantás szabályai kerültek feldolgozásra. Az egyes fejezetek végén, rövid részkövetkeztetésekben történik utalás a vizsgált kor és a mai robbantástechnikai szabályozás azonosságaira, különbségeire.*

*Kulcsszó: robbanóanyag, robbanószinór, gyutacs, szerkezeti elem robbantás, földrobbantás, hidrobbantás.*

#### **MILITARY EQUIPMENT BLASTING THE HOME THE WORLD WAR I**

*Operated under the auspices of the Austro-Hungarian Monarchy, including the Ministry of Defence, Ministry of Community as well. These policies were reversed from German works. The study presents the blasting materials used at the time, and gives an overview of the rules of construction materials (wood, metal, brick, stone, concrete, reinforced concrete), and the land bombing. Due to space limitations, the rules of the complex task of blasting hidrobbantás been processed. At the end of each chapter, a short Conclusions section, reference is made in the relevant age and today's bombing of technical regulations identity, differences.*

*Keyword: explosive, detonating cord, blasting caps, blasting elements of structure, ground blasting, bridge blasting.*

## BEVEZETÉS

A honi katonai robbantástechnika múltjának feldolgozásával, rendszerező áttekintésével és a továbbfejlesztés javasolt irányjaival is foglalkozó mű Magyarországon eddig még – tudomásom szerint – nem készült. Külön érdekességet ad a kérdésnek, hogy az 1800-as évektől a mai napig terjedő időszak során, az először német alapokon nyugvó robbantási szabályozást a II. világháború után felváltották a volt szovjet szabályzatok fordításai, majd a rendszerváltozást követően új utakat kellett, kellene keresnünk e szakterületen belül is. Közben tagjai voltunk a Varsói Szerződésnek, jelenleg pedig a NATO szövetségi rendszerében kell megfelelnünk a hazai és a nemzetközi elvárásoknak.

A témát több évtizede kutatom. Már 1984-ben, a Katonai Főiskolák 2. Tudományos Diákköri Konferenciájára (Szolnok) nyolc hallgatóm írt ebből a témából dolgozatot, segítő támogatással, vezetésemmel. 1995-ben „A magyar honvédségnél alkalmazott robbantási eljárások és robbanóanyagok legfontosabb részterületei fejlődésének vizsgálata és a továbbfejlesztés javasolt irányai” c. kandidátusi disszertációmban, részleteiben is vizsgáltam a honi katonai robbantástechnika egyes részterületeit. A jelen tanulmány alapját ez a mű képezi.

A kiegyezést követően az Osztrák-Magyar Monarchia egy Közös Minisztériumot hozott létre, melynek keretében, annak 1867. december 24. és 1918. december 12. közötti működése alatt, a két tagállam közös ügyeit, külön közös külügy-, hadügy- és pénzügyminiszter intézte. „A

<sup>1</sup> a hadtudomány kandidátusa, nyugalmazott egyetemi tanár, e-mail- lukacs.laszlo@uni-nke.hu

<sup>2</sup> Bírálta: Dr. Szabó Sándor, egyetemi tanár, Nemzeti Közszerződési Egyetem, E-mail: szabo.sandor@uni-nke.hu

közös külügy- és pénzügyminisztérium élén 1870 májusától váltakozva magyar, illetve osztrák miniszter állt. A közös hadügyminisztériumot mindig osztrák tábornok vezette.”<sup>3</sup>

A közös hadseregnek megfelelően, úgy a robbantóanyagokkal történő ellátás, mint a robbantástechnológia is közös volt, a magyar nyelvű szabályzatok az osztrák alapművek fordításai voltak. Az 1800-as években forradalmi változások történtek a robbanóanyagok fejlesztése terén. A ma is alkalmazott alap robbanóanyagok jelentős részének felfedezése erre az időszakra tehető. Az Osztrák Magyar Monarchia katonai szakemberei is jelentős eredményeket értek el ezen a téren, példaként Fülöp Hess, Trauzl Izidor és Zubovits Fedor nevét említjük meg.

**Fülöp Hess** a közös hadseregben az altábornagyi rendfokozatig jutott. 1898-ban Bécsben jelent meg „Über Sicherheits Sprengstoffe und methoden ihrer erprobung” (Biztonságos robbanóanyagokról és azok kipróbálásának módszereiről) c. könyve. Neve a robbanóanyagok vizsgálatában végzett kutatásai (Hess féle döngölő próba és ingás erőmérő), valamint a „pillanatnyi durranózsínór gyújtózsínór” felfedezése által vált ismerté.

**Trauzl Izidor** 1869-ben, mint műszaki főhadnagy Angliában a tüzérségi lögyapotot vizsgálta. Ennek eredménye volt, a nevéhez fűződő lögyapot dinamit feltalálása. 1870-ben jelent meg „Explosive nitrilverbindungen” című könyve. 1885-ben kilépett a hadseregből és a Dinamit Rt. műszaki vezér igazgatója lett. 1886-ban megjelenik „Sprengel’s seuere Explosivstoffe und Hellhoffit” című könyve, ekkor tartalékos százados és a Ferencz József rend lovagja. Nevéhez fűződik a mai napig alkalmazott ólomhengeres robbanóanyag vizsgálat.<sup>4</sup>

A mai szárazföldi telepítésű aknák elődje volt a szárazföldi torpedó, melynek fejlesztésében **Zubovits Fedor** vállalt jelentős szerepet. A Pallas Nagylexikonban az alábbiak olvashatók erről az eszköztől: „Szárazföldi torpedónak oly robbanó testeket neveztek, melyeket első ízben, az észak-amerikai polgárháborúban Charlestown ostrománál, 1870. pedig Páris védelmének használtak. Ez egy robbanóanyaggal telített vas- vagy faedény, mely utakon, útszorosokon, stb. elásva, oly szerkezettel bír, hogyha egy csapat reája lép, felrobban. E torpedónak további fejlesztése Zubovits Fedor honvéd huszárszázados érdeme, ki a csapatok által vihető 2 kg robbantó gelatint tartalmazó repülő torpedót, tábori erődítéseknél használt, 10 kg robbanó anyaggal ellátott torpedót és állandó erődítéseknél alkalmazott 15 kg gelatintöltetű torpedókat készített. Torpedói, minőségük szerint, a reátafosás folytán bizonyos akadálytárgyak eltávolításánál vagy pedig villamosság által tetszés szerinti pillanatban, végre egy szabályozható óramű-szerkezet segítségével, előre meghatározott időben robbannak. Zubovits torpedóit több állam használja.”

A következőkben tekintsük át azokat a természettudományi és műszaki alapismereteket, melyek birtokában a kor műszaki tisztjei – többek között – a robbantási feladatokat is tervezték. Archív hadtudományi anyagokat kutatva<sup>5</sup> érdekes lehet az 1880–1882 között megjelent UTÁSZTAN című kiadvány sorozat, mely az alábbi köteteket tartalmazta:

- I. – Mértan és vázolás;
- II. – Építő-anyagok és kötél-összekötések;
- III. – Föld-munkák;
- IV. – Ács-munkák;

<sup>3</sup> Magyar Nagylexikon, 11. kötet (Kir-Lem), Magyar Nagylexikon Kiadó, Budapest, 2000. pp. 514.

<sup>4</sup> Bagi Szilárd: Az Osztrák-Magyar Monarchia és a magyar honvédség műszaki tisztjei a robbantástechnika szolgálatában, Műszaki Katonai Közlöny, 2000/4. szám, pp. 88–111.

<sup>5</sup> Hadtörténeti Múzeum és Könyvtár, Hadtudományi Könyvtár: Rendeleti és Honvédelmi Közlönyök 1879–2006. Bővebben lásd még Lukács László: Rendeleti és Honvédelmi Közlönyök műszaki tárgyú anyagai 1879–2006. Műszaki Katonai Közlöny XXXIII. évfolyam, 2013/1. szám, pp. 88–138. Forrás: <http://hhk.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/PDF2013elso/09%20Lukacs%20tablazatos.pdf>,

- V. – Burkolat-munkák;
- VI. – Műútépítés;
- VII. – Vasút-építés;
- VIII. – Vízépítés és tábori hidak építése;
- IX. – Tábor-munkák.

A tanulmány elkészítése során a kor katonai szabályzatain felül két további alaplóműre támaszkodtam. Az egyik Arday Géza m. kir. honvédszázados, A lőpor és robbanóanyagok technológiája és történeti fejlődése című könyve (1910). A másik pedig Schaffer Antal „A gyakorlati robbantó technika kézikönyve” (1903). Ez utóbbi, bár civil szerző műve<sup>6</sup>, ugyanakkor maga a szerző írja könyve előszavában, hogy a megírása során felhasználta „az osztrák és magyar utászcsapat által használt Technischer Unterricht”.

A tanulmányban bemutatjom az alkalmazott robbanóanyagokat, a különböző szerkezeti anyagok (fa, fém, tégl, kő, beton vasbeton), valamint a földrobbantás szabályait. A területi korlátok miatt, komplex robbantási feladatként a hídrobbantás szabályaival foglalkozom. Az egyes fejezetek végén, rövid részkövetkeztetésekben utalok a vizsgált kor és a mai robbantástechnikai szabályozásunk azonosságaira, különbségeire.

## A MAGYAR HONVÉDSÉGNÉL ALKALMAZOTT ROBBANTÓANYAGOK

A fejezetben a honi ipari robbantástechnikában elfogadott terminológiát alapul véve, **robbanóanyag fogalma** alatt, a **robbanóanyagokat** és a robbantószerkezetet összefoglalóan értjük. Ezen belül **robbantószer** a töltet közvetlen iniciálására szolgáló anyag, vagy szerkezet<sup>7</sup>. Teszem ezt azért, mert a katonai szakterminológiában, az egyes korok szerint jelentős eltérés található a megnevezésekben.

Az 1899-es Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához<sup>8</sup> (a továbbiakban Vezérfonal) „robbanó- és gyúszér”-ről ír. Az 1902-es E–23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászai számára<sup>9</sup>, valamint az 1915-ös E–39,b. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság számára<sup>10</sup> a „robbantó és gyújtó eszközök és ezek tartozéka”-t említi, míg Schaffer 1903-ban megjelent könyvében<sup>11</sup> (a továbbiakban Kézikönyv) „robbantó anyag” fogalma alatt a mai robbanóanyagot értette és az iniciáláshoz „gyújtószer”-t használ. Ugyancsak 1903-ban Arday<sup>12</sup> a robbanóanyag megnevezést használja.

### **A robbanóanyag fogalma, felosztása, kialakulása. Robbanóanyagok a magyar honvédségben, az 1800-as évektől**

#### *A robbanóanyag fogalma, a robbanóanyagok felosztása*

<sup>6</sup> kir. főmérnök, műszaki tanácsos, a dunabogdányi és visegrádi m. kir. kincstári kőbánya kezelőségének főnöke Visegrádon, a Magyarhoni Földtani Társulat tagja.

<sup>7</sup> Robbantástechnikai terminológia – A robbantástechnika időszerű kérdései 5. sz. füzet OMBKE Robbantástechnikai szakbizottság kiadványa, Budapest, 1980.

<sup>8</sup> Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához – fordítás, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., Budapest, 1899. – bevezetve a 4334/el. rendelettel, 1899. 06. 18., Rendeleti Közlöny, p. 170.

<sup>9</sup> E–23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászai számára, Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, Budapest, 1902. – bevezetve a 2388/el. rendelettel, 1902. 04. 07., Rendeleti Közlöny p. 95.

<sup>10</sup> E–39,b. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság számára – tervezet, Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, Budapest, 1915.

<sup>11</sup> Schaffer Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve, Pallas Rt., Budapest, 1903.

<sup>12</sup> Arday Géza m. kir. honvédszázados: A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történeti fejlődése, Szent Erzsébet Nyomda Részvénytársaság, Kassa, 1910.

Az első katonai szabályzatokban (Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához – 1899., E–23 Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utásai számára – 1902.) nem találkozunk a robbanás, a robbanóanyagok definiálásával. Arday Géza m. kir. honvédszázados 1903-ban megjelent könyvében arról ír, hogy „a magyar szakirodalomban a robbanóanyagok technológiája – sajnos – úgyszólván teljesen ismeretlen”<sup>13</sup>. Ennek okát abban látja, hogy „Magyarország-Ausztriában...a lőpor és a robbanóanyagoknak a gyártása nem képez szabad iparágat, hanem azt az állam katonai felügyelet alatt monopolizálja, amiért is ezen ismeretterjesztésnek gyakorlati része a gyártelep *khinai* falain túl nem terjedhet”<sup>14</sup>.

Arday ezek után részletesen bemutatja művében a robbanás jellemzőit. Szerinte „robbanó anyag elnevezése alatt bármely halmazállapotú test érthető, amely bizonyos körülmények között u. m.: mechanikai hatás, hőmérsékleti különbség vagy a testeknek egymásra gyakorolt *chemiai* hatása alatt stb. nagy mennyiségű gázt hirtelen képes fejleszteni és ezáltal nagy munkát végrehajtani”<sup>15</sup>.

A robbanóanyagokat a „robbanó hatás szerint” három csoportra bontja, úgymint „1. az *impulzív* robbanó anyagok, 2. a *brizáns* (lobbanó) robbanó anyagok, és a 3. *fulmináns* robbanó anyagok”. Az „*impulzív robbanó anyagok* (indító lökésű) elnevezése alatt oly robbanó készítmények értendők, melyeknek meggyulladás hőmérséklete magas ugyan, de aránylag lassan égnék el”<sup>16</sup>. Ezért ezeket, a ma ballisztikus, vagy toló hatásúnak nevezett robbanóanyagokat tüzérségi lövedékek hajtóanyagaként, továbbá földalatti aknáknál alkalmazták. „A *brizáns robbanó anyagoknál* a meggyulladás hőmérséklet szintén magas ugyan, de aránylag gyorsan és hevesen égnék el. Csak robbanó anyagul használnak.”<sup>17</sup> A *brizáns robbanóanyagoknál* külön kiemeli Arday, hogy csak „nagy nyomás által robbantatnak fel”, meggyújtva elégnék. „A *fulmináns robbanó anyagok* csoportjába azon testek tartoznak, amelyek már alacsony hőmérsékletnél is könnyen robbannak, ami mindenkor igen nagy gyorsasággal és nagy gázfejlődés mellett történik. Rendszerint a többi robbanó testek felrobbantására szolgálnak. A legcsekélyebb mechanikai hatásra már felrobbanak...”.

Az ugyancsak 1903-ban megjelent, Schaffer Antal féle Kézikönyv<sup>18</sup> szerint: „Robbantó anyagnak neveznek ... minden oly anyagot, mely meggyújtás, felhevítés vagy bármilyen hatás következtében igen rövid, de rendszeren alig mérhető időn belül nagy mennyiségű gázokat fejleszt, melyek ezen vegyfolyamatnál felszabaduló meleg következtében hirtelenül nagy mértékben kitágulva, *feszültségek* folytán munkát fejtenek ki ... Minél rövidebb az időtartam, melyen belül bizonyos tömeg felrobban, minél nagyobb a robbanásnál fejlődő gázok mennyisége és mentől jelentékenyebb azok hevítése, annál hatásosabb a robbanó anyag, azaz: annál nagyobb erőt fejtenek ki a nagy feszültségű gázok”<sup>19</sup>

A Kézikönyv a robbanóanyagokat két csoportra osztja, úgymint igen erős hatásfokúak<sup>20</sup> (igen *brizánsak*) és kevésbé erős hatásfokúak (kevesbé *brizánsak*). Az előbbi csoportba sorolja a „robbanékony nitrotestek”-et és az „ezekből gyártott robbantó szerek”-et (pl. dinamitok, lőgyapot), az utóbbiba a „fekete lőpor”-t és „annak összes helyettesítői”-t. A részletes

<sup>13</sup> Arday Géza m. kir. honvédszázados: A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történeti fejlődése, Szent Erzsébet Nyomda Részvénytársaság, Kassa, 1910. 1. oldal.

<sup>14</sup> Uo. 2. oldal.

<sup>15</sup> Uo. 3. oldal.

<sup>16</sup> Uo. 6. oldal.

<sup>17</sup> Uo. 7. oldal.

<sup>18</sup> Schaffer Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve, Pallas Rt., Budapest, 1903.

<sup>19</sup> Schaffer Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve, Pallas Rt., Budapest, 1903., 17. oldal.

<sup>20</sup> „A robbanékony anyagok hatásfoka, a tömegegységnek valamely meghatározott időegységben kifejtett munkája.” uo. 18. oldal.

robbanóanyag bemutatáskor viszont a Hess<sup>21</sup>-féle osztályozást követi, mely szerint vannak „közvetlenül felrobbantható” (fekete lőpor és vele rokon anyagok) és „közvetve explodáló anyagok” (pl. robbanó gyapot, nitroglicerin, dinamit, repesztő zselatin, ekrazit, „durranó kéneső”<sup>22</sup>, füstnélküli és gyérfüstű lőporok és a biztonsági robbanóanyagok, úgymint a roburit, ammonit, bellit, securit, stb.).

### *A Magyar Honvédségnél alkalmazott robbanóanyagok, a századfordulótól*

Az Osztrák-Magyar Monarchia közös hadseregében a lőport (fekete lőpor), a dinamitot és 1892-ig a hadi „repesztő-gelatine-t” használták. Ez utóbbi a hadi kormányzat rendelkezése alapján, saját fejlesztésű robbanóanyag volt, mely már kis távolságú lövéssel szemben is érzéketlen maradt (ellentétben az egyébként alkalmazott hagyományos „repesztő-gelatine”-nal). Ezt 96% „repesztő-gelatine” és 4% kámfor megfelelő keverésével érték el. Ennek ellenére, 1892 után a katonai gyakorlatban a hadi „robbantó-gelatine”-t az ekrazit (pikrinsavas robbanóanyag) váltotta fel, melynek hatása ugyanakkora volt, mint a dinamité (dynamit), sőt vasszerkezetek robbantása esetén még felül is múlta azt.<sup>23</sup>

Az 1899-es Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához c. tankönyv ennek megfelelően a lőport, a dinamitot és az „ékrazitot (pikrinsav)” sorolja fel, mint az aknatöltetek robbantó szereit. Ezen belül a tábori felszerelés szabványos robbantószerere az ekrazit volt, melyből 1 kg-os robbantó szelencéket készítettek a lovasság utászszakaszai részére. A szelence vízállóan forrasztott (0,3 mm vastag) fehérbádóg burkolattal rendelkezett. Megjegyzendő, hogy bár a trotyilt (trotyl) nagy mennyiségben gyártották a Monarchia robbanóanyag gyárai (békeidőszakban naponta 16 tonnát, mely a háborús készülődés időszakában napi 36,7 tonnára növekedett), felhasználására mégis csak tüzérségi lőszerként került sor.

Ugyancsak érdemes megemlíteni, hogy egy későbbi számítás szerint, harchelyzetben „a robbanóanyagok legnagyobb fogyasztóját a tüzérségi lőszer képezte, utána következett a gyalogsági kézigránát, majd a légbombák, utász robbanóanyagok és aknák. A durva becslés szerint a robbanóanyag szükséglet megoszlásának kulcsa a következő volt:

- tüzérségi lőszer 60%;
- kézigránát 22%;
- légi bombák 10%;
- utász robbanóanyag és akna 4%;
- hadianyagipar 4%.<sup>24</sup>

## **Robbantószerkezetek a honi katonai robbantástechnikában**

### *Robbantó gyutacsok a Magyar Honvédségnél*

Az 1899-es Vezérfonal szerint „az ékrazittöltet biztosan csakis az eldurranó robbanógyutacs okozta heves ütéstől sül el”... „A gyújtásnak ezt a nemét durranó-gyújtásnak nevezzük.”<sup>25</sup> A rendszeresített robbantószerkezet a „2 gm.-os robbanó-gyutacs” volt<sup>26</sup>. A robbantó töltetek gyorsabb előkészítésére „a lovas utászszakaszok felszerelésében gyújtásra a 2 gm.-os robbanó-gyutacsokkal ellátott robbanószelencze-időzítőgyújtók” voltak rendszeresítve. A rövid időzítőgyújtó 1 m-es, a hosszú pedig 2 m-es időzített gyújtózsínórral volt szerelve

<sup>21</sup> Lásd a Bevezetésben.

<sup>22</sup> Durranóhigany.

<sup>23</sup> Schaffer Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve, (Pallas Rt., Budapest, 1903. 37–38. oldalak.

<sup>24</sup> H. T. I.: Robbanó anyagok, pótrobbanó anyagok – a Haditechnikai tájékoztató sorozat 17. közleménye, Magyar Katonai Szemle 6. füzet, Budapest, 1932.

<sup>25</sup> 186. oldal.

<sup>26</sup> Töltete durranóhigany.

(„angol szalag-gyúzsineg”<sup>27</sup>). „A rövid időzítőgyújtó égéstartama 100 egész 150 másodperc, a hosszúé 200 egész és 300 másodperc” volt.<sup>28</sup>

Az 1902-es E-23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászai számára, valamint az 1915-ös E-39,b. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság számára című szolgálati könyvek szintén a fenti robbantószerkeket mutatják be. Egyedüli változás az 1915-ös szabályzatban az, hogy a rövid „robbantószelece időzítőgyújtó”-nál 1,5–2,5, míg a hosszúnál 3,5–5 perc égésidőt állapít meg.<sup>29</sup>

### *Időzített gyújtózsínórok és robbanózsínórok a magyar honvédségnél*

Az 1899-es Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához c. kiadvány szerint „egy lovassági gyúzsinegdobozon a szabványos (angol) gyúzsinegből 50 m., a durranó gyúzsinegből pedig 100 m. van felgombolyítva”<sup>30</sup>. Az időzített gyújtózsínórból készült (az 1.2.1. alpontban bemutatott) „robbanószelence-időzítőgyújtók” is rendszeresítve voltak, a bemutatott pontosságú égési sebességgel. A kiadvány szerint a „durranó-gyúzsineg egyszerűen meggyújtva, gyorsan ég el”<sup>31</sup>. Égési sebességként kb. 10 m/sec-ot adtak meg, ugyanakkor robbanó gyutaccsal indítva 3000–3500 m/sec. volt „az eldurranás sebessége”. A Vezérfonal bemutatja „durranózsineg”hálózat készítését is. A leágazások kialakítását a rendszeresített kapcsolóhüvelyek segítették. Az 1. számúval a gyutacsot kötötték össze a durranózsineggel. A 2. számú 3–4, a 3. számú pedig 5–6 „durranózsineg elágazásnak a szabványos gyúzsineg 2 gm.-os gyutacsával való összekötésére szolgál”<sup>32</sup>.

## FAROBBANTÁS

### **Fa szerkezeti elemek robbantása**

Az 1899-es Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához a fa szerkezeti elemek robbantását az 1. számú táblázat szerint tárgyalta (az alkalmazott robbanóanyag ekrazit).

---

<sup>27</sup> Bickford-féle biztonsági gyújtó (időzített gyújtózsínórok).

<sup>28</sup> 188. oldal.

<sup>29</sup> 5. oldal.

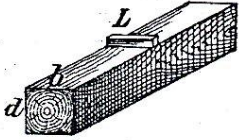
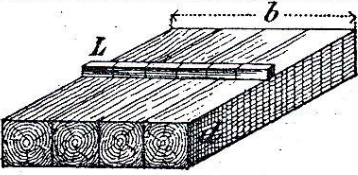
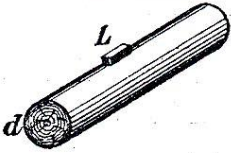
<sup>30</sup> Vezérfonal, 189. oldal.

<sup>31</sup> Uo. 188. oldal.

<sup>32</sup> Uo. 189. oldal.

## 1. számú táblázat

### A gerendák, gerendafalak és gömbölyű fák robbantó-módjainak összeállítása I.

Akna- telepítés	A f a		M a g y a r á z ó á b r a	A töltet képlete	M a g y a r á z a t	A töltet összeállítása és elhelyezése
	alakja	neme				
Szabadon felfektetett töltetek	gerenda	puha		$L=0.05bd^2$	<p><math>L</math> grammokban <math>b</math> és <math>d</math> centiméterekben. Ha <math>b &lt; d</math>, akkor a képletben <math>b=d</math> teendő. Ha puha fánál a számítás szerint <math>L &lt; \text{mint } 0.5 \text{ kgr.}</math> és kemény fánál <math>L &lt; \text{mint } 1 \text{ kgr.}</math>, akkor töltetük első esetben <math>L=0.5 \text{ kgr.}</math>, utóbbiban pedig <math>L=1.0 \text{ kgr.}</math> veendő.</p>	
		kemény		$L=0.1bd^2$		
	gerendafal	puha		$L=0.05bd^2$		
		kemény		$L=0.1bd^2$		
	gömbölyűfa	puha		$L=0.05bd^3$		
		kemény		$L=0.1d^3$		

A szöveges részben kiegészítésként olvasható, hogy „ha lehet, a töltetek homokkal megrakott zsákokkal, gyepdarabokkal befedendők; a robbanás hatását mindez fokozza” (196. old.).

Az 1903-as, A gyakorlati robbantó technika kézikönyve a fentieknek megfelelő szabályokat fogalmazza meg a fa szerkezeti elemek, szabadon felfektetett töltetekkel való robbantására, csak a képletben alkalmazott betűjelzések változtak:

- keményfa esetén:  $T = \alpha * s * m^2$  [1]
- puhafa esetén:  $T = \beta * s * m^2$ , [2]

ahol  $T$  – a „dynamittöltés” értéke grammokban;  
 $\alpha$  és  $\beta$  – a fa szilárdságától függő tényező (0,1 illetve 0,05 az értéke);  
 $s$  – a gerenda szélessége cm-ben;  
 $m$  – a gerenda magassága cm-ben.

A gerenda szélességének minden esetben azon felület szélességét kellett tekinteni, melyre a „töltést” ráhelyezték.

A képletben foglaltak abban az esetben igazak, ha  $/s/$  értéke nem kisebb  $/m/$ -nél.

Ha  $s < m$ , akkor az alábbi képletek alkalmazandók:

- keményfa esetén:  $T = 0,1 * m^3$  [3]
- puhafa esetén:  $T = 0,05 * m^3$ . [4]

Gömbfa robbantása esetén is érvényesek a képletek előírásai, csak ebben az esetben  $s = m$ -mel.

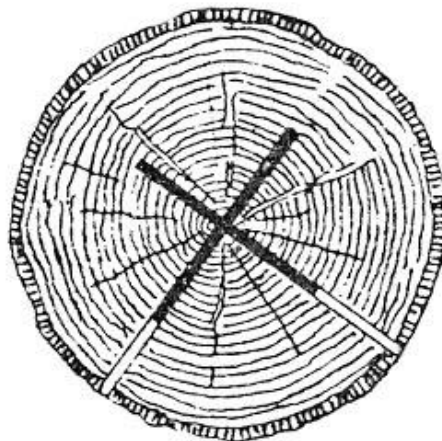
A fojtás alkalmazásának előnyeit ez a Kézikönyv is kiemelte, a Vezérfonalhoz hasonlóan.

Előrelépést jelentett a Kézikönyvben a fák fűrt lyukban elhelyezett, belső töltetekkel való robbantása. Példaként említi, hogy „Trauzl Izidor mérnök, tartalékos műszaki százados, hadászati szempontból igen fontosnak tartja, a dynamittal való fadöntést”.(281. oldal.)

A hadsereg fadöntésnél szerzett gyakorlati tapasztalatai alapján az alábbi eljárást ajánlja:

- 0,25–0,5 m faátmérő esetén, 4 cm-es amerikai csavarfúróval, sugárirányban kell a fát megfúrni vastagságának 2/3-áig, és a lyuk 1/3-át kell „dynamittal” feltölteni, a többi részt fűrészporral vagy földdel fojtva;
- 0,5–0,65 m faátmérő esetén, a fűrást a vastagság 3/4-éig végezzük, és a lyukat a feléig töltjük robbanóanyaggal;
- a 0,65 m-nél nagyobb átmérőjű fák esetén két, egymást keresztező lyukat fúrunk, melyeket az előbb említett módon töltünk robbanóanyaggal, de gyutacsot csak az egyik lyukba kell tenni (1. számú ábra); „a robbantás majdnem simára letöri a fatörzset”. (282. oldal.)

A Kézikönyv kiemeli, hogy „a robbantások következtében a fák azon irányban dőlnek el, amerre természetes hajlásuk van; nem lehet tehát arra dönteni, amerre akarjuk, bármiként fúrjuk is a lyukakat.” (282. oldal.)



1. számú ábra: Vastag fák fűrtlyukas robbantása

A fák fűrtlyukas robbantásához, a fenti módszerhez ajánlja a Kézikönyv az alábbi képletet:

$$T = 0.0003 * a^2, \quad [5]$$

ahol: T – a töltés mennyisége kilogrammokban;

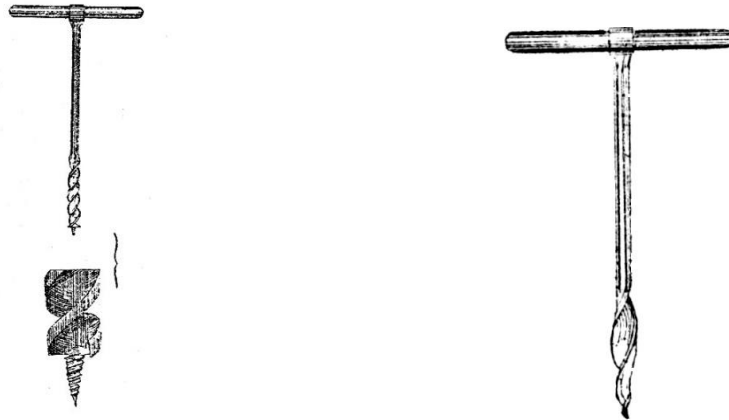
a – a fatörzs átmérője cm-ben.

A Kézikönyv ugyanakkor értelmetlennek tartja a fadöntés végrehajtását külső (szabadon felfektetett) összpontosított, vagy gyűrűs töltettel, tekintve, hogy a robbanóanyag felhasználás a nyolcszorosára növekszik, a belső töltethez képest.

A fent említett amerikai fúró és az egyszerű csigafúró közötti különbséget a 2. számú ábra mutatja be. Hogy milyen jelentősége volt az adott korban egy ilyen, ma már egyszerűnek tekinthető segédeszköznek, azt mi sem bizonyítja jobban, hogy bevezetéséről az 1911.10.24-én kelt, 99771/7. számú rendelet intézkedett<sup>33</sup>, kimondva, hogy a gyalogságnál minden honvéd gyalogezred részére 1 db 35 mm-es amerikai fúró, a lovasságnál honvéd huszárezredenként 1 db 26 mm-es csigafúró kerül rendszeresítésre, 10 év „szabványos viselési időtartammal”.

<sup>33</sup> Műszaki felszereléshez új cikkek rendszeresítése.





2. számú ábra: Amerikai csavarfúró és csigafúró

### **Fa szerkezeti elemek robbantása közbehelyezett összpontosított töltetekkel**

A robbantástechnikában már rég ismert az a tény, hogy rombolást nem csak a robbantandó szerkezet felületére (külső szabadon felfektetett), vagy abba elkészített különböző furatokban, kamrákban elhelyezett (belső) töltetekkel lehet végrehajtani, hanem a robbanóanyag lökéshullámának erejét kihasználó, az objektumtól bizonyos távolságra elhelyezett, ún. közbehelyezett töltetekkel is. Ezek a töltetek minden esetben összpontosított töltetek<sup>34</sup> robbantásával is. Az időtakarékos, viszont robbanóanyag pazarló és a környezeti hatásokkal egyáltalán nem számoló módszer, elsősorban a katonai robbantástechnikában terjedt el, de égő olajkutak lángjának „elfújásához” is alkalmaztak, alkalmaznak ilyen tölteteket.

Fa szerkezeti elemek esetében, az alacsony- és magasvízi fahidak cölöp aljzatainak, illetve a felépítmény robbantására alkalmazták a közbehelyezett összpontosított tölteteket, az alábbi szabályok szerint.

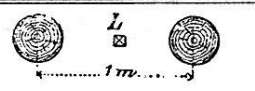
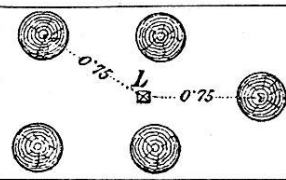
Az 1899-es Vezérfonal a 2. sz. táblázat szerint rögzíti a cölöpök közbehelyezett összpontosított töltettel való rombolását.

---

<sup>34</sup> alakjuk megközelítőleg kocka, de hosszuk semmiképpen sem haladja meg keresztmetszeti méretük ötszörösét (kivéve a föld- és sziklarobbanásnál alkalmazott hosszú tölteteknél, ahol ez az arányszám 30)

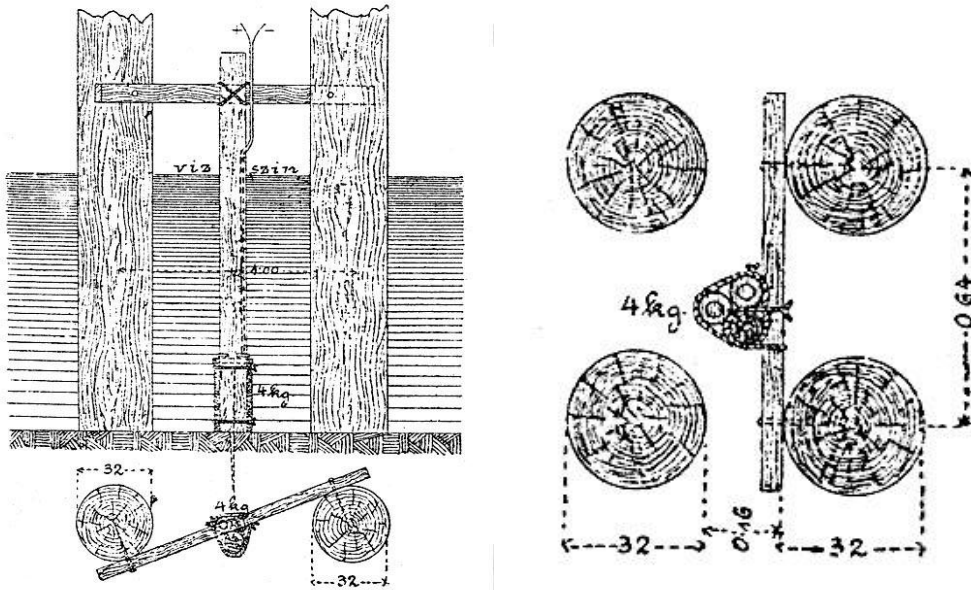
## 2. számú táblázat

### A gerendák, gerendafalak és gömbölyű fák robbantó-módjainak összeállítása II.

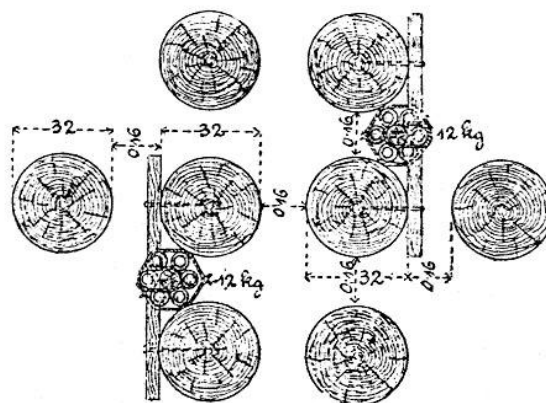
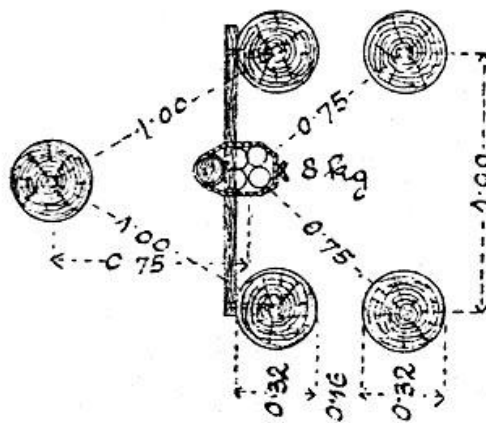
Akna-telepítés	A f a		M a g y a r á z ó á b r a	A töltet képlete	M a g y a r á z a t	A töltet összeállítása és elhelyezése		
	alakja	neme						
II	Víz alá süllyesztett töltetek, melyek a robbantandó tárgyat nem érintik	gömbölyű fa (czölöpök)	puha	Mint I. alatt	$L=0\cdot05d^3$	L, grammokban L, cm.-ekben	Mint I. alatt	
			kemény		$L=0\cdot1d^3$			
			puha				Egy 4 kg.-nyi töltet 30–40 cm. erős czölöpököt képes elrombolni, ha a töltet a czölöpök közepétől tovább mint 50 cm.-re nem áll	A töltet lehető mélyen helyezendő el ; minden esetre azonban legalább is oly mélyre, hogy a töltet felső széle a víz tükre alatt 50 cm.-nyire legyen.
			kemény		az utolsó három ábra szerint	$L=0\cdot1d^3$		
			A töltet itt kétszer oly nagy, mint puha fánál					

Az 1903-as Kézikönyv szintén konkrét töltetmégeket határoz meg a „hídjármok” robbantására:

- „egyszerű hídjáromnál, melynek cölöpei 1,0 m-re vannak egymástól, két-két pilota robbantására elegendő egy 4,0 kg-os I. osztályú dynamittöltés” (3/a. sz. ábra);
- „kettős járomnál, hol a cölöpsorok szintén csak 1,0 m-re vannak, négy-négy pilota robbantására ugyancsak 4,0 kg-os töltés szükséges, mely mindegyik cölöptől egyenlő távolságban kell hogy legyen” (3/b. sz. ábra);
- „öt cölöpből álló csoport robbantására 8 kg I. osztályú dynamittöltés szükséges” (4/a. sz. ábra);
- „nyolc cölöpből álló csoportnak felrobbantására két 12 kg-os töltés szükséges” (258–259. old.) (4/b. sz. ábra).



3. számú ábra: Kettős (a) és négyes (b) cölöpcsoport víz alatti robbantása



4. számú ábra: Ötös (a) és nyolcas (b) cölöpcsoport víz alatti robbantása

## **Fa szerkezeti elemek víz alatti robbantása**

A fa szerkezeti elemek víz alatti robbantását egy külön speciális helyzetként értékelem, ezért tárgyalom külön alponban és nem az egyes korok farobbantási szabályaival együtt.

Az 1899-es Vezérfonal a szabadon felfektetett töltetek vonatkozásában nem tesz különbséget (az alkalmazandó töltetmennyiséget illetően) víz alatti és feletti töltetek tekintetében (lásd 1. és 2. számú táblázatok). A közbehelyezett összpontosított töltetek alkalmazását viszont csak „legalább 50 cm mélyen ... víz alá süllyesztett töltetek” formájában engedi meg..

Az 1903-as Kézikönyv a közbehelyezett összpontosított tölteteket szintén csak víz alatti töltetként tartja alkalmazhatónak (3. és 4. számú ábrák). Nagyobb vízsebesség esetén a „hídjármok” cölöpjeinek egyenkénti robbantásához ajánlja a vízfolyás ellenében elhelyezett „szabadon ráhelyezett töltetet”, melynek tömege kisebb lesz, mint az [1]–[4] képletek szerint számított mennyiség „a mi akként magyarázható, hogy a víz szorosán körülzárja a robbanó töltést és fojtásként szerepelve, sokkal nagyobb ellenállást gyakorol, mint szabadon feltett töltéseknél a levegő” (259. oldal). Példaként említi (mivel a csökkentés viszonyszámára nem tesz utalást), hogy „ily elrendezéssel 30–40 cm átmérőjű keményfa pilotákat egyenként 0,75–1,0 kg-os I-ső osztályú dynamittöltéssel szét lehet robbantani”.

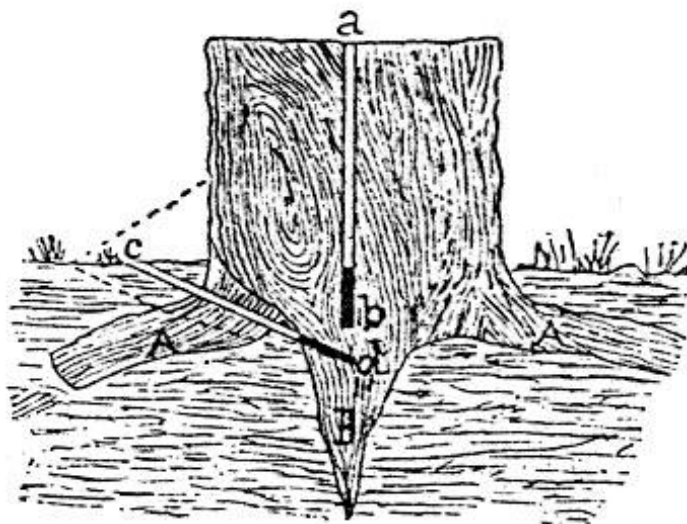
## **Tuskórobbantás**

A farobbantás egyik speciális területe a tuskórobbantás, mellyel műszaki támogatási feladatként (pl. erdős-hegyes terepen való erődítési berendezés során) ugyanúgy találkozhatunk, mint békeidőszakban végzendő robbantási munkánál. Bár a mai korszerű, nagyteljesítményű földmunkagépek sok tekintetben képesek kiváltani a tuskók eltávolításának ezt a módszerét, véleményem szerint, egy műszaki katona soha nem felejtheti el azokat a szabályokat, melyek segítségével egy adott helyzetben képes rendszeresített robbantóanyagai segítségével megbirkózni ezzel a feladattal is.

A Vezérfonal (1899) nem tárgyalja a tuskórobbantást bár az első, dinamittal Saarburgban (Poroszország) végzett kísérletekről 1869-ben a cs. kir. műszaki bizottság részéről éppen egy katona, Trauzl Izidor százados számolt be.

A Kézikönyv (1903) viszont annál részletesebben ír a tuskórobbantási kísérletek eredményeiről, közölve többek között a margitszigeti Nagyszálló alapozási munkái során talált nagyméretű tuskók kirobbantásakor, a cs. kir. műszaki ezred budai zászlóalja által szerzett tapasztalatokat is, melyeket a mű 286-ik oldalán található táblázata foglal össze.

A Kézikönyv szerint a tuskókat felülről a fába fűrt lyukakba töltött dinamit töltetekkel kell felrobbantani. „A lyuk mélysége függ a tuskó átmérőjétől, magasságától, a gyökérsomó fekvésétől és a főgyökerek erősségétől. ... Általában csak olyan mélyre fúrhatunk, hogy a lyuk fenekének távolsága a földtől a kisakna hosszának 1/5–1/6-a legyen.” (290. old.). Ha „a tengelybe fúrandó kisakna kisebb volna a törzs átmérőjének 1/3-ánál, akkor célszerűbb a tuskót oldalt megfúrni” (291. oldal) (5. sz. ábra).



5. számú ábra: A felszínhez közel elvágott tuskó robbantása

A gyakorlati robbantások összegzett tapasztalatai alapján:

- „jól feltárt fatuskók robbantására annyi gramm II. osztályú dynamitot veszünk töltésül, ahány centiméter a tuskó átmérője; irtott tuskókra 10%-kal kisebb töltés is elégséges”;
- „fel nem tárt tuskók robbantására kétszer nagyobb töltés szükséges” (292. oldal).

Tuskórobbantás végrehajtásához ajánlja a Kézikönyv a 4. számú mellékletében található töltési táblázatot.

### Részkövetkeztetések

A fa szerkezeti elemek robbantásának szabályai, a töltetek elhelyezésének módjai gyakorlati tapasztalatok alapján alakultak ki. A külső, szabadon felfektetett töltetekkel való robbantás végrehajtása lényegében hasonló elvek szerint történik az 1880-as évek végétől, napjainkig. Jelenleg alkalmazott számítási eljárásunk annyiban tekinthető pontosabbnak, hogy a fa fajtáját és állapotát nagyobb pontossággal igyekszik figyelembe venni, mint ahogy azt elődei tették. A plasztikus robbanóanyag megjelenésével adottá vált a lehetőség gyűrűs töltet készítésére, mely a töltet mennyiségének csökkentésén túl a nagyobb pontosságú robbantást is lehetővé teszi. A Mű/213. Robbantási utasításban található eltérés (a töltet tömegének „másfélszeresére” történő csökkentését illetően) fordítási hiba (valójában 30%-os csökkentésről van szó) és nem új felismerés következménye.

A fa szerkezeti elemek fűrt lyukas robbantási módszere is régóta ismert. A felhasználandó robbanóanyag mennyiségének a szabadon felfektetett töltethez képest történő csökkenésében is lényegében azonos elvek tapasztalhatóak (1903-ban 1/8-a, 1964-ben 1/10-e). Sajnálatos, hogy ez a robbantási módszer az 1971-es Mű/213-ból már kimaradt, bár az 1980-as években rendszeresített Robbantó felszerelés kombinált gyűjtáshoz készlet részét képezte egy megfelelő átmérőjű csigafúró a töltet furatok elkészítéséhez.

Fa szerkezetek harchelyzetben való robbantása esetén nagy jelentőségűek lehetnek a közbehelyezett összpontosított töltetek. Érdekes, hogy ezek alkalmazását sokáig csak víz alatti töltetként tudták elfogadni és ezt is csak kis távolságban lévő elemek esetén. Feltehetően

a robbanás léglökési hullámának nem kellő ismerete akadályozta ilyen sokáig (az 1965-ös Mű.2. említi először) a felszíni alkalmazás kimunkálását.

A víz alatti robbantás szabályai sokat változtak az idők során, hiszen az 1899-es Vezérfonal még semmilyen megkülönböztetést nem tesz víz alatti és feletti szabadon felfektetett töltet között, a Mű/213. szerint viszont az alkalmazandó robbanóanyag mennyiség akár a felére is csökkenthető víz alatti töltetek esetén. Jelenlegi szabályozásunk javára írható az is, hogy nagyobb pontossággal határozza meg a víz alatti töltet kritériumát (a robbantandó elem vastagságának legalább kétszerese legyen a víz alatti elhelyezés mértéke), mint elődei („legalább 50 cm-re a víz alatt”).

A tuskórobbantást szintén régen alkalmazzuk a katonai robbantástechnikában. A töltetek elhelyezésében és tömegük számításában szintén tapasztalati eredmények kerültek hasznosításra. Sajnálatos viszont, hogy az 1950-es Robbantás segédlet azon felismerése, hogy hadiutak építése során nem célszerű a tuskók talajból való kiemelése (hiszen az így keletkező gödröt be is kell tölteni), mára feledésbe ment. Így a tuskók robbantásos hasogatását nem tárgyalja a jelenleg érvényben lévő utasításunk.

## FÉMSZERKEZETI ELEMÉK ROBBANTÁSA

### Acéllemezek és -tartók robbantása

A Vezérfonal (1899) szerint a vaslemezek robbantásához szükséges töltet tömegét az alábbi képlettel állapíthatjuk meg:

$$L = 0.01 * b * d^2 \quad [5]$$

ahol L – az ekrazit töltet tömege kg-ban;  
b – a robbantandó lemez szélessége cm-ben;  
d – a robbantandó lemez vastagsága cm-ben.

A képlethez csatlakozó kitétel szerint /b/ értéke 15 cm-nél kisebb nem lehet, amennyiben ez mégis előfordulna, úgy számítási értéként 15 cm-t kell venni. A töltetmennyiség könnyebb meghatározása céljából a Vezérfonal egy táblázatot is közöl, mely a lemez vastagsága (0,8-tól 5,0 cm-ig) és szélessége (15 és 60 cm között) alapján határozza meg, a robbantáshoz szükséges robbanóanyag tömegét kilogrammban.

Vasszerkezetek esetén, minden alkotóelem külön lemezként számítandó, majd az egyes töltetek tömege összegzésre kerül.

A „szerkezet rész egyes elemeihez akként kell a tölteteket fektetni, hogy – a robbantásra nézve mérvadó irányban – a szerkezet rész egy ugyanazon harántmetszetében, töltetek egymással szemben ne legyenek. Ellenkező esetben, a hatások egymást kölcsönösen gyengítvén, a szerkezet részek áttörése meggátoltatik”<sup>35</sup>. Ezt az elvet követjük azóta is, hiszen a robbanás energiája nyírési igénybevételnek teszi ki a tartót az adott keresztmetszetben. A fémszerkezetek pedig ez által a legsebezhetőbbek (húzást és nyomást sokkal nagyobb mértékben képesek elviselni).

A Kézikönyv (1903) szerint a vasszerkezetek rombolása „a robbantó gyakorlatban szabadon feltett töltésekkel történik”<sup>36</sup>.

Vaslemezek robbantásához az alábbiak szerint kell a töltet tömegét meghatározni:

<sup>35</sup> Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához – fordítás, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., Budapest, 1899. p. 196.

<sup>36</sup> Schaffer Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve, Pallas Rt., Budapest, 1903. p. 261.

$$T = \gamma * s * v^2 \quad [6]$$

- ahol  $T$  – a „dynamit töltés” kg-ban;  
 $\gamma$  – a „vaslemez mineműségétől” függő együttható;  
 $s$  – a lemez szélesség cm-ben;  
 $v$  – a lemez vastagság cm-ben.

Külön kitételként itt is megjelenik, hogy ha  $s/v$  kisebb 15 cm-nél, akkor is ezt az értéket kell a képletbe behelyettesíteni.

A „cs. és kir. katonai műszaki bizottság” (többek között a bécsi szabadalmazott robbantó-technikai iroda által, az 1878.évi párizsi vilákiállításán bemutatott kísérleti eredmények alapján, melyek a Kézikönyv 162. oldalán található) a  $\gamma$ -együttható értékét az alábbiakban határozta meg:

- „kovácsolt tömör, illetőleg vékony lemezekből egybe szegecselt vaslemezekre, hol a szegecselés távolsága meghaladja a 15 cm-t”  $\gamma=0,0063$ ;
- „öntött vaslemezekre, valamint szegecselt kovácsolt lemezekre, hol a szegecselés távolsága kisebb 15 cm-nél”,  $\gamma = 0,0032$ .

„Kazánlemezről és öntött acélból készített szerkezeti részek robbantására kétszer nagyobb töltések szükségesek, mint kovácsolt vasból valókra”<sup>37</sup>.

A vaslemezek robbantásához itt is egy táblázat könnyíti meg a töltetmennyiség meghatározását (kg-ban), a lemezvastagság (0,8-tól 10 cm-ig) és -szélesség (15-től 140 cm-ig) alapján.

Érdekes a Kézikönyv alábbi megjegyzése: „hadászati robbantásoknál, egyrészt a föltétlen siker okáért, rendszeren a számítottnál nagyobb töltésekkel dolgoznak, másrészt pedig, mert a töltényekből vagy szelencékből egybevetett töltés kocka- vagy hengeralakjának méretei nem adódnak ki a képlet szerint meghatározott mennyiségből”<sup>38</sup>. A számított töltet tömegének felfelé kerekítését és annak préstest darabszámában való kifejezését, továbbá a szerkezet, robbantáshoz történő szereléséhez, a töltet folytonosság biztosításához szükséges kiegészítő préstestek felhasználását, a mai napig alkalmazzuk.

Vasszerkezetek robbantására a következő ajánlásokat teszi a Kézikönyv:

- „robbantó töltéseket akként kell elhelyezni, hogy az illető szerkezeti részt szorosan érintsék s elmozdíthatatlanul hozzá legyenek kötve”;
- „egy és ugyanazon keresztmetszetben nem szabad két töltést egymással szemben alkalmazni, mert hatásuk egymást kölcsönösen lerontván, a szerkezeti részt nem fogják áttörni; ilyenkor a töltéseket a szerkezeti rész vastagságával egymástól el kell tolni” (lásd a 7. számú ábrát);
- „lemezpárok robbantásánál ... ha a lemezek közé robbantó töltést elhelyezni nem lehet, akkor a lemezpárt egységes lemeznek tekinthetjük, melynek vastagsága a két lemezéből és a közből adódik”<sup>39</sup>.

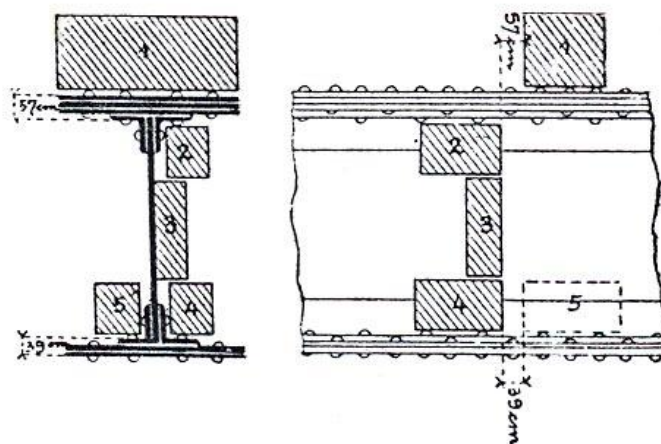
Megjegyzendő, hogy a Kézikönyv a különféle vasszerkezeti elemek robbantásának megtervezését és a töltetek felerősítése végrehajtásának módját egy nagyon pontos és a gyakorlati végrehajtást is részletező példán keresztül szemlélteti, mely követendő lenne egy mai robbantási utasítás számára is.<sup>40</sup>

<sup>37</sup> Uo. 262. oldal.

<sup>38</sup> Uo. 263. oldal.

<sup>39</sup> Uo. 263–264. oldalak.

<sup>40</sup> Uo. 264–267. oldalak.



5. számú ábra: „Egy és ugyanazon keresztmetszetben elhelyezendő töltések”<sup>41</sup>

### Acélcsővek és -rudak, gömbvasak és sodronykötelek robbantása

A Vezérfonal (1899) a kérdéskörrel egyáltalán nem foglalkozik. A Kézikönyv (1903) acélcső robbantását szintén nem említi, viszont a [6] képlet és a hozzá tartozó vasanyag együttható értékei „érvényesek kovácsolt és öntött rúdvasra is, melynek vastagságául, gömbölyű rúdvasnál, annak átmérőjét vesszük, prizmatikusnál pedig a körülírt henger átmérőjét. A szükséges robbantó töltések egybevetésére megjegyezzük, hogy kereszt-szelvényök közelítőleg négyzetalakú legyen, melynek oldalhossza másfélszerese a rúd vastagságának; elhelyezését illetőleg pedig kiemeljük, hogy hosszával a rúd irányában jól meg kell erősíteni”<sup>42</sup>.

### Fémszerkezeti elemek víz alatti robbantása

A fémszerkezeti elemek víz alatti robbantását azért tárgyalom külön alponthban, mert egy speciális feladatról van szó, melynek tanulmányozása ez által talán könnyebbé válhat a téma iránt érdeklődő szakemberek számára.

A Vezérfonal (1899) nem említi ezt a kérdéskört. A Kézikönyv (1903) az „Elsüllyedt hajók robbantása” című alfejezetben tér ki a fémszerkezetek víz alatti robbantásának nehézségeire. Egy 1886-ban, a Temes folyónak a Dunába való torkolatánál, Pancsova közelében elsüllyedt 42 m hosszú, 6 m széles vasuszály robbantással való szétदारabolását ismerteti (a hajótest 6, illetve 10 m mélyen feküdt). Magát a számítást sajnos nem, csak az alkalmazott töltetek tömegét és elhelyezését közli a 269–271. oldalakon.

### Részkövetkeztetések

A fémszerkezeti elemek robbantásánál a töltet-meghatározás módját illetően adódnak eltérések, ugyanakkor a leglényegesebb összefüggéseket a kezdetektől (1899–1903) napjainkig, azonos módon vesszük figyelembe. Ilyenek pl.:

- az összetett fémszerkezetek robbantásánál, az alkotóelemekre történő töltetmennyiség meghatározása;

<sup>41</sup> Uo. 263. oldal, 194. ábra

<sup>42</sup> Schaffer Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve, Pallas Rt., Budapest, 1903. 263. oldal



- az összetett (esetleg még légréssel is rendelkező) lemezek egy (homogén) lemezként való figyelembe vétele;
- a szerkezeti elemnél, az egy keresztmetszetben ható töltetek egymáshoz viszonyított eltolásának szükségessége;
- a robbanóanyag felhelyezési oldalán, a teljes felületi felfekvést akadályozó szegecsfejek figyelembevétele már a számításnál (mint átütendő vastagságot növelő tényező).

A fémszerkezet anyagminőségét először (és utoljára) az 1903-as Kézikönyv vette számítási alapnak, ezt követően csak a páncéllemezekre vonatkozóan határoz meg eltérést az 1950-es Segédlet, majd az ezt követő Utasítások (1965; 1971).

## TÉGLA, KŐ, BETON ÉS VASBETON ELEMÉK ROBBANTÁSA

### Tégla, kő és beton szerkezeti elemek robbantása

A Vezérfonal (1899) nem említi az építési anyagokból készült szerkezeti elemek robbantását.

A Kézikönyv (1903) viszont már bőszeges terjedelemben foglalkozik a „falazatok” robbantásával, történeti áttekintést is adva az egyes eljárások kialakulásáról.

A falazat teljes áttörésére a Vogl-féle alapképletet alkalmazza, melyet később a földrobbantásnál is alkalmazni fog. A képlet létrejöttének történetéhez tartozik, hogy a belső töltetek problémája (abban az időben „hadi aknáknak” nevezték őket<sup>43</sup>) már régóta foglalkoztatta a katonai szakembereket. A hadi aknák feltalálójának Piedro Navarrot tartják, aki 1503-ban Nápoly ostrománál alkalmazta a védművek rombolására. Ennek eredménye volt 1679-ben Franciaországban, 1716-ban pedig Ausztriában az aknász századok felállítása, és ezt követően a belső töltetek (ebben az időben nem tettek különbséget a talajban és a falakban elhelyezett töltetek között) elméleti kérdéseinek tisztázására fordított figyelem.

A kutatásokban kiemelt jelentőségű a XVIII. század legkiválóbb aknászának tartott Belidornak azon felfedezése, hogy „minden robbantó töltés bizonyos nyomási gömböt létesít”<sup>44</sup>.

Újabb előrelépést jelentett 1805-ben Lebrun fellépése, aki Megrigny 1686-os kísérleti eredményeit is felhasználva felállította töltési képletét, „mely szerint két hasonló repesztő kúphoz tartozó töltések (T) úgy viszonylanak egymáshoz, mint e kúpok köbtartalmai (K) illetőleg:

$$T : T_1 = K : K_1 \text{ } ^{45} \quad [7]$$

Ebből eredően „mértilag hasonló aknatöltésekre ...a robbantó töltések úgy viszonylanak egymáshoz, mint a megfelelő ellenállások harmadik hatványai”, vagyis

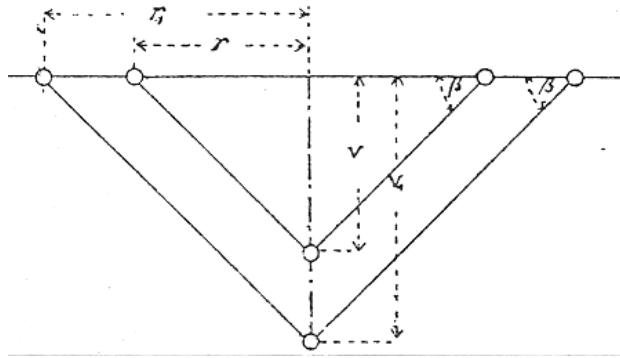
$$T : T_1 = v^3 : v_1^3 \quad [8]$$

ahol  $v$  és  $v_1$  a 6. számú ábra szerint.

<sup>43</sup> Schaffer Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve, Pallas Rt., Budapest, 1903. 170. oldal.

<sup>44</sup> Uo. 175. oldal.

<sup>45</sup> Uo. 175. oldal.



6. számú ábra: Hasonló repesztő kúpok ábrázolása<sup>46</sup>

A [8] arányból következik, hogy „a töltés és az ellenállás harmadik hatványából képzett hányados állandó; ennek értékét  $/g/$  töltési együtthatónak nevezzük”<sup>47</sup>.

Ennek alapján a közismert Lebrun-képlet:

$$T = g * v^3 \quad [9]$$

ahol  $T$  – a robbanóanyag tömege kg-ban;  
 $v$  – az ellenállási vonal m-ben;  
 $g$  – a töltési együttható.

Lebrun elméletét fejlesztette tovább 1871–1873 között, Linzben végrehajtott kísérleti falrobbantásai során az Osztrák-Magyar Hadügyi Bizottság, mely azt állapította meg, hogy „különböző fúrólyukak töltései úgy viszonylanak egymáshoz, mint a megfelelő romboló övek félátmérőinek (repesztő sugarak) harmadik hatványai”<sup>48</sup>, vagyis:

$$T = c * s^3 \quad [10]$$

ahol  $c$  – töltési együttható;  
 $s$  – a repesztő sugár.

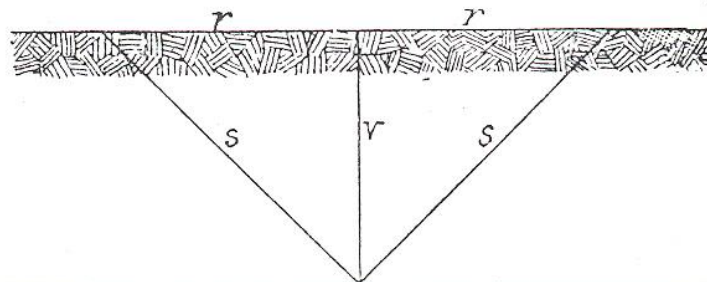
A [10] képletet finomította tovább 1874-ben Julius Vogl őrnagy, mivel ebben a formájában a gyakorlati számítások végrehajtására alkalmatlannak találta. A különféle feladatok végzése során ugyanis rendszerint a legkisebb ellenállás  $/v/$  és a tölcser sugara  $/r/$  adott (7. számú ábra), melynek alapján:

$$s = (v^2 + r^2)^{1/2} \quad [11]$$

<sup>46</sup> Uo. 175. oldal, 147. ábra.

<sup>47</sup> Uo. 176. oldal.

<sup>48</sup> Uo. 176. oldal.



7. számú ábra: A feladat ábrája Vogl szerint<sup>49</sup>

A [11] képletet átrendezve bevezette a töltet hatásmutatóját /n/, mely:

$$n = r / v \quad [12]$$

A falrobbantási tapasztalatok alapján Vogl szerint e hatásmutató értéke 0,75–1,5 között változik.

Vogl képletének végső alakja a következő:

$$T = k * (v + r)^3 \quad [13]$$

ahol T – a robbanóanyag töltet tömege kg-ban;  
 k – töltési együttható;  
 v – a legkisebb ellenállás m-ben;  
 r – a tölcsér sugara m-ben.

A /g/ és /k/ töltési együttható kísérleti meghatározására, valamint néhány gyakorlati értékére vonatkozóan a Kézikönyv 178–182. oldalain található útmutatás.

Az /n/ töltet hatásmutató értékének megválasztása során az alábbiak figyelembevételét ajánlja a Kézikönyv:

- „minél nagyobb az /n/, annál teljesebb és nagyobb terjedelmű a szerkezeti rész áttörése;
- minél nagyobbak vesszük a tölcsér sugarát, annál távolabbra helyezhetjük el egymástól az aknákat, vagyis annál kisebb lesz a robbantandó tárgyhöz szükséges töltések száma és ezzel kapcsolatosan kisebb az előmunka;
- az /n/ viszonyszám növelésével, a robbantandó építményhez (pl. bizonyos hosszú szabadon álló falnál) szükséges repesztő-szer mennyisége is nagyobbodik s maximumát éri el n = 1,5-nél, midőn is a felével nagyobb, mint /n/ legkisebb értékénél, illetve 0,75–nél”<sup>50</sup>.

A szerkezeti elemek több, egymással összefüggően ható töltettel való robbantása során a töltetek egymástól való távolságának megállapításakor az alábbiakra kell figyelemmel lenni:

- „hogyan valamilyen építmény falazatának teljes és összefüggő áttörését elérjük, azaz, hogy az akna-tölcsérek között egyes megbontatlan falrészek ne maradjanak, az aknákat legföljebb a tölcsér-sugár kétszeres távolságában kell egymástól elhelyezni;
- ha az aknákat ennél kisebb távolságban rendezzük el, akkor a falazatnak áttörése tökéletesebb és terjedelmesebb, a megrázkódtatás pedig, erőteljesebb és mélyebbre ható lesz;

<sup>49</sup> Uo. 177. oldal, 148. ábra.

<sup>50</sup> Uo. 239. oldal.

- ha ellenben az aknák egymástól való távolsága nagyobb a kettős tölcésű sugárnál, akkor a robbantandó falazatrétegek csak részben lökődnek ki, s az építmény állékonyságától függ, vajon a helytálló részek megakadályozhatják-e annak teljes beomlását vagy sem?<sup>51</sup>.

A Kézikönyv szerint a „kapcsolt aknák” esetén célszerű tölteteket egymástól a tölcés-sugár másfélszeres távolságára helyezni.

### **Tégla, kő, beton és vasbeton elemek robbantása közbehelyezett töltettel**

A Kézikönyv (1903) az építési anyagból készült szerkezeti elemek robbantásánál nem említi a közbehelyezett töltetek alkalmazásának lehetőségét. Az építmények rombolásának tárgyalásakor viszont bemutatja a „szabad töltések” alkalmazását, amikor a robbanóanyag tömegét az épület belső térfogata, illetve alapterülete alapján állapítja meg ugyanúgy, mint ahogy ezt ma is tesszük az adott módszernél.

### **Részkövetkeztetések**

Már az 1903-as Kézikönyv azonos elméleti alapokra helyezi a szikla- illetve építési anyagokból készült szerkezetek robbantását és a földrobbantást. A töltet hatásmutatójának  $n$ /számítása tökéletesen megegyező a századfordulón alkalmazott ( $n = r/v$ ) és a mai képlet esetében ( $n = r/h$ ), a különbség csak annyi, hogy a legkisebb ellenállás vonalát akkor  $v$ -vel, ma pedig  $h$ -vel jelöljük.

Ugyancsak felismerik a rombolási sugár és a töltetek száma közti azon összefüggést, hogy minél nagyobb a sugár értéke, annál kevesebb (de nagyobb tömegű) töltet, vagyis kevesebb előkészítési idő szükséges.

A töltetek egymástól való távolságának, maximum kétszeres rombolási sugár értékben való korlátozása is megegyezik mai elveinkkel.

## **FÖLDROBBANTÁS**

### **A földrobbantás elméletének és gyakorlatának fejlődése**

A földrobbantás elméletének fejlődését az 1903-as „Kézikönyv” mutatja be nagy részletességgel. A robbantás végrehajtását „központosított akna vagy furattöltésekkel<sup>52</sup>”, illetve „nyújtott töltésekkel” lehet végrehajtani. Ez utóbbit „több egymásra, vagy egymás mellé helyezett központosított töltésnek tekinthetjük”<sup>53</sup>.

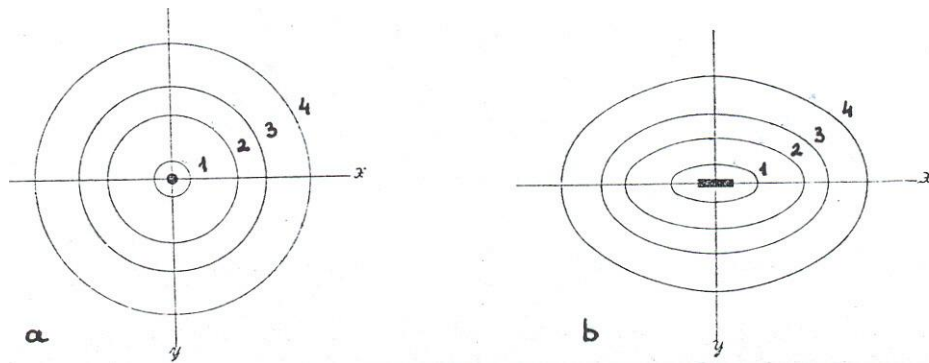
A robbanás során a következő „hatásövek” tapasztalhatók (8. számú ábra):

- nyomási vagy zúzó öv (zúzás, tömörítés megy végbe);
- romboló öv (hajítás vagy eltolás következik be);
- repesztő öv;
- rezgő öv.

<sup>51</sup> Uo. 239. oldal.

<sup>52</sup> Összpontosított és fúrt lyukban elhelyezett töltet.

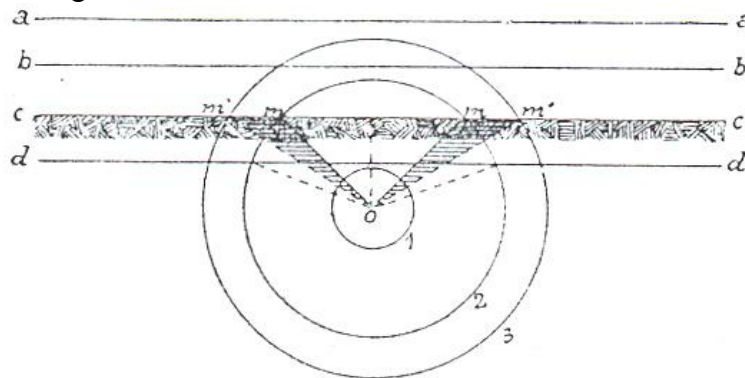
<sup>53</sup> Schaffer Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve, Pallas Rt., Budapest, 1903. 168. oldal.



8. számú ábra: A robbanás hatásövei központosított (a) és nyújtott töltéseknél (b)<sup>54</sup>

A hatásövek és a robbantandó talaj (kőzet) szabad felületének egymáshoz való viszonyát vizsgálva, a „Kézikönyv” az alábbi megállapításokat teszi (9. számú ábra):

- „ha a szabad felület (a-a), illetve (b-b) a romboló hatásöv (2) fölé esik, akkor a durranás látható hatása elvész, mert a fejlődő gázok feszítő ereje nem képes a kőzet összefüggését megbontani”.



9. számú ábra: Az akna- és repesztő-tölcsér keletkezése<sup>55</sup>

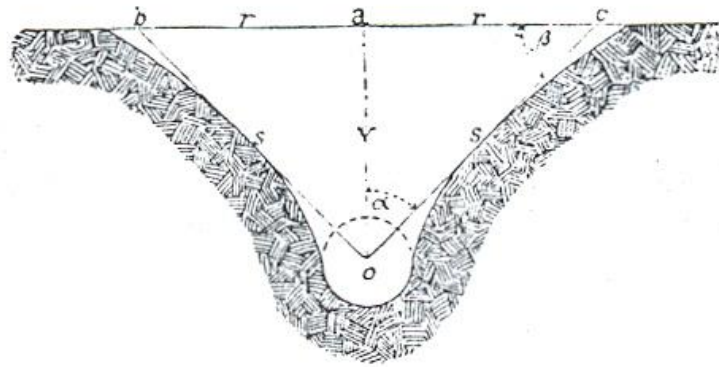
- „ha a szabad kőzettelület (c–c) a romboló övet (2) metszi, ... a robbantó gázok sugárirányos erő kifejtése kúphoz hasonló testet hajít ki, melynek alapja a (c–c)-vel jelölt szabad felületben, csúcsa pedig, a töltés középpontjában (o) fekszik”;
- „a hirtelenül fejlődő gázok feszítő ereje következtében a kőzetnek egy része nagy erővel lökődik ki, miáltal” az 50. ábrán látható „(m–o–m) úr keletkezik, melyet aknatölcsérnek nevezünk; ha ezután utómunkával távolítjuk el az össze-vissza repedezett, de ki nem hajított kőzetrészeket, megkapjuk az (m’–o–m’) repesztő tölcsért”;
- „ha végre a kőzet szabad felülete (d–d) a nyomási övhöz (1) közel fekszik vagy éppen metszi azt, akkor a megoldott kis kőzettelület erős durranással hajtódik ki, míg az előbbi esetben csak tompa rázkódás áll be”<sup>56</sup>.

A nevezett repesztő tölcsért vizsgálva az alábbi összefüggéseket állapította meg (10. számú ábra):

<sup>54</sup> Uo. 169. oldal, 139-140. ábrák.

<sup>55</sup> Uo. 170. oldal, 141. ábra.

<sup>56</sup> Uo. 170. oldal.



10. számú ábra: A központosított töltés aknatölcsére<sup>57</sup>

- „a gázok nagy feszültsége miatt a kúp a töltés-fészkekben (o) kitágul és alapjának szélei többé-kevésbé kerekded alakot mutatnak”;
- „a töltésfészkek középpontjától a szabad falig mért függélyes távolságát (o–a = v) a legrövidebb ellenállási vonalnak nevezzük”
- „a töltésfészkek középpontját a tölcséralap szélével összekötő egyenesek (o–b és o–c = s) a repesztő sugarak, melyek ... egymással egyenlők”;
- „az aknatölcsér alapja kör, melynek fél-átmérőjét (a–b = a–c = r) tölcsérsugárnak nevezünk”;
- „a repesztő sugár és az ellenállási vonal bezárják a (β) szöveget, mely általában annál nagyobb, menttől erősebben töltjük az aknát; a kúpnak fél csúcsszögét (α)-val jelöljük”<sup>58</sup>.

„A tapasztalat igazolja, hogy központosított töltések akkor repesztik ki a legnagyobb aknatölcsért, ha  $v = r$ , illetve ha  $\beta = 45^\circ$ ”, mely esetben az aknatölcsér úrtartalma:

$$K = \pi/3 * v^3 = 1.05 * v^3 \text{,}^{59} \quad [14]$$

A robbantási gyakorlatban ezt az aknatölcsért *szabványosnak*, az alkalmazott töltet mennyiséget pedig, *normálisnak* nevezték.

Azt is megállapították, hogy azonos tömegű tölteteket robbantva, egyre nagyobb ellenállási vonal /v/ mélységekre elhelyezve, a kirobbantott tölcsér köbtartalmai egyre kisebbek lesznek. Ugyanekkor természetesen /r/-értékei is kisebbednek, míg végül eléjük azt a kritikus /v/-értéket, melynél aknatölcsér már nem képződik ( $r=0$ ). Abban az időben ezt „gőzagnának”<sup>60</sup> nevezték. Höfer H., leobeni bányaakadémiai tanár számításai szerint, ha a legrövidebb ellenállási vonalat felével nagyobbra vesszük, mint szabványos esetben ( $v = r$ , illetve  $\beta = 45^\circ$ ), nem keletkezik aknatölcsér tekintve, hogy gőzagnáknál a romboló öv sugara 1,554-szer nagyobb, mint a normális legrövidebb ellenállási vonal.

Amennyiben a szabványos aknatölcsérnek megfelelő ellenállási vonal mélységben, a normálisnál kisebb vagy nagyobb tömegű töltetet alkalmaztak, úgy gyöngye vagy erős töltésekről beszéltek.

<sup>57</sup> Uo. 172. oldal, 142. ábra.

<sup>58</sup> Uo. 172. oldal.

<sup>59</sup> Uo. 172. oldal.

<sup>60</sup> Ma földalatti hatású töltet megnevezésén ismert.

A töltetek tömegének meghatározásáról a 4.1. alfejezetben már esett szó, hiszen nem tettek különbséget a föld-, illetve a szikla és építési anyag (tégla, kő, beton, vasbeton) robbantás között. Így ismertetésre került a Lebrun-képlet [9] és az ennek továbbfejlesztéseként bevezetésre került [10] képlet, melyet az Osztrák-Magyar Hadügyi Bizottság állapított meg. Ennek még tovább fejlesztésének eredményeként jelenik meg a Vogl-képlet [13], melynél először kerül alkalmazásra a [12] képletben foglalt töltet hatásmutató  $n$  fogalma, melyet a mai napig használunk számításainkban.

A [10] képlet  $c$ , illetve a Vogl-képlet (0.36  $c$ -értékű)  $k$  töltési együtthatóit föld- és sziklarobbanásnál a cs. és kir. hadi bizottság által meghatározott táblázat alapján állapították meg<sup>61</sup>.

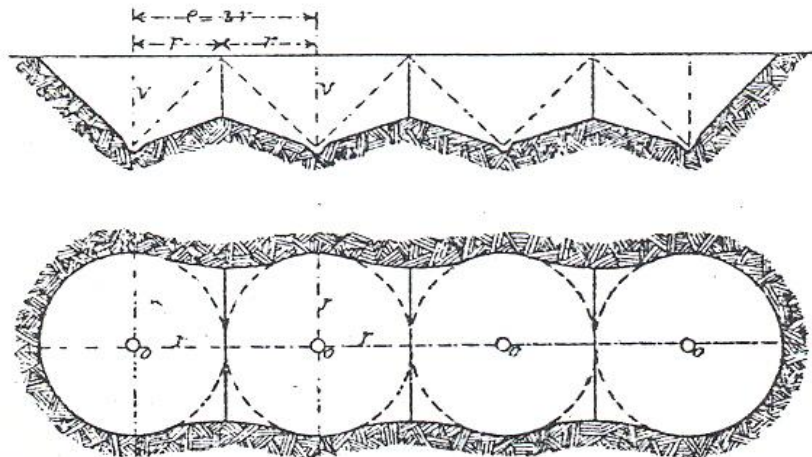
A [9] Lebrun-képlet  $g$ -töltési együtthatóiként, a Dynamit-Nobel részvénytársaság I., II. és III-osztályú dinamitra vonatkozóan, az alábbi értékeket ajánlotta ( $v = 0,5-2,0$  m-ig):

- igen szilárd és szívós kőzetek esetén 0,6–0,75;
- közép-kemény kőzetre 0,3–0,45;
- igen puha kőzetre 0,2–0,35.

Javasolja ugyanakkor a próbarobbanásokat is, a töltési együttható meghatározásához. Ebben az esetben  $v = 1,0$  m ellenállási vonal mélységben elhelyezett különböző tömegű töltetekkel kell a  $g$ - vagy a  $c$ -együttható értékét meghatározni. Mivel a kísérletek tanúbizonyságai szerint, két azonos körülmények között elvégzett robbantás hatásában akár 25% eltérés is lehetséges, így (előírása szerint) több robbantás számtani középértékét kell végső eredményként figyelembe venni.

Több töltetet sorban elhelyezve, ún. „kapcsolt lövések” hatását is vizsgálja a „Kézikönyv”, és az alábbi megállapításokat teszi:

- amennyiben az azonos tömegű és elhelyezési mélységű töltetek egymástól való távolsága  $e$  egyenlő a tölcsérsugár  $r$  kétszeresével, nyújtott töltet robbantásához hasonló árok keletkezik, melynek szélessége majdnem egyenlő az egyes töltetek által kialakított tölcsér átmérőjével, és mélysége is azt közelíti (11. számú ábra);

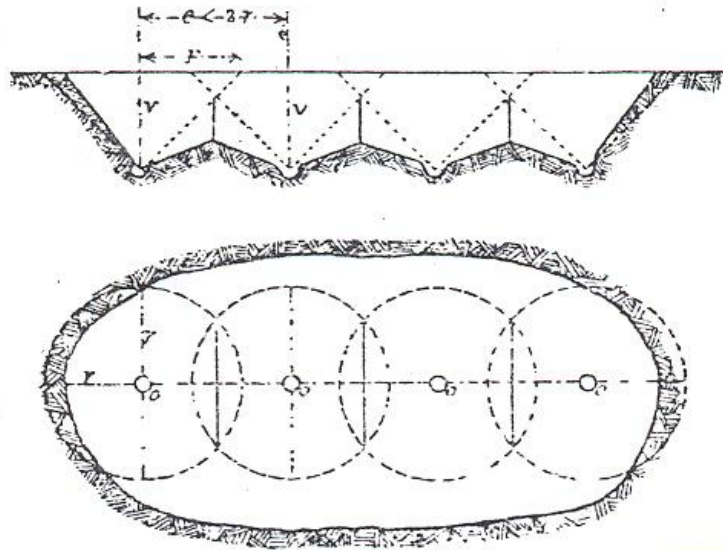


11. számú ábra: Kapcsolt aknák érintőleges hatásövekkel ( $e = 2r$ )<sup>62</sup>

<sup>61</sup> Uo. 181. oldal.

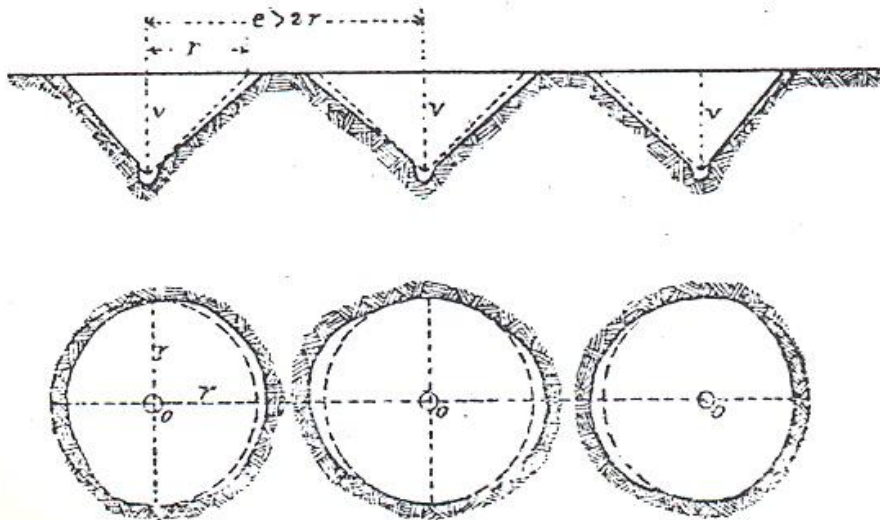
<sup>62</sup> Uo. 182. oldal, 155. ábra.

- ha a töltetek egymástól való távolsága kisebb, mint a tölcsérsugár kétszerese ( $e < 2r$ ), az árok szélessége és mélysége nagyobb lesz (12. számú ábra);



12. számú ábra: Kapcsolt aknák egymásba nyúló hatásövekkel ( $e < 2r$ )<sup>63</sup>

- amennyiben a töltetek egymástól való távolsága meghaladja a tölcsérsugár kétszeresét ( $e > 2r$ ), a keletkező tölcsérek nem fognak érintkezni egymással, mindössze az egymás felé eső oldalaik bővülnek ki kissé (13. számú ábra);



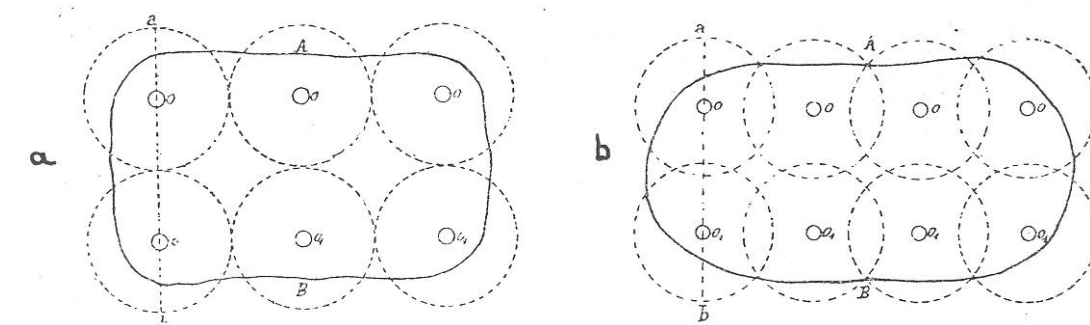
13. számú ábra: Kapcsolt aknák külön-külön repesztő tölcsérrel ( $e > 2r$ )<sup>64</sup>

- ha a tölteteket két sorban helyezük el, a kialakuló árok szélessége annál kisebb lesz, minél közelebb kerülnek egymáshoz a sorok; ugyanakkor a sortávolság csökkenésével javulni fog a kirobbantott anyag aprózottsága (14. számú ábra).

<sup>63</sup> Uo. 183. oldal, 156. ábra.

<sup>64</sup> Uo. 183. oldal, 157. ábra.





14. számú ábra: Kapcsolt aknacsoport érintőleges (a) és egymást metsző hatásövekkel (b)<sup>65</sup>

A leírtakból következően, a töltetek tömegét „kapcsolt lövések” alkalmazása esetén csökkentették, így a Vogl-képlet [13], az alábbira módosul abban az esetben, ha a fúrólukak egymástól való távolsága kb. a legrovidebb ellenállási vonal kétszerese ( $e = 2r$ ):

$$T = k * (v + 2/3 e)^3 \quad [15]$$

A „Kézikönyv” megjegyzi, hogy a polgári robbantástechnika a [15] képletet ritkán használja, mert a kapott töltet mennyisége nagy rombolásokat eredményez. Ezért ott a Lebrun-képlet [9] szerint számítja az egyes tölcséreknek megfelelő robbanóanyag mennyiségét, és az így kapott értéket növelik meg a robbantandó közet, vagy talaj minőségétől függően 30–60%-kal.

A Kőbányászattal foglalkozó fejezetben már említést tesz a „Kézikönyv” a legnagyobb szóródási távolságokról is, melyet 100–120 m-ben, „különösen repedékes kőzeteknél” pedig 150–200 m-ben határoz meg<sup>66</sup>.

A földrobbantás elméletének, az 1903-as „Kézikönyv” szerinti tárgyalása azért nyúlt ilyen hosszúra, mert itt kerültek lefektetésre azok az alapelvek, melyek aztán – kisebb finomításokkal – nagyon sokáig meghatározóak voltak ebben a kérdésben. Nem egy megállapítását a mai napig igaznak fogadjuk el és alkalmazzuk.

A következő állomás az 1915-ös H–26 k. u. k. utasítás<sup>67</sup> volt, mely viszont a tölcsérszámításokat teljesen kihagyta és a 98. pontjában egy táblázattal intézi el a kérdés tárgyalását. Ezért a magyar katonai-műszaki vezetés, az új robbantási szabályzat (az E–34. Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára) kidolgozásakor, külön figyelmet szentelt ennek a problémának a kiküszöbölésére, holott alapjaiban a H–26 fordításaként készültek el az egyéb fejezetek.

### Részkövetkeztetések

A földalatti hatású töltetek robbantásakor keletkező hatásövek már az 1700-as évek közepén megállapításra kerültek, és a mai napig (kisebb finomításokkal) helytállóan bizonyultak. Ugyancsak feltárásra kerültek a kirobbantott tölcsér leggazdaságosabb paraméterei (a tölcsér sugara = a legkisebb ellenállási vonallal; a kirobbantott tölcsér oldalfalának a talaj felszínével bezárt szöge közel  $45^\circ$ ).

Ugyancsak megtörtént a töltetek hatás szerinti csoportosítása, mely végül is a mai terminológia szerint hajító, lazító valamint földalatti hatású töltetként foglalható össze.

<sup>65</sup> Uo. 183. oldal, 158. és 159. ábrák.

<sup>66</sup> Uo. 235. oldal.

<sup>67</sup> H–26. Technischer Unterricht für die k.u.k. Sappeur-Pionier truppe. Teil; Sprengvorschrift (Aus der Druckerei des k.u.k. Kriegsministeriums, Wien, 1915.) – az utasításnak 1918-as (a jelzettel megegyező tartalmú) utánnyomása is fellelhető a könyvtárakban.

Az 1800-as évek elejére kidolgozásra került az az alapképlet [9], mely a mai napig alkalmazott, ha más jelölésekkel és kisebb finomításokkal is: e szerint a legkisebb ellenállási vonal harmadik hatványának és a töltési együtthatónak a szorzata a szükséges töltetmennyiség.

A töltési együttható függ:

- a talaj fajtájától és állapotától;
- az alkalmazott robbanóanyag fajtájától, tulajdonságaitól;
- a fojtástól;
- a töltet hatásmutatójától, mely a rombolási sugár és a legkisebb ellenállási vonal hányadosa.

A töltet hatásmutatójának megfelelő megválasztásával tudjuk elérni, hogy a töltet hajítsa, lazítsa a talajt (közetet), vagy csak annak belsejében fejtsen ki hatást. A töltési együtthatót kezdetben összevontan, egy értékben határozták meg, majd felbontották két tényezőre, melyből az egyik segítségével lehetett a talajt és az alkalmazott robbanóanyagot figyelembe venni, a másikkal pedig, a robbanás kívánt hatását biztosítani. Ezáltal egyre pontosabb robbantások végrehajtására nyílt lehetőség. A ma alkalmazott képletek által számított töltetek robbantási gyakorlatomban, minden esetben az előre eltervezett hatást hozták.

Az összpontosított töltetekkel való árokrobbantás szabályai is megfelelő pontossággal közlésre kerültek már századunk elején, bár itt elég nagy fejlődés tapasztalható, a töltetek egymástól való távolságának meghatározásában.

## HIDAK ROBBANTÁSA

### Fémhidak robbantása

A Vezérfonal (1899) szerint „a vas- és kőhidak leggyakoribb elrombolási módja a robbantás. Rendszerint a hídmezőket robbantjuk fel, ritkábban pedig a pilléreket”<sup>68</sup>. A hidak rombolásakor a felrobbantandó hosszának legalább 20 m-nek kellett lenni, vagy 2 keresztmetszetnek. A rombolási keresztmetszetben „valamely vashidat legalaposabban tartóinak vagy hevedereinek<sup>69</sup> robbantása által lehet megrombolni”. A töltetek tömegét a 2.1. alfejezetben bemutatott elveknek megfelelően kellett megválasztani, elhelyezésükkor „a hídon olyan pontok választandók, amelyek megrombolása elég hatásos és könnyen keresztülvihető”<sup>70</sup>. A vashidak rombolásához szükséges „munkás-, idő- és anyagszükséglet”-et egy táblázat foglalta össze<sup>71</sup>.

---

<sup>68</sup> Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához – fordítás, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., Budapest, 1899. 195. oldal.

<sup>69</sup> „Valamely főtartónak egyik támaszhelyétől a másikhoz áthúzódo felső és alsó határolását hevedernek nevezzük.” 197. oldal.

<sup>70</sup> Uo. 198. oldal.

<sup>71</sup> Uo. 11. számú táblázat.

## Kő-, beton- és vasbeton hidak robbantása

### Kő- és betonhidak robbantása

A boltíves szerkezetű kőhidak robbantási szabályainak bemutatása nagyon egyszerű, mivel szinte semmilyen eltérés nincs a század elején és a ma alkalmazott módszerekben. Valamennyi szabályzat, utasítás megegyezik abban, hogy alapvetően a boltíves szerkezetek tönkretelhetők csak pillérek rombolásával. Mivel viszont az esetek egy részében, e pillérek alacsony volta lehetetlenné teszi a robbantás végrehajtását, így a boltívek rombolása is szükségessé válhat. Ennek végrehajtási módszere döntően a boltívek számának, illetve az előkészítéshez rendelkezésre álló időnek a függvénye.

Ha csak egy boltívet kell rombolnunk, az legtökéletesebben két, az ívnyílás 1/6-ában (lapos boltozatnál), illetve 1/12-ében (félköríves boltozatoknál) megválasztott keresztmetszetben hajtható végre.

Több ív egyidejű rombolásának szükségessége esetén a tölteteket a pillérek fölött kell beereszteni, a rombolási sugárral megegyező, vagy azt kissé meghaladó mértékben.

Amennyiben a rendelkezésre álló idő kevés, úgy a rombolás végrehajtható a boltozat „záradéka”<sup>72</sup> felett elhelyezett nyújtott töltet robbantásával is.

A töltetek tömegét mindegyik vizsgált szabályzat, utasítás (1903-as Kézikönyv, az 1928-as Műszaki oktatás, az 1950-es Ideiglenes utasítás és az 1965-ös illetve 1971-es Robbantási utasítások), az építési anyagok robbantásánál előírtak szerint rendeli kiszámítani. Ettől egyedül a Kézikönyv (1903) tér el, amennyiben a boltívek rombolásához alkalmazandó összpontosított és nyújtott töltetek meghatározásához két tapasztalati képletet ajánl:

- összpontosított töltet

$$T = 12 * d^3 \quad [16]$$

- nyújtott töltet

$$T = 6 * d^2 \quad [17]$$

ahol  $T$  – a dinamit töltet tömege kg-ban;

$d$  – „a töltés alsó felületétől a bolthajtás hasáig számított sugárirányos távolság” m-ben.

### Vasbeton hidak rombolása

A vasbeton hidak robbantására vonatkozó szabályok, először az 1928-as Műszaki oktatásban jelennek meg.

### Hidak pilléreinek robbantása

A Kézikönyv (1903) szerint a hidak pilléreinek robbantása, a falvastagság és a rendelkezésre álló robbanóanyag mennyiség függvényében „nyújtott töltésekkel, vagy kamraaknákkal”<sup>73</sup> történhet. Ezen belül nyújtott töltetek alkalmazását csak 1,2–2,2 m pillérvastagságig javasolta.

A töltetek elhelyezésére vonatkozóan két fontos kitélet tett:

- a pilléren úgy kellett a robbantási keresztmetszetet megválasztani, hogy „a vízszint vagy egyéb akadály fölé a tölcésugár méreténél magasabbra ne jussanak”<sup>74</sup>;

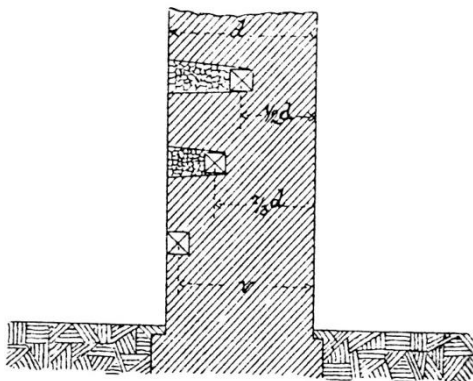
<sup>72</sup> A boltozat csúcspontja.

<sup>73</sup> Nyújtott és összpontosított töltet.

<sup>74</sup> Schaffer Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve, Pallas Rt., Budapest, 1903. 243. oldal.

- az összpontosított töltetek egymástól való távolsága, terméskő és téгла esetén az ellenállási vonal (egyben a rombolási sugár) kétszeresét, beton és „kváder-kőnél”<sup>75</sup> pedig, másfélszeresét ne haladja meg; az első töltet távolsága a pillér szélétől, ennek az értéknek a fele lehetett.

A közbeeső pilléreket fészekben<sup>76</sup> (2 m vastagságig), illetve a falvastagság 1/3-ában (3 m vastagságig) vagy felében elhelyezett (tetszőleges vastagság esetén) töltetekkel javasolta rombolni (14. számú ábra).



14. számú ábra: Hídpillérek robbantása központosított töltésekkel<sup>77</sup>

A töltetek tömegének meghatározására a „közös hadügyi kormány a megejtett pillérrobbantások alapján” az alábbi képleteket állapította meg:

- fészekben elhelyezett tölteteknél

$$T = 15 * d^3 \quad [18]$$

- a pillér vastagságának 1/3-ába helyezett tölteteknél

$$T = 4.5 * d^3 \quad [19]$$

- a vastagság felében elhelyezett tölteteknél

$$T = 1.5 * d^3 \quad [20]$$

ahol  $T$  – a töltet (ekrazit) tömege kg-ban;  
 $d$  – a pillér vastagsága m-ben.

A parti pilléreket, csak belső töltetekkel javasolja robbantani a Kézikönyv. A töltetek elsősorban a fal mögé, ha ez nem lehetséges, akkor előlről, a falvastagság feléig befűrt aknakamrákba helyezendőek. A töltetmennyiséget ebben az esetben, a [11] Vogl-képlettel javasolja meghatározni.

Már a Kézikönyv utal arra, hogy a hidak építése során a közbeeső pillérek rombolására szolgáló aknakamrákat el kell készíteni. A korabeli szabályozás szerint ebből a célból 40–45 cm átmérőjű vascsöveket falaztak be a pillérekbe úgy, hogy ezek hossza a „kis vízszint magasságától a pillér felszínéig” terjedjen, egymástól való távolságuk pedig, a már ismertett töltettávolságnak feleljen meg. Példaként említi, hogy egy pozsonyi hídpillérben (szélessége 4,7 m) 5 db 21,05 m hosszú, az esztergomi Duna híd pillérében (3,7 m széles) 3 db 10,25 m

<sup>75</sup> Kváderkő: a hídfők, hídpillérek tetején levő kő (vagy vasbeton), amelyen a hídszerkezet nyugszik; gondosan faragott és pontosan illeszthető négyszögű kő. (Bakos F.: Idegen szavak és kifejezések szótára; Akadémiai Kiadó, Bp. 1983. 478.o.)

<sup>76</sup> A Kézikönyv a „pillér falsíkjaig érő töltetnek” nevezi.

<sup>77</sup> Uo. 244. oldal, 172. ábra.

hosszú, a budapesti Ferenc József-híd<sup>78</sup> közbeeső pillérében pedig (6,0 m széles) 4 db 27,08 m hosszú aknacső található. Ugyanakkor „parti pilléreket nem szokás ily aknákkal felszerelni, mert ezeknél a vasszerkezeten egy rácsrúd irányában fektetett síkban, közel az alátámasztáshoz alkalmaznak megfelelő robbantó töltéseket”<sup>79</sup>.

## Részkövetkeztetések

A fém-, illetve a kő-, beton- és vasbeton hidak és pillérek robbantási szabályaiban, sok azonosságot találhatunk a múlt és a jelen robbantási utasításaiban.

A hidak rombolási alapelveiben, a rombolandó hossz (szakasz) meghatározásában, illetve a teljes és részleges rombolás tartalmának megállapításában tapasztalható némi eltérés. A rombolandó hossznál minden bizonnyal közrejátszott az ellenség akadály-áthidalási lehetőségeinek ismerete, illetve a saját képességek (erő, idő, robbanóanyag) mérlegelése. Amíg a hadseregek nem rendelkeztek korszerű, mobil roham- és kísérőhidakkal, elegendő volt a teljes rombolás végrehajtásához is, a Műszaki oktatásban foglalt 60 m-es rombolási szakasz tönkretétele. Később, a teljes hídrobbolás már a keresztszelvényben lévő teljes áthidalásra vonatkozott, melyen belül természetesen a konkrét robbantások meghatározása, a szerkezet tulajdonságainak függvénye.

Teljes rombolás végrehajtásakor a pillérek tönkretétele az 1965-ös utasítás megjelenéséig nem volt feltétlen szempont. Ez azért is érdekes, mert ugyanakkor már az 1903-as Kézikönyv kitér arra, hogy a hidak egy részének építéskor előre elkészített aknakamrák kerültek a pillérekben kialakításra. Ráadásul a pillérek rombolásakor, a töltetek elhelyezésére vonatkozó szabályok csaknem azonosan kerültek meghatározásra az összes utasításban, a század elejétől napjainkig (!).

A pillérek ferde keresztmetszetben, egymáshoz képest ellentétes irányban való robbantása szintén az 1965-ös, Mű.2. Robbantási utasítás megjelenésével került egyértelműen le szabályozásra

A kő- és betonhidak rombolási elvei és módszerei tulajdonképpen semmit nem változtak az idők folyamán. Mivel a szerkezetek változatlanok, így ezen a téren nem is indokolt semmilyen változtatás.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A robbanás jelenségét vizsgáló, elsősorban katonai szakemberek, már a XIX században pontosnak mondható ismeretekkel rendelkeztek, ennek a nagyon gyors kémiai reakciónak minden fontos jellemzőjéről. A robbanóanyag fogalmának meghatározása is alapvetően hasonló a vizsgált több mint száz év katonai robbantási szabályaiban.

A katonai szervezetek a világon mindenhol nagy robbanóanyag felhasználók voltak és azok ma is. Robbanóanyag szükségletük alapvetően két nagy területre bontható: a gyári szerelésű robbanótettek (lőszerek, bombák, vízi- és szárazföldi telepítésű aknák, kézigránátok, stb.) töltetként alkalmazandó robbanóanyagokra és a műszaki támogatási feladatok végrehajtásához szükséges, ún. utász robbanóanyagokra.

A Magyar Honvédségnél a vizsgált időszakban sokféle robbanóanyag volt rendszerben, melyek jelentősen eltértek egymástól nemcsak megjelenési formájuk, de brizanciájuk és munkavégző képességük tekintetében is. Ez egyben újra átgondolás tárgyává tehetné a

---

<sup>78</sup> Ma Szabadság híd.

<sup>79</sup> Uo. 244. oldal.

jelenlegi hazai katonai gyakorlatot, mely szinte kizárólag a trotil, egyes speciális esetekben pedig a plasztikus robbanóanyag rendszeresítését tartja indokoltnak.

Az alkalmazott robbantószerkezetek tekintetében kevésbé figyelhető meg éles változás a vizsgált időszakban. A kezdeti durranóhiganyos robbantógyutacsot azóta ugyan felváltották egyéb töltetűek, de ezek ugyanúgy 8-as erősségűek és továbbra is a legérzékenyebb elemet jelentik, a robbantási feladat végrehajtásának biztonsága szempontjából. Az időzített gyújtózsín és a robbanózsín kezelésének, alkalmazásának előírásai szinte semmit nem változtak az elmúlt száz évben.

A rendszerváltozást követően, több helyről hangzott el magas beosztású katonai vezetők szájából az a vélemény, hogy az összes érvényben lévő szabályzatot, utasítást (így a Mű/213. Robbantási utasítást is), újra kell írni, az „orosz elveket” el kell felejteni. A szakmai kérdések, többek között a jelen dolgozatban elvégzett vizsgálata alapján – úgy érzem – kimondható, hogy ezeket az elveket nem kell „elfelejteni”, mert szervesen illeszkednek a robbantástechnika általános vonulatába, mely az idők során, empirikus úton szerzett ismeretekből kiindulva a tudományos vizsgálatok eredményein nyugvó eljárásokká fejlődtek.

Akár a szerkezeti elemek, akár a földrobbantás, de a hidak rombolási szabályainak vizsgálata, úgy az 1945 előtti (elsősorban német alapokon nyugvó), mint az utáni (orosz eredetiből fordított) utasításokban azt bizonyítja, hogy a fő elvekben visszaköszönek a hasonlóságok, sőt helyenként az azonosságok a számítási alapelveket és az alkalmazott módszereket tekintve egyaránt. Ez egyben megerősítheti a tanult elméleti és gyakorlati ismereteinkbe vetett bizalmat is, nem zárva ki természetesen a ma már nem kellően időtálló részek továbbfejlesztésének, de akár az indokolatlanul elfelejtett módszereknek, a kor követelményeihez igazított újbóli bevezetésének szükségességét sem.

## IRODALOMJEGYZÉK

### Törvények, határozatok, intézkedések

1. 22856/I. rendelet, Utásztan I. és VI. részének kiadásáról (I. Mértan és ábrázolás, VI. Műútépítés E-32), 1880. 06.22., Rendeleti Közlöny, 100. o.
2. 1267/I. rendelet, Utásztan II. és IX. rész kiadásáról II. Építő-anyagok és kötél-összekötések IX. Tábor-munkák, 1881. 01.07., Rendeleti Közlöny, 7. o.
3. 12269/I. rendelet, Utásztan III. és IV. részének kiadása és elosztása iránt III. Földmunkák, IV. Ács-munkák, 1881. 04.30, Rendeleti Közlöny, 79. o.
4. 39712/I. rendelet, „Utásztan V. rész” című tankönyv kiadása és elosztása V. Burkolat munkák, 1881. 10.31., Rendeleti Közlöny, 178. o.
5. 2143/I. rendelet, Utásztan VII. részének kiadása, Vasút-építés, 1882. 01.28., Rendeleti Közlöny, 27. o.
6. 19121/I. rendelet, Utásztan VIII. részének kiadása, Vízépítés és tábori hidak építése, 1882. 05.11., Rendeleti Közlöny, 111. o.
7. 4334/el. rendelet, a Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához című tankönyv megjelentetésére, 1899. 06. 18., Rendeleti Közlöny, 17. o.
8. 2388/el. rendelet az E-23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászai számára című szolgálati könyv kiadásáról, 1902. 04. 07., Rendeleti Közlöny 95. o.
9. 9169/el. körrendelet (1906. 10. 15. ) „Durranó gyújtózsíneg 03 mintájú rendszeresítése”, Rendeleti Közlöny 1906., 404. o.
10. 99771/7. számú rendelet (1911. 10. 24.) „Műszaki felszereléshez új cikkek rendszeresítése” (35 mm-es amerikai fűrő), Rendeleti Közlöny 1911., 517. o.

## Könyvek

1. Arday Géza m. kir. honvédszázados: A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történeti fejlődése, Szent Erzsébet Nyomda Részvénytársaság, Kassa, 1910.
2. Jacobi Ágost: A Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban 1914–1918., Közlekedési Nyomda K.F.T., Budapest, 1938.
3. Schaffer Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve, Pallas Rt., Budapest, 1903.

## Szabályzatok, jegyzetek és egyéb dokumentumok

1. Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához – fordítás, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., Budapest, 1899.
2. E–23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászai számára, Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, Budapest, 1902.
3. H–26. Technischer Unnterricht für die k.u.k. Sappeur-Pionier truppe. Teil; Sprengvorschrift, Aus der Druckerei des k.u.k. Kriegsministeriums, Wien, 1915. – az utasításnak 1918-as (a jelzettel megegyező tartalmú) utánnyomása is fellelhető a könyvtárakban
4. E–39,b. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság számára – tervezet, Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, Budapest, 1915.
5. E–34 (Műsz. okt. műsz.): Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet - Robbantások I. rész, M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928.
6. E–34 (Műsz. okt. műsz.): Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet - Robbantások II. rész + Mellékletek, M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928–1929.
7. Robbantási segédlet, Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950.
8. E–mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás, Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950.
9. Robbantások, Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1953.
10. Mű/2. Robbantási utasítás, Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965.
11. Mű/213. Robbantási utasítás, Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1971.
12. Lukács László: A magyar honvédségnél alkalmazott robbantási eljárások és robbanóanyagok legfontosabb részterületei fejlődésének vizsgálata és a továbbfejlesztés javasolt irányai – kandidátusi disszertáció, ZMKA<sup>80</sup>, Budapest, 1995.
13. Robbantástechnikai terminológia – A robbantástechnika időszerű kérdései 5. sz. füzet, OMBKE<sup>81</sup> Robbantástechnikai szakbizottság kiadványa, Budapest, 1980.

## Cikkek, előadások, tanulmányok

1. H. T. I.: Robbanó anyagok, pótrobbanó anyagok – a Haditechnikai tájékoztató sorozat 17. közleménye, Magyar Katonai Szemle 6. füzet, Budapest, 1932.
2. Bagi Szilárd: Az Osztrák-Magyar Monarchia és a Magyar Honvédség tisztjei a robbantástechnika szolgálatában – pályamunka a Budapesti Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, Millenniumi TDK Konferenciájára, Budapest, 2000. (megjelent a Műszaki Katonai Közlöny 2000/1–4. összevont számában, pp. 88–111.)
3. Lukács László: A magyar hadseregben alkalmazott robbanóanyagok a századfordulótól napjainkig, Új Honvédségi Szemle 1997/5. szám, pp. 113–118.
4. Lukács László: Szemelvények a téglá, kő, beton és vasbeton szerkezeti elemek robbantási szabályainak fejlődéséből, Robbantástechnika (HU ISSN 1788-5671) 27. szám, 2007. május, Magyar Robbantástechnikai Egyesület, Budapest, pp. 24–35.

<sup>80</sup> Zrínyi Miklós Katonai Akadémia.

<sup>81</sup> Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület.

5. Lukács László: A robbanóanyag fogalma, a robbanóanyagok felosztása a magyar honvédségben, Műszaki Katonai Közlöny 2008/1–4. összevont szám, pp. 25–38.
6. Lukács László: Téglá, kő, beton és vasbeton szerkezeti elemek robbantási szabályainak fejlődése, a honi katonai robbantás technikában, Műszaki Katonai Közlöny XII. évf. I. szám, 2012. pp. 55–84.
7. Lukács László: Szemelvények a fémszerkezeti elemek robbantási szabályainak fejlődéséből az 1800-as évektől napjainkig - előadás a Magyar Robbantástechnikai Egyesület, „Fúrás-robbantástechnika 2008” Nemzetközi Konferenciáján, Vác, 2008. szeptember 16–18.; megjelent a konferencia kiadványában, pp. 48–56.
8. Lukács László: Rendeleti és Honvédelmi Közlönyök műszaki tárgyú anyagai 1879-2006., Műszaki Katonai Közlöny, XXXIII. évfolyam, 2013/1. szám, pp. 89–137.
9. Lukács László: A farobbantás szabályainak és módszereinek fejlődése a honi katonai robbantás technikában, Műszaki Katonai Közlöny, XXXIII. évfolyam, 2013/2. szám, pp. 140–158.