

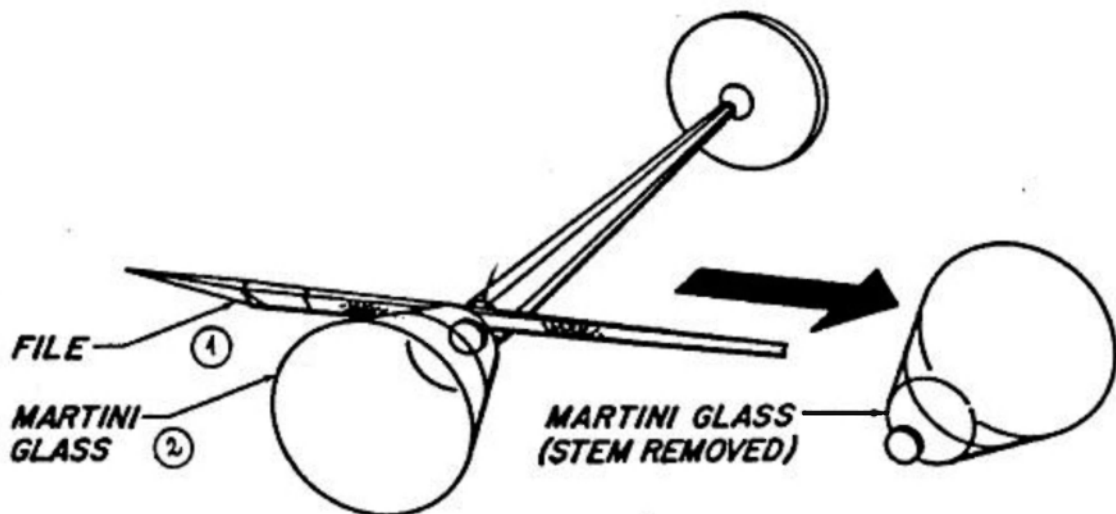
KUMULATÍV TÖLTETEK KÉSZÍTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI, MÉRETEZÉSÜK NÉHÁNY MÓDSZERE

Dr. Lukács László mk. alezredes, egyetemi docens
Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Hadtudományi kar
Műszaki hadműveleti-harcászati tanszék

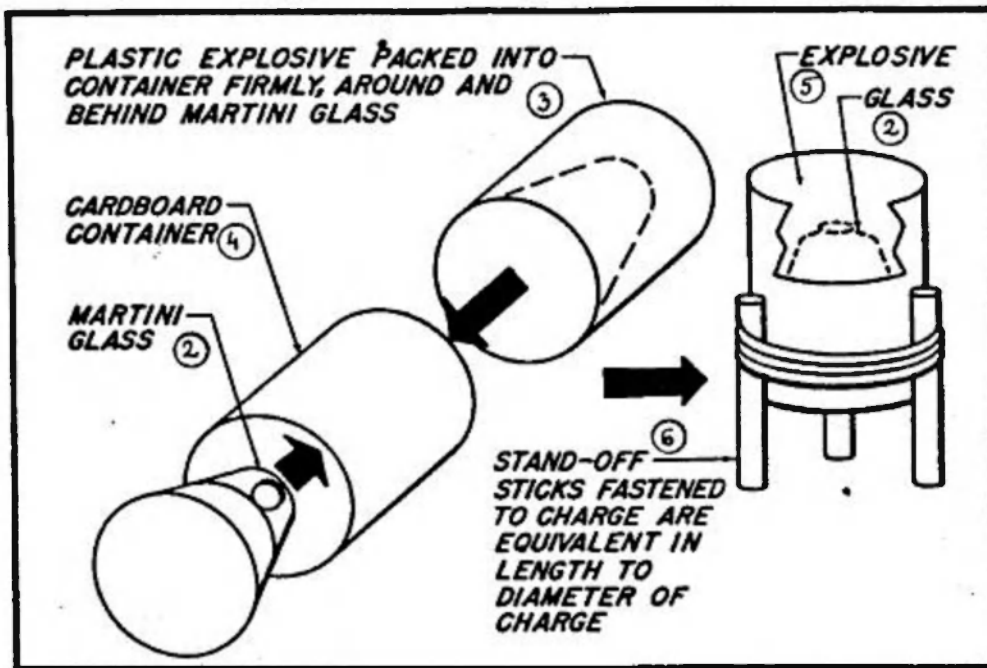
Kumulatív töltetek méretezésével, készítésének szabályaival a szakirodalmak széles köre foglalkozik. Ezen belül találhatóak egészen egyszerű "tervezési mód szereket" ismertetők ugyanúgy, mint ahogy tudományos megalapozottságú művek is. A műszaki csapatbiztonság részére – úgy érzem – a gyakorlatilag hasznosítható ismeretek igazán lényegesek, a kutatóintézetek szakembereire tartozik (lehetőségeik is nekik vannak erre) az elméletek tudományos kimunkálása. A továbbiakban pár módszert szeretnék bemutatni, a kumulatív töltetek tervezésére, készítésére vonatkozóan.

Kumulatív töltet készítése szükséganyagokból

Amerikai, házilag készíthető szabotázs eszközöket bemutató kézikönyvben találkozhatunk többek között borospohár és konzerves doboz, illetve alul kúpos kiképzésű boros (konyhakos) üveg, kumulatív töltet készítéséhez való felhasználásával (1-2. sz. ábrák).

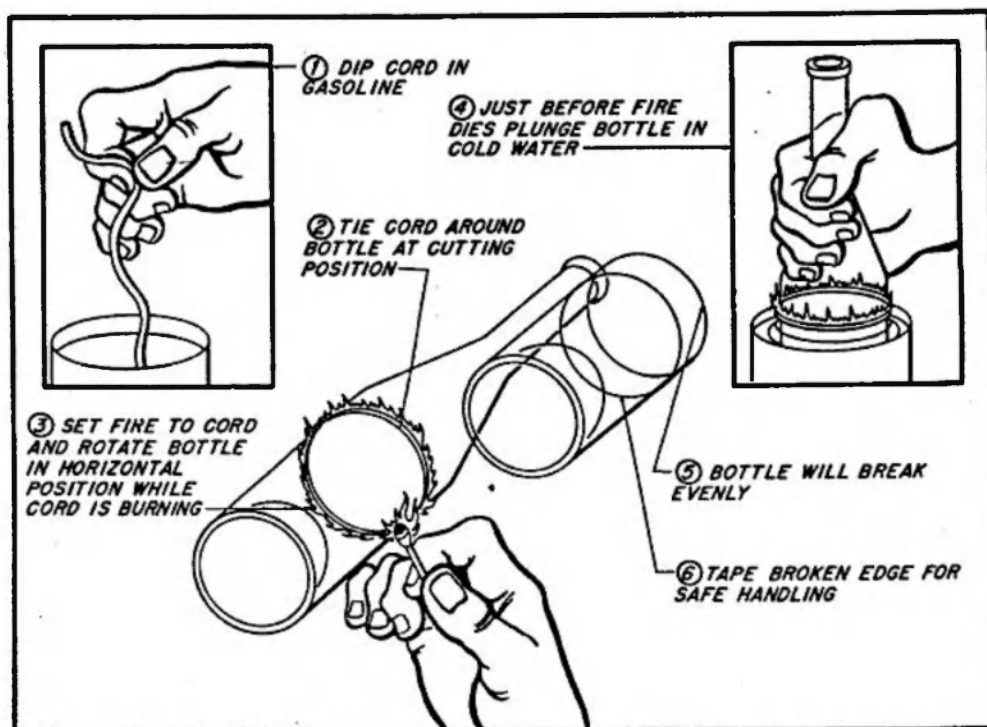


1/a. ábra: A martinis pohár szárának eltávolítása (vagyis a „kumulatív kúp” előállítása)

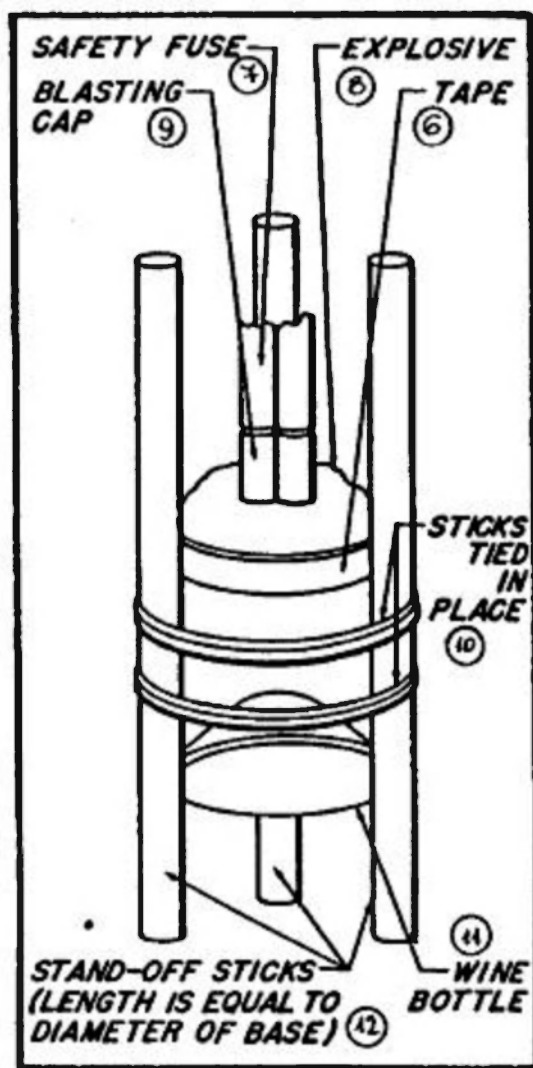


1/b.sz.ábra: Szükség eszközökből készült kumulatív töltet
- borospohár + konzerves doboz:

1-ráspoly; 2-martinis pohár; 3-plasztikus robbanóanyag a konzervdobozban, a pohár körül és fölött; 4-konzerves doboz; 5-robbanóanyag; 6-távtartó lábak, melyek a töltet átmérőjével megegyező távolságra tartják el a töltetet a céltárgytól.



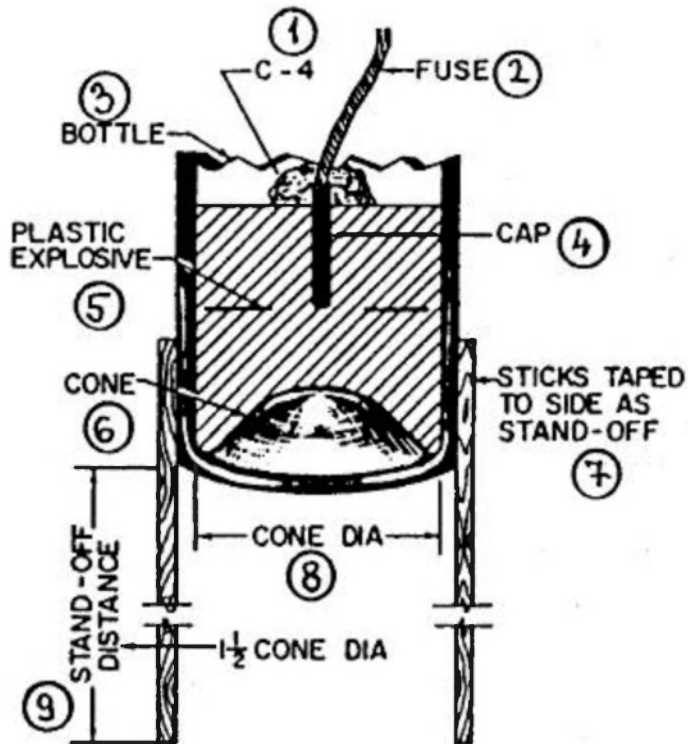
2/a. sz. ábra: „Kumulatív kúp” előállítása megfelelő talpkiképzésű boros (konyakos) üvegből



2/b.sz. ábra: Szükség eszközökből készült kumulatív töltet
- boros (konyakos) üveg felhasználásával:

1-benzinbe mártott kótél; 2-a bemártott kótél megfelelő helyre való felerősítése a boros-üvegre; 3-a kótél meggyújtása és az üveg forgatása vízszintes helyzetben, amíg a kótél ég; 4-az üveget hideg vízbe merítjük az égési vonalig; 5-az üveg elpattan; 6-szalaggal betekerjük a biztonságos kezelhetőség céljából; 7-időzített gyújtószinór; 8-plasztikus robbanóanyag; 9-gyutacs; 10-távtartó rögzítő gyűrű; 11-borosüveg; 12-távtartók, az 1. sz. ábra 6. pontja szerint.

Az FM 5-25 Katonai robbantási kézikönyv ugyancsak borosüveg felhasználását ajánlja, szükség kumulatív töltet készítésére (3. sz. ábra).



3. sz. ábra: Borosüvegből készült szükség kumulatív töltet (FM 5-25 szerint)
 1 - C-4 robbanóanyag; 2-gyújtózsín; 3-borosüveg; 4-gyutacs; 5-plasztikus robbanóanyag;
 6- a borosüveg kúpos kiképzése; 7- távtartókat rögzítő gyűrű; 8-a kúp átmérője; 9- a távtartó
 lábak, melyek a kúpátmérő 1,5-szeres távolságra tartják a töltetet a céltárgy fölött.

A műszaki csapatok által készíthető kumulatív töltet

A "Robbantási utasítás" c. szolgálati könyv (1) a fentieknél valamivel pontosabb méretezést tesz lehetővé. Ráadásul számítási módszert ad nem csak kumulatív összpontosított, hanem kumulatív nyújtott töltet készítésére is. A kumulatív nyújtott töltet (4. sz. ábra) félhenger alakú, bádoggal bélelt kumulatív üreggel készíthető. A kumulatív üreg átmérője (d_v), az átütendő lemez vastagságának másfélszerese ($d_v = 1,5 h$). A kumulatív nyújtott töltet tömegét a

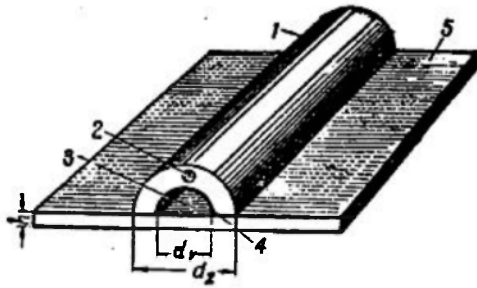
$$C = \frac{10 * h * F}{2} \quad \text{képlettel határozzuk meg, ahol}$$

C - a töltet tömege grammokban;

h - az átütendő acéllemez vastagsága cm-ben;

F - az átütendő acéllemez keresztmetszeti területe a robbantás síkjában, cm^2 -ben.

A töltet külső átmérője, a szükséges robbanóanyag mennyiség függvényében alakul ki.

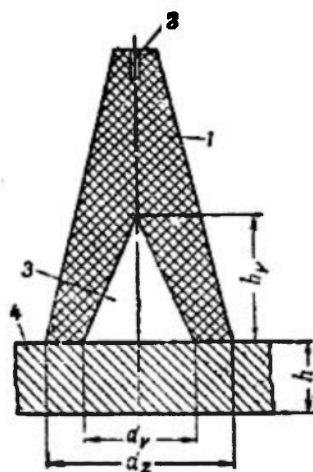


4. sz. ábra: Plasztikus robbanóanyagból készített kumulatív nyújtott töltet elvi vázlata (1)

1-töltet; 2-gyutacs-fészek; 3-kumulatív üreg; 4-fém burkolat; 5-átütendő acéllemez.

A csapatok által készített kumulatív összpontosított töltet (5. sz. ábra) belés nélküli kúpos üreggel, csonka kúp formában kerül kialakításra. Az üreg átmérője, az átütendő lemezvastagság 1,25-szöröse ($d_v = 1,25 * h$), az üreg magassága pedig az átütendő lemezvastagság 1,1 -e ($h_v = 1,1 * h$).

Meghatározásra kerül ezen kívül a töltet alsó alapjának átmérője, mely az üreg átmérőjénél 20-30 mm-el nagyobbra kerül kialakításra ($d_z = d_v + 20 \text{ } 30 \text{ mm}$), és a töltet felső lapjának átmérője, melynek tapasztalati értéke min. 10 mm. Az alsó és felső töltetalap átmérőjének pontos értékeit és a töltet magasságát, a töltet tömegével összhangban kell kialakítani.



5. sz. ábra: Plasztikus robbanóanyagból készített kumulatív összpontosított töltet elvi vázlata (1)

1-robbanóanyag; 2-gyutacs-fészek; 3-kumulatív üreg; 4-átütendő acéllemez.

A plasztikus robbanóanyagból készült kumulatív összpontosított töltet tömegét, a

$$C = 2,5 * h^3 \text{ képlettel határozzuk meg, ahol:}$$

C - a töltet tömege grammokban;

h - az átütendő acéllemez vastagsága cm-ben.

Amennyiben nem szokványos acéllemez, hanem páncéllemez kerül a kumulatív töltettel robbantásra, úgy a számított robbanóanyag tömegét a duplájára kell növelni:

$$C_{\text{páncél}} = 2 * C_{\text{acél}}$$

Kumulatív töltet méretezése meglévő töltet paramétereire alapján

Az orosz Szalamahin professzor, a hasonlósági törvény felhasználását ajánlja, kumulatív töltet készítésére (2). Először is tisztázni kell a töltet és a céltárgy főbb jellemzőit: a töltet leírható geometriai jellemzői alapján (forma, méretek, a kúp és a köpeny anyaga és annak vastagsága) ezen kívül az alkalmazott robbanóanyag sajátosságainak figyelembe vételével. A céltárgy jellemzőinél elégséges figyelembe venni sűrűségét, szilárdságát és rugalmassági tulajdonságait.

Ezeknek a tulajdonságoknak a jellemzőit, jelölésüket és az SI-szerinti mértékegységét tartalmazza az 1. sz. táblázat.

A keresett értékek szempontjából a következő összefüggések lényegesek:

$$1. L = f_1 (\phi, R, \delta, \rho, \bar{\delta}, \bar{\rho}, \rho_0, H_0, Q_0, D_0, \rho_{ct}, \sigma_B, a_1)$$

$$2. d = f_2 (\phi, R, \delta, \rho, \bar{\delta}, \bar{\rho}, \rho_0, H_0, Q_0, D_0, \rho_{ct}, \sigma_B, a_1)$$

A kumulatív töltet és a céltárgy meghatározó jellemzői a tervezés szempontjából

<i>Tényező</i>	<i>Jelölés</i>	<i>SI-szerinti mértékegység</i>
1. A töltet	ϕ	
1.1. Forma		-
1.2. Befoglaló méret	R	m
1.3. Betétkúp vastagsága	δ	m
1.4. Betétkúp anyagának sűrűsége	ρ	kg/m ³
1.5. A töltet külső köpenyének vastagsága	$\bar{\delta}$	m
1.6. A töltet külső köpenyének sűrűsége	$\bar{\rho}$	kg/m ³
1.7. Az alkalmazott robbanóanyag sűrűsége	ρ_0	kg/m ³
1.8. A robbanóanyag-réteg vastagsága	H ₀	m
1.9. A robbanási behatolás kezdeti energiája	Q ₀	J/kg = m ² / c ²
1.10. Detonációs sebesség	D ₀	m/c
2. A céltárgy		
2.1. Sűrűsége	ρ_{ct}	kg/m ³
2.2. Szilárdsága	σ_B	Pa = kg / m*c ²
2.3. A hengersebesség	a ₁	m / c
3. A keresett értékek		
3.1. A behatolás mélysége	L	m
3.2. A behatolás átmérője	d	m

A fentiek alapján látható, hogy mind a behatolás mélységét (L), mind pedig az átmérőjét meghatározó függvényhez tartozik 13 mértékegységgel rendelkező, és egy mértékegység nélküli tényező.

Átalakítva az összefüggéseket, 10 mértékegység nélküli tényezőt kaphatunk, mely egyébként egyenértékű az előző összefüggéssel

$$1. \frac{L}{R} = \varphi_1 \left(\phi, \frac{\delta}{H_0}, \frac{\bar{\rho}}{H_0}, \frac{H_0}{R}, \frac{\rho}{\rho_0}, \frac{\bar{\rho}}{\rho_0}, \frac{\rho_{ct}}{\rho_0}, \frac{D_0}{a_1}, \frac{D_0^2}{Q_0}, \frac{\sigma_B}{\rho_{ct} * a_1^2} \right)$$

$$2 \quad \frac{d}{R} = \varphi_2 \left(\phi, \frac{\delta}{H_0}, \frac{\bar{\rho}}{H_0}, \frac{H_0}{R}, \frac{\rho}{\rho_0}, \frac{\bar{\rho}}{\rho_0}, \frac{\rho_{ct}}{\rho_0}, \frac{D_0}{a_1}, \frac{D_0^2}{Q_0}, \frac{\sigma_B}{\rho_{ct} * a_1^2} \right)$$

Ha a modellezett és a tényleges töltet formája megegyező (ϕ), és azonos robbanóanyagot használunk hozzá ($\frac{\rho}{\rho_0}, \frac{\bar{\rho}}{\rho_0}, \frac{D_0}{a_1}, \frac{D_0^2}{Q_0}$), akkor az azonos céltárgyra való ráhatásuk ($\frac{\rho_{ct}}{\rho_0}, \frac{\sigma_B}{\rho_{ct} * a_1^2}$) geometriai hasonlóság alapján meghatározható, vagyis a céltárgyba való behatás mélysége és átmérője olyan mértékben növekszik vagy csökken, amilyen mértékben növekszenek vagy csökkennek a töltet külső méretei. Ugyanez az összefüggés igaz az optimális eltartási távolságra (fókusz távolság is).

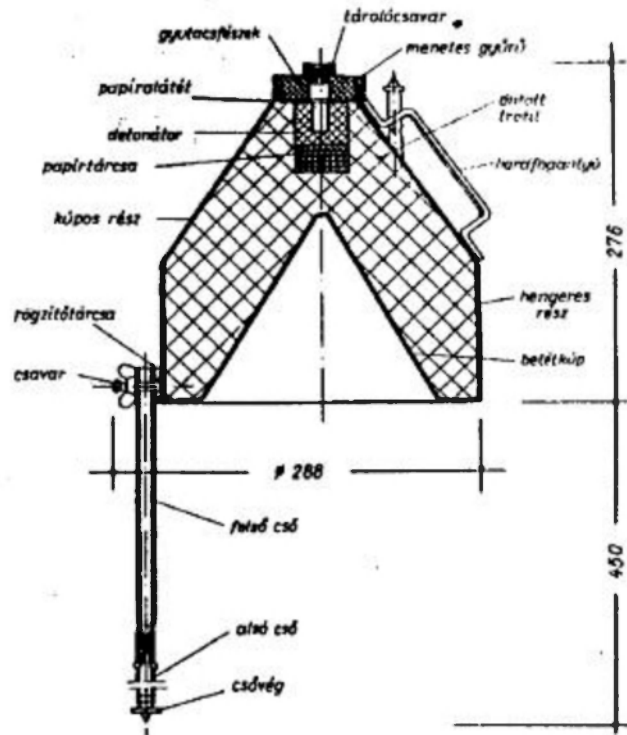
A 2. sz. táblázatban az orosz (volt szovjet) és az egy magyar (EKA-62) kumulatív összpontosított töltetek azon adatai találhatóak, melyekre – az adott töltetek analógiájára – az új követelményeknek megfelelő töltetek készítésénél szükség van.

2. számú táblázat

Kumulatív összpontosított töltetek jellemzői

Jellemzők	KZ-2	KZ-5	EKA-62	KZ-6	KZ-7
A kumulatív töltet tömege (kg)	14,7	12,5	12,5	3,0	6,5
Robbanóanyag tömege (kg)	9,0	8,6	8,0	1,8	4,0
Méretetek (mm)					
- átmérő (K)	350	215	230	112	162
- magasság	240	280	276	292	272
A behatolási mélység (L) /átmérő (mm)					
- acélba	300/-	450/30	350/25	215/-	285/-
- vasbetonba	1300/-	1400/45	1400/45	-	700/40
- fagyott talajba	-	2000/180	2000/180	800/50	1300/180
L/K értéke					
- acél	0,86	2,1	1,52	1,9	1,76
- vasbeton	4,3	6,5	6,1	-	4,3
- fagyott talaj	-	9,3	8,7	7,1	8,0

Oldjunk meg egy mintafeladatot az EKA-62 (6. sz. ábra) erődromboló kumulatív akna analógiájára.



6. sz. ábra: EKA-62 erődromboló kumulatív akna

A feladat: olyan kumulatív töltet méretezése, mely $L=200$ mm mélységű rést képes ütni a páncéllemezben.

$$L/K^{\text{EKA}} = 1,52 \text{ (lásd a 2.sz. táblázatot)}$$

Az új töltet átmérője:

$$K = \frac{L}{1,52} = \frac{200}{1,52} = 131,58 \text{ mm}$$

Ennek alapján $K=132$ mm vesszük. A modellezés méretaránya:

$$X = \frac{132}{230} = 0,5739$$

Ebből következően a töltet magassága:

$$h = 0,5739 * 276 = 158 \text{ mm}$$

Mivel a kumulatív töltet tömege és a robbanóanyag tömege a modellezési méretarány köbével arányos, így a töltet tömege:

$$M = 0,5739^3 * 12,5 = 2,363 \text{ kg}$$

A szükséges robbanóanyag tömege:

$$C = 0,5739^3 * 8,0 = 1,512 \text{ kg}$$

Az így kialakított töltetnek képesnek kell lennie az alábbi mélységű behatolásra:

- vasbetonnál $L = 6,1 * 132 = 805 \text{ mm}$

- fagyott talajnál $L = 8,7 * 132 = 1148 \text{ mm}$

A behatolás átmérője:

- acélban $0,5739 * 25 = 14,5 \text{ mm}$

- vasbetonban $0,5739 * 45 = 25,8 \text{ mm}$

- fagyott talajban $0,5739 * 180 = 103,3 \text{ mm}$

Hasonlóképpen végezhető a számítás az alábbi kumulatív nyújtott töltetek adatainak felhasználásával (3.sz.táblázat).

3. sz. táblázat

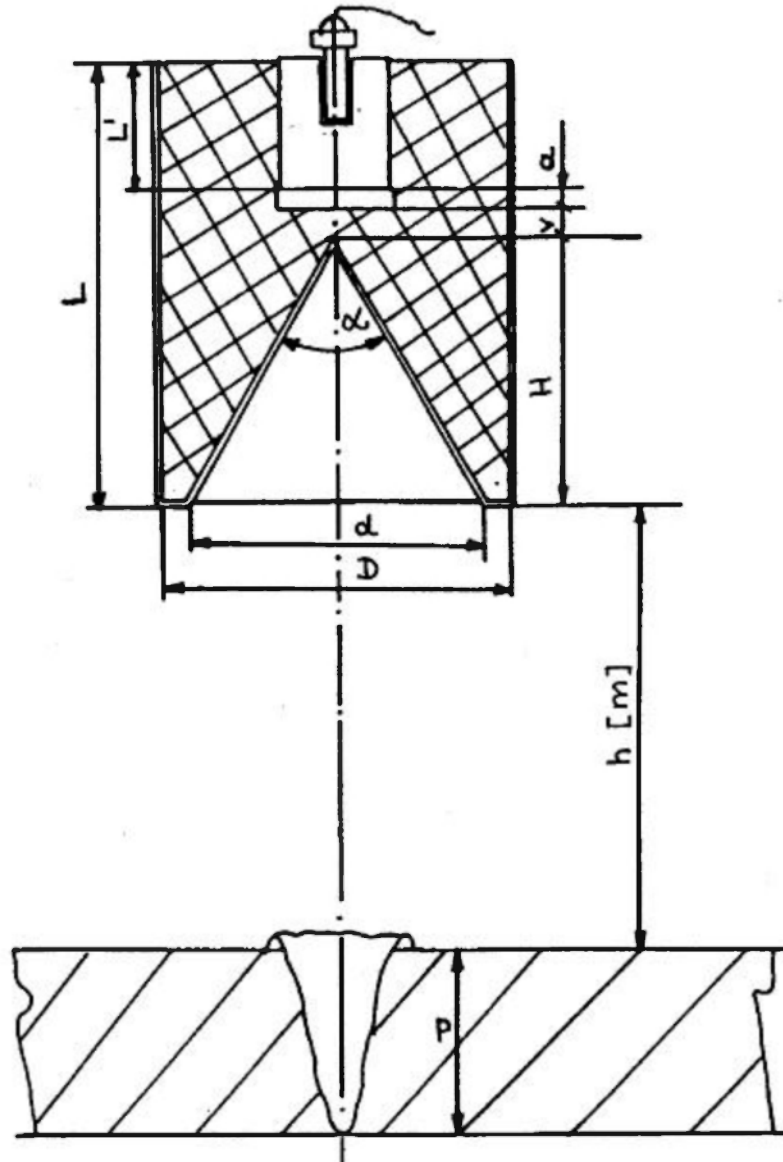
Kumulatív nyújtott töltetek jellemzői

<i>Jellemzők</i>	KZU	KZU-2	KZK
A kumulatív töltet tömege (kg)	18,0	0,9	1,0
Robbanóanyag tömege (kg)	12,0	0,32	0,4
Méreték (mm)			
- hosszúsága	500	150	200
- szélessége (K)	225	105	160
- magasság	195	85	52
Átütési képesség (L) (mm)			
- acél (páncél)	120	36	-
- vasbeton*	1000	-	-
	-	-	70*/30
- acélkötél	-	-	65*/30
L/K értéke			
- acélnál	0,53	0,34	-
- vasbetonnál	4,4	-	-

* a számláló gyűrűs, a nevező félgűrűs töltetre vonatkozik.

Kumulatív töltet méretezése az HM HTI módszere alapján

A HM Haditechnikai Intézet tudományos munkatársai az alábbi egyszerű – úgynevezett „ökölszabály” – alkalmazását javasolják (7), a 7. sz. ábrán látható ún. számítási ábra alapján.



7. számú ábra: A kumulatív töltet meghatározandó méretei

A számítás menete:

1. Optimális betévvastagság

a./ Réz és rézötvözet esetén: $s = d/50$

b./ Acél esetén: $s = d/40$

c./ Alumínium esetén: $s = d/30$

2. Optimális emelési magasság

$$h = d \frac{\alpha}{30^\circ}, \text{ ahol } 30^\circ < \alpha < 90^\circ$$

3. Páncélatütés optimális emelési magasság esetén

$$P_p = F' \cdot d \cdot \delta_i$$

ahol F' :
 Rézbetét esetén 3,8
 Acélbetét esetén 3,4
 Alumínium esetén 2,2

4. számú táblázat

A kumulatív töltet optimális méretei az alkalmazott robbanóanyag függvényében

Robbanó- anyag típusa	δ_i	v [mm]	a [mm]	D-d [mm]	L_{\min} [mm]
A-IX-1	1,5	4 - 8	3 - 5	6 - 10	10 - 15
A-IX-2	1,45	4 - 8	3 - 5	6 - 10	10 - 15
préselt NP ¹	1,42	5 - 10	-	4 - 8	-
préselt NP + Al púder	1,37	5 - 10	-	4 - 8	-
pentritol 50/50 ²	1,28	10 - 15	5 - 8	10 - 15	15 - 20
pentritol 60/40	1,32	8 - 10	5 - 8	8 - 10	15 - 20
préselt TNT	1,21	10 - 15	8 - 10	10 - 15	20 - 25
öntött TNT	0,95	15 - 20	10 - 15	15 - 20	25 - 30
TNT por	0,55	10 - 15	10 - 20	10 - 15	20 - 25
NP por	1,2	8 - 10	5 - 8	6 - 10	10 - 15
SEMTEX ³	1,0	10 - 15	5 - 8	10 - 15	15 - 20
C4 ⁴	1,4	10 - 15	5 - 8	8 - 10	10 - 15

¹ NP - nitropenta

² nitropenta és trotil 50-50 %-os elegye

³ cseh plasztikus robbanóanyag

⁴ amerikai plasztikus robbanóanyag

4. Páncélátütés nem optimális emelési magasság esetén

$$P_p = \frac{30^\circ * M}{\alpha} + (F' - 1) * d,$$

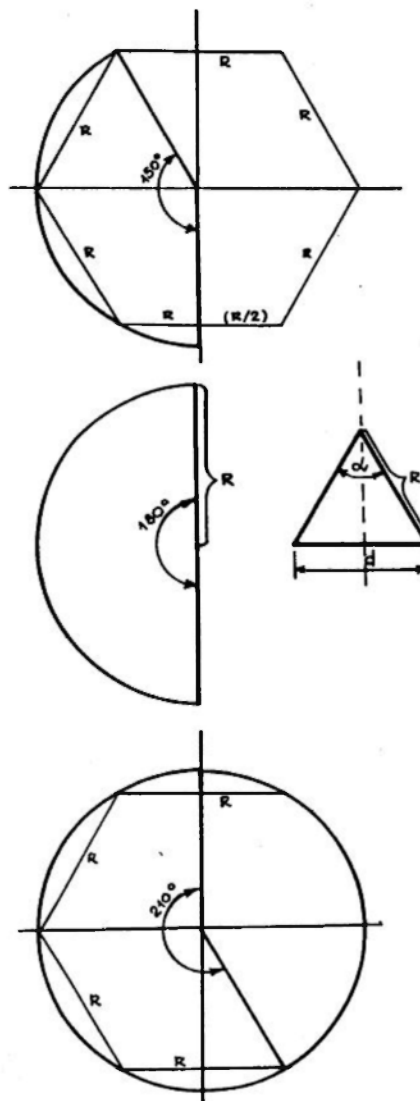
ahol M a valóságos emelési magasság ($M < h$)

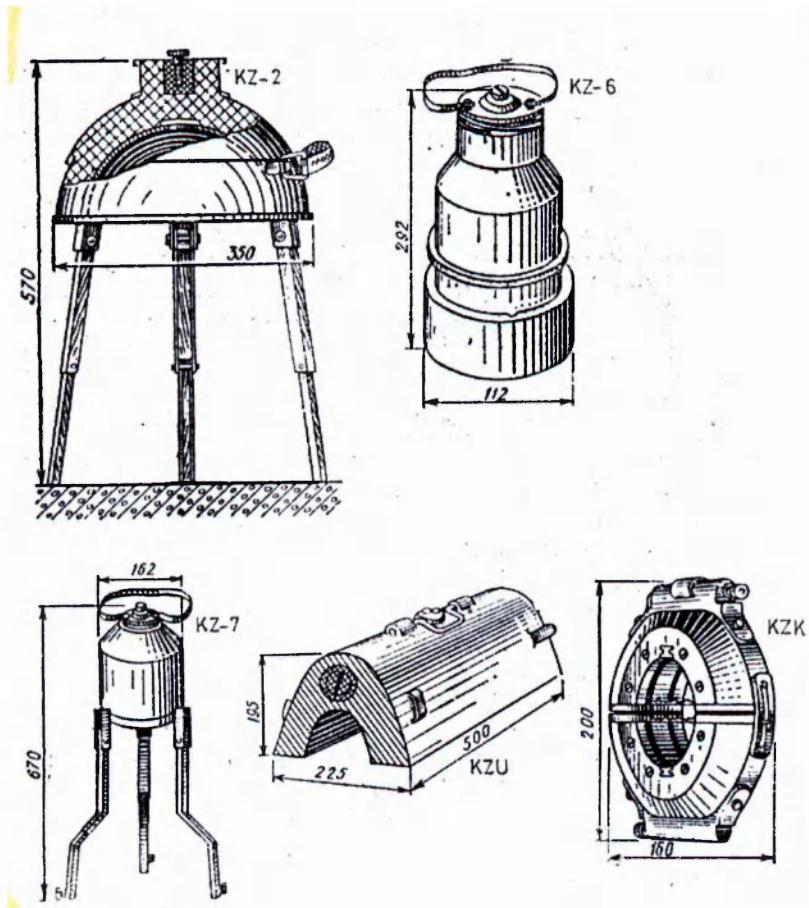
5. Gyakorlati ajánlás kumulatív töltet méretre α függvényében

5. sz. táblázat

d [mm]	α	Ideális
20 - 50	35 ° - 60 °	40 °
50 - 80	50 ° - 65 °	55 °
80 - 120	55 ° - 65 °	60 °
120 - 200	60 ° - 85 °	65 °
200 - 300	80 ° - 90 °	85 °

6. Néhány egyszerűen elkészíthető betétalak (8. sz. ábra)





9. számú ábra: Orosz katonai kumulatív töltetek [9]

Felhasznált irodalom:

1. Mű/213: Robbantási utasítás (Honvédelmi Minisztérium, 1971.)
2. Szalamahin, T.M.: Osznovi modelirovanyija i bojevaja efektyivnoszty zarjadov razrusenyija - I. (Kujbisev Katonai-Műszaki Akadémia, Moszkva, 1984.)
3. UDT Explosives techniques (Paladin Press, Boulder, Colorado, USA)
4. Special Forcs Demolitions Techniques (Paladin Prss, Boulder, Colorado, USA, 1988.)
5. FM 5-25: Explosives and demolitions (Paladin Press, Boulder,
6. CIA improvised sabotage devices (Desert Publications, Phonix, USA, 1977.)
7. Diószegi Imre: Kúpbetétes kumulatív töltetek gyors méretezése a páncélátütés függvényében (10 % pontossággal) (MH Haditechnikai Intézet, Budapest, 1992.)
8. Lukács László: A kumulatív hatás és a kumulatív töltetek méretezése - jegyzet (MH Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Műszaki tanszék, Budapest, 1992.)