

Sisekaitseakadeemia

Jakob Juhanson
Pääste

KUMULATIIVEFEKT
LÕHKEKEHADE HÄVITAMISEL
Lõputöö

Juhendaja:
Ain Karafin

Kohtla-Järve 2003

TABELITE LOETELU

- 1) Demineerimisalased väljakutsed ja likvideeritud lõhkekehad ning plahvatustes hukkunud ja vigastatud Eestis 25.05.1992. a. - 31.12.2002. a. Tabel 1 lk 9
- 2) Lõhkekehade arvutuslik kaevesügavus sõltuvalt lõhkeaine kogusest ja väljapaiskest. Tabel 2 lk 12
- 3) Kumulatiivpadruni kasutamise raamatu tabel Tabel 3 lk 23
- 4) Kumulatiivpadruni kasutamise koondtabel Tabel 4 lk 24

JOONISTE LOETELU

- 1) Väljapaiskelehter. Joonis 1 lk 10
- 2) Detonatsioonilaine fokuseerimine. Joonis 2 lk 14

FOTODE LOETELU

- 1) Eestis tehtud kumulatiivpadruni osad Foto 1 lk 17
- 2) Kumulatiivpadruni laadimiseks vajalikud töövahendid Foto 2 lk 18
- 3) Kumulatiivpadruni katsetuste tulemused Foto 3 lk 18
- 4) Osmussaare rannakaitse maa-aluste suurtükirajatistes olnud mürsud Foto 4 lk 20
- 5) Kumulatiivribad Foto 5 lk 29

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	4
1. LÕHKAMISTEooria alused.....	6
2. Lahingumoona hävitamine kattekihiga.....	9
3. Kumulatiivpadrun.....	13
3.1. Munroe efekt ja kumulatiivlaengud.....	13
3.2. Kriitilised tegurid kumulatiivlaengu kasutamisel.....	15
3.3. Kumulatiivpadruni loomine Eestis.....	16
3.4. Kumulatiivpadruni kasutamine Osmussaare demineerimisel..	19
3.5. Kumulatiivlaengu kasutamise raamat.....	21
3.6. Keemialahingumoona hävitamine kumulatiivpadruniga.....	24
4. KUMULATIIVRIBA.....	28
5. KOKKUVÕTE.....	31
6. VÕÕRKEELNE KOKKUVÕTE.....	32
7. KASUTATUD KIRJANDUS.....	33

SISSEJUHATUS

Alates 1992.aasta maikuust peavad Päästeameti demineerijad arvestust kõigi demineerimisalaste väljakutsete ja teostatud tööde kohta. Kui vaadelda kuni käesoleva ajani kogutud statistilisi andmeid, võime tõdeda, et peale talvist suhteliselt rahulikku perioodi hakkab kevadel hoogsalt kasvama just nende väljakutsete arv, mis on seotud lõhkekehade leidmisega. Kevadeti on need lõhkekehad otsekui kivid Vargamäe Andrese põldudel, mida külmakergete tõttu just kevadiste põllutööde ajal ikka ja jälle leitakse. Päästeameti demineerijad on peale Eesti taasiseseisvumist teinud oma tänuväärset tööd juba 11 aastat pahatihti nii üldsuse jaoks märkamatuks. Selle aja jooksul (kuni 31.detsembrini 2002) on demineerijad kokku kahjutuks teinud 29 490 mitmesugust lõhkekeha.

Leitud plahvatusohtlik ese hävitatakse kohapeal. Kui see ei ole võimalik, toimub hävitamine selleks eraldatud hävitamiskohal või maavaldaja loal - plahvatusohtliku eseme leiukoha lähedal (4). Praktikas toimib see üldjuhul siis, kui tegemist on väiksemate lõhkekehadega, kuid suuremate lõhkekehade puhul on asi palju keerulisem, sest nad põhjustavad olulist kahju keskkonnale. Oluliste keskkonnakahjustuste vältimiseks peab lõhkekehad katma pinnasega. Plahvatusel tekkiv pinnase võimalik väljapaise ja kildude laialilend sõltub otseselt hävitatava lõhkekeha sees oleva ning talle paigaldatava lõhkeaine kogusest ja peal olevast pinnase kattedihi paksusest.

Keskkonnakahjustuste vältimiseks ja vähendamiseks loodi Päästeametis 1994.aastal kumulatiivpadrun, mis on võimaldanud lahendada eriti keerukaid demineerimisalaseid ülesandeid, sealhulgas Osmussaare rannakaitsepatarei ja Pakri saarte demineerimine, mida võib senini pidada keerukamaiks.

Kumulatiivefekti täheldati esmakordselt 1888.aastal, laialdase kasutusala sai Teises Maailmasõjas ja seda on täiendatud pidevalt kuni käesoleva ajani eelkõige kui soomustehnika vastast relva. Kumulatiivefekti kasutamine lõhkekehade hävitamisel on uudne terves maailmas ja selle arendamisse on ka Eesti andnud väärrika panuse.

Kuna kumulatiivpadrun ei anna 100% tulemust, on minu töö eesmärgiks pakkuda võimalikke variante kumulatiivpadruni kasutamise tulemuste koondamiseks, mis peaks

lähitulevikus andma 100%-lähedase efekti kumulatiivpadruni kasutamisel lõhkekehade hävitamisel, nagu see oli Osmussaare rannakaitsepatarei 180 mm mürskude hävitamisel.

Kumulatiivpadrunit on võimalik kasutada keemialahingumoonna hävitamisel, kuna ta võimaldab teha ava keemialahingumoonna korpusesse ja seda ohutus kauguses. Keemiline aine valgub eelnevalt ettevalmistatud neutraliseerivasse ainesse või ta põletatakse.

Toon välja kumulatiivriba kasutamise vajaduse. Kumulatiivribaga on tutvunud Eesti demineerimisspetsialistid Rootsi, Taani ja Saksamaa poolt korraldatud demineerimiskursustel, kuid käesoleval ajal on Eestis üksikutel kordadel kasutatud kumulatiivriba lõhkekehade hävitamisel.

Enda töös kasutan ma Rootsi, Taani, Saksamaa ja USA demineerimiskursuste materjale, Eesti demineerimisspetsialistide ja ka isiklike kogemusi.

1. LÕHKAMISTEOORIA ALUSED

Plahvatuseks nimetatakse aine oleku ülikiiret muutumist, millega kaasneb suure energiahulga vabanemine, temperatuuri järsk tõus ja lööklaine. Vabaneva energia liigi järgi eristatakse füüsikalist, keemilist ja tuumaplahvatust.

Füüsikalisel plahvatusel muutub aine ainult füüsikaliselt (vedela süsihappegaasi või suruõhuga teostatav leegita plahvatus, aurukatla plahvatus jt).

Keemilisel (lõhkeaine, metaani, tolmu) *plahvatusel* eralduvad soojus ja gaasid ülikiiretes keemilistes reaktsioonides.

Lõhketööl kasutatakse peamiselt lõhkeaine keemilist plahvatust. Aine plahvatab kindlates tingimustes, näiteks temperatuuri järsul tõusmisel ja aine molekulide liikumiskiiruse ning energia löögist tuleneval kiirel suurenemisel. Suure rõhu ja kõrge temperatuuri juures kulgevad keemilised reaktsioonid tuhandeid ja miljoneid kordi kiiremini kui samad reaktsioonid harilikes tingimustes. Molekulide liikumiskiiruse järsk kasv põhjustab molekulisiseste ja molekulivaheliste jõudude tekkimise, mis ületavad seoste tugevuse. Toimub seoste katkemine ja aine gaasistumine, lõpuks plahvatus, kus eralduv hulgaliselt energiat.

Lõhkeaineks on keemiline ühend või ühendite mehaaniline segu, mis soojuse, surve, löögi, hõõrdumise, elektrisädeme, leegi, valguse või keemilise reaktsioonide mõjul kiiresti laguneb ja tekitab plahvatuse.

Lõhkeaine võib olla gaasilises (metaani ja õhu segu), vedelas (nitroglütseriin) või tahkes (trotüül, ammoniit jt) olekus. Lõhketööl on levinud põhiliselt tahked lõhkeained, vähem tahkete ja vedelate lõhkeainete segu.

Lõhkeaines on molekulisisesed ja molekulidevahelised seosed suhteliselt nõrgad. Ka sisaldab lõhkeaine küllaldaselt hapnikku. Teatava välismõju toimel lõhkeaine plahvatab ja ebapüsiv keemiline ühend muutub püsivateks lõpp-produktideks.

Sõltuvalt plahvatuskiirusest jagunevad lõhkeained paisklõhkeaineteks ja purustavateks (dünaamiit, ammoniit, trotüül, nitroglütseriin jt). Lõhketööl kasutatakse põhiliselt purustavat lõhkeainet, mis lõhkeaineteoorias on tuntud brisantlõhkeainete nime all.

Sõltuvalt molekulisest seoste tugevusest, algimpulssi võimsusest ja lõhkeaine omadustest võib lõhkeaine laguneda erineva kiirusega. Tekivad erinevad protsessid:

- termiline lagunemine (väljapõlemine),
- plahvatuspõlemine (deflagratsioon),
- detonatsioon.

Termiline lagunemine on suhteliselt aeglane ja toimub siis, kui lõhkeaine temperatuur ei ületa leekpunkti. Näiteks lõhkeaine põlemine õhus. Lõhkeaine termilist lagunemist laengu- ja puuraukudes nimetatakse väljapõlemiseks. Lõhkeaine väljapõlemine toimub siis, kui lõhkeaine kvaliteet on madal, algimpulss liiga nõrk või puurpuru on sattunud lõhkeaugu laengus olevate padrunite vahele jt põhjustel. Suurte lõhkeainekoguste põlemisel võib temperatuur tõusta ja termiline lagunemine üle minna plahvatuseks. Seda tuleb arvestada lõhkeaine hoidmisel ja töötlemisel.(2: 128)

Mõnede autorite arvates liigub plahvatuspõlemisel liigub põlemistsoon soojusjuhtivuse teel edasi kiirusega 400..1000 m/s. See kiirus sõltub lõhkeaine omadustest ja välistingimustest (rõhk, temperatuur). Plahvatuspõlemine on iseloomulik paiskavatele lõhkeainetele nagu näiteks püssirohule. Sõltuvalt välistingimustest võib lõhkeaine põlemine üle minna detonatsiooniks ja ka vastupidi. Plahvatuspõlemisel vabaneb sama suur hulk energiat kui detoneerumisel, kuid väiksema levimiskiiruse tõttu on plahvatuse võimsus kümneid kordi väiksem. See kiirus sõltub tõenäoliselt siiski lõhkeaine omadustest ja välistingimustest (rõhk, temperatuur) ning võib olla oluliselt suurem. Mitmetel välismaistel demineerimisalastel õppekursustel peetakse plahvatuspõlemise piirkiiruseks kuni 2000 m/s ja lõhkeaine lagunemise kiirust üle 2000 m/s loetakse detonatsiooniks. Plahvatuspõlemine on iseloomulik paiskavatele lõhkeainetele nagu näiteks püssirohule, kuid demineerimistööl saadud kogemuste põhjal on just kumulatiivpadruni kasutamisel esile kutsutud plahvatuspõlemist ka brisantlõhkeainetel, kõige enam trotüülil. Tundub, et mõlemad pakutud plahvatuspõlemise kiiruse variandid võivad olla õiged. Suure tõenäosusega on just kumulatiivjoa poolt lõhkekeha lõhkeaines esile kutsutud

plahvatuspõlemise (deflagratsiooni) kiirus suurem ja on tavalise plahvatuspõlemise ja detonatsiooni vahepeal. Ette rutates võib selle väite kinnituseks pidada ka Osmussaare kauglaskesuurtükkide suurekaliibriliste Ø180 mm mürskude hävitamist kumulatiivlaengutega. Nii plahvatuspõlemise kõla kui ka tulemuse – paljude mürskude pikipoolitumine hävitamisel kumulatiivjoaga on tõendiks, et sel juhul pidi lõhkeaines oleva plahvatuspõlemise kiirus olema suurem kui 400 ... 1000 m/s, kuid oluliselt aeglasem kui nendes oleva brisantlõhkeaine meliniidi (trinitrofenooli – $(\text{NO}_2)_3 \text{C}_6\text{H}_2\text{OH}$) detonatsioonikiirus ~7000 m/s. Võibolla suudetakse tulevikus välja töötada meetodika, kuidas täpsemalt mõõta lõhkeaine plahvatuspõlemise kiirust erinevates tingimustes, kuid tulemus ei tohiks oluliselt erineda selles arutluses pakutud variantidest.(10)

Sõltuvalt välistingimustest võib lõhkeaine põlemine üle minna detonatsiooniks ja ka vastupidi. Plahvatuspõlemisel vabaneb sama suur hulk energiat kui detoneerumisel, kuid väiksema levimiskiiruse tõttu on plahvatus võimsus kümneid kordi väiksem.

Detonatsiooniks nimetatakse rõhu järsust suurenemisest (lööklaine, löök) põhjustatud erakordselt kiiret (kuni 9000 m/s) eksotermiliste protsesside levikut aines.(2: 129)

2. LAHINGUMOONA HÄVITAMINE KATTEKIHIGA

Eesti demineerijate 11 aasta on kajastatud lisatud tabelis 1.

Tabel 1. Demineerimisalased väljakutsed ja likvideeritud lõhkekehad ning plahvatustes hukkunud ja vigastatud Eestis 25.05.1992. a. - 31.12.2002. a.(12)

Nimetus	Demineerimistöo koondtabel										
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Väljakutseid kokku	72	228	624	896	820	947	838	1444	1369	1301	1086
Plahvatusi	3	41	71	81	44	40	41	35	31	25	24
Plahvatustes hukkus	2	5	1	10	6	5	7	5	2	3	1
Sai vigastada	2	10	11	26	24	20	6	16	18	9	7
Pommiävardused	7	97	125	221	161	150	184	445	454	214	93
neist koolidele	6	45	28	63	45	56	91	251	235	112	48
Pommikahtlus	-	-	-	-	135	102	100	148	222	206	179
Lõhkeseadeldised	1	6	11	28	17	16	13	8	6	9	6
Pommitehn.kontroll	-	-	-	52	58	86	51/278	65/296	89/537	74/384	70
Lõhkekehad	228	1466	1958	4046	1898	10949	2152	2340	1437	1347	1669

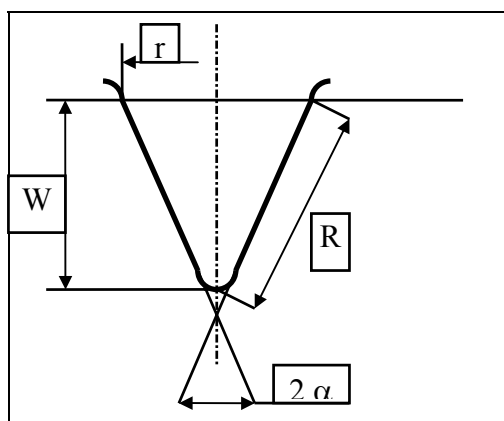
Teha oma tööd võimalikult vähe segades inimeste igapäevast töörütmi ja nende turvalisust tagada ongi demineerijate taotlus. Kuid alati ei ole kahjuks seda võimalik teha juba sel põhjusel, et ohualt tuleb inimesed evakueerida ja vahel tuleb leitud lõhkekeha vedada hävitamiseks plahvatusohtlike esemete hävitamiskohta.

Lõhkekeha on tööstuslikult valmistatud lahingumoon.(5)

Lahingumoon, relvastuse osa, sõjaotstarbelised tooted ja materjalid, mida kasutatakse vastase elavjõu ja lahingutehnika hävitamiseks, kaitse ja muude rajatiste purustamiseks vm ülesannete (valgustamine, suitsukatte tegemine) täitmiseks. Lahingumooni hulka kuuluvad

suurtükkide lasukomplektid, reaktiivmürsud, raketite ja torpeedode lõhkepead, laskurelvade padrunid, granaadid, lennuki- ja süvaveepommid, maa- ja meremiinid, lõhkelaengud, suitsuküünlad jms. Lahingumoona eriliigi moodustavad bio-, keemia- ja tuumalahingumoon. (7: 98)

Päästeamet alustas demineerimistöid 1992. aasta kevadel ja kohe oli selge, et kõige tähtsam selle töö juures on ohutus. Kui maapind seda vähegi võimaldas, siis kaevati lõhkekehad nende hävitamiseks maasse nii sügavale või veeti lõhkekehale peale nii paks kiht pinnast, et lõhkekeha plahvatusel tekkinud energiast suurem osa kulus plahvatuslehtri moodustamisele. Seega plahvatusel tekkiv pinnase võimalik väljapaise ja kildude laialilend sõltub otseselt hävitatava lõhkekeha peal olevast pinnase kattekihi paksusest (joonis 1).



W - vähima vastupanu joone pikkus ehk laengu paigutuse sügavus (laengu kaugus maapinnani laengu keskpunktist),
 r - plahvatuslehtri raadius,
 R - plahvatuse välistoime raadius

Joonis 1. Väljapaiskelehter.

Laengu mõju teda ümbritsevale keskkonnale iseloomustatakse *plahvatustoime arvuga n*.

$$n = \frac{r}{W} = \operatorname{tg} \alpha \quad (2: 140)$$

Sõltuvalt plahvatustoimearvu väärtusest liigitatakse väljapaiskelaengud normaalseteks ($n = 1$), suurendatud ($n > 1$) ja vähendatud ($n < 1$) väljapaiskelaenguteks. Vähendatud väljaviskelehter, kui $r < w$ on lõhkekehade hävitamisel vajalik, sest kui $\frac{r}{w} = \frac{2}{3}$, siis tekib maapinnale ainult väike jälg plahvatusel, pinnase väljapaise on minimaalne – see on

demineerijatele väga soovitatav ja tööstuslikel lõhketöödel äärmiselt ebasoovitav tulemus ja kui $r > w$ – on ebasoovitav ja võib olla ohtlik tööstuslikel lõhketöödel ja äärmiselt ohtlik demineerimisel. Demineerimistöodel püütakse saavutada võimalikult täielik kamuflett, kus $n = 0$ või võimalikult lähedal 0-le.

Kamuflett on nähtus, kus lõhkeaine (lõhkekeha) plahvatuslehter ei ulatu maapinnale, kogu plahvatusenergia sumbub pinnasesse. Võib esineda täielik või osaline kamuflett. (5)

Lõhkekeha maasse kaevamisel püüab demineerimistöode juht kasutada “õhutasku” meetodit, kus hävitatav lõhkekeha ümbritsetakse puitmaterjalist valmistatud kastiga nii, et lõhkekeha ja teda katva pinnase vahele jääks nn õhutasku. Hävitatav lõhkekeha kaetakse pinnakihi nii, et plahvatusel toimuks võimalikult täielik kamuflett. Soovitatav on lõhkekeha katta sellise pinnasega, kus ei ole kive ja/või jäätunud pinnase tükke. Vajaliku pinnasekihi paksuse üks arvutusvalem on:

$$H = \sqrt[3]{\frac{Q}{K \cdot M}}$$

K - koefitsient, mis sõltub pinnasest, värskest puistatud pinnases on K ligikaudu 0,4; niiskes liivas on K ligikaudu 1;

M - sõltub plahvatustoimetegurist ja on täieliku kamufleti korral $n = 0$, siis $M = 0,33$ ja väikese väljapaiske korral $n < 1$, siis $M = 1$;

Q - lõhkeaine mass lõhkekehas ja hävituslaengus kokku kg-des;

H - pinnasekihi paksus meetrites. (5)

Pinnasekihi paksuse arvutusvalemi põhjal koostasin tabeli, mis võimaldab teades lõhkeaine kogumassi ja pinnase struktuuri leida vajalik kaevesügavus (tabel 2)

Tabel 2. Lõhkekehade arvutuslik kaevesügavus sõltuvalt lõhkeaine kogusest ja väljapaiskest.

Lõhkeaine kogumass	Kaevesügavus täieliku kamufleti korral M=0,33 värskelt puistatud Pinnases K=0,4	Kaevesügavus väikse väljapaiske korral M=1 värskelt puistatud pinnases K=0,4	Kaevesügavus täieliku kamufleti korral M=0,33 märjas liivas K=1	Kaevesügavus väikse väljapaiske korral M=1 märjas liivas K=1
kg	M	M	m	m
0,1	0,91	0,63	0,67	0,46
0,5	1,56	1,08	1,15	0,79
1	1,96	1,36	1,45	1,00
1,5	2,25	1,55	1,66	1,14
2	2,47	1,71	1,82	1,26
3	2,83	1,96	2,09	1,44
4	3,12	2,15	2,30	1,59
5	3,36	2,32	2,47	1,71
10	4,23	2,92	3,12	2,15
15	4,84	3,35	3,57	2,47
20	5,33	3,68	3,93	2,71
30	6,10	4,22	4,50	3,11
40	6,72	4,64	4,95	3,42
50	7,23	5,00	5,33	3,68
60	7,69	5,31	5,66	3,91
150	10,43	7,21	7,69	5,31

Esitatud tabelis 2 on näha, et lõhkekehade hävitamist võimalikult täieliku kamufletiga on võimalik teostada ainult väiksemate lõhkekehade puhul, kuid ka siin peame arvestama pinnase osalise väljapaiskega. Suuremate lõhkekehade puhul on selliste tööde läbiviimine raskendatud või mõnikord täiesti ebareaalne. Näiteks 200 kilogrammine fугasslennukipommi lõhkeaine kogus on ~150 kilogrammi. Täiskamufleti saavutamiseks isegi märja liivaga katmisel oleks vaja lõhkekeha katta 7,69 meetri paksuse pinnasega (tabel 2). Eesti tingimustes ei ole juba pae aluskihi tõttu (Põhja-Eesti) võimalik nii sügavale pinnasesse kaevuda. Pinnast on küll võimalik mingil määral hävitatavale lõhkekehale peale vedada, kuid mitte sellises koguses. Seega peame suurekaliibriliste lõhkekehade hävitamisel kasutama ka muid ohutust vähendavaid võtteid, kuid peamiseks jääb ikkagi küllaldase ohuala määramine hävituskohas.

Üheks selliseks võimaluseks on kumulatiivpadruni kasutamine, mis võimaldab kutsuda lõhkekehas oleva lõhkeaine plahvatusliku põlemise (deflagratsiooni).

3. KUMULATIIVPADRUN

Kumulatsioon (sõjanduses) – tugevatoimelise lõhkeaine plahvatuse mõju koondamine soovitatavasse suunda; saavutatakse lõhkelaengus koonusekujulise (metallist vooderdise) süvendi abil. Plahvatusel tekkiv mitme miljoni atmosfääri tugevune rõhk toimib süvendi telje suunas ja ta toime on tugevaim plahvatusjoa fookuses. Mürske ja miine, mille ehitus põhineb kumulatsiooni printsiibil, nimetatakse kumulatiivlaskemoonaks, neid kasutatakse peamiselt soomuskattega märkide tulistamisel (1: 235).

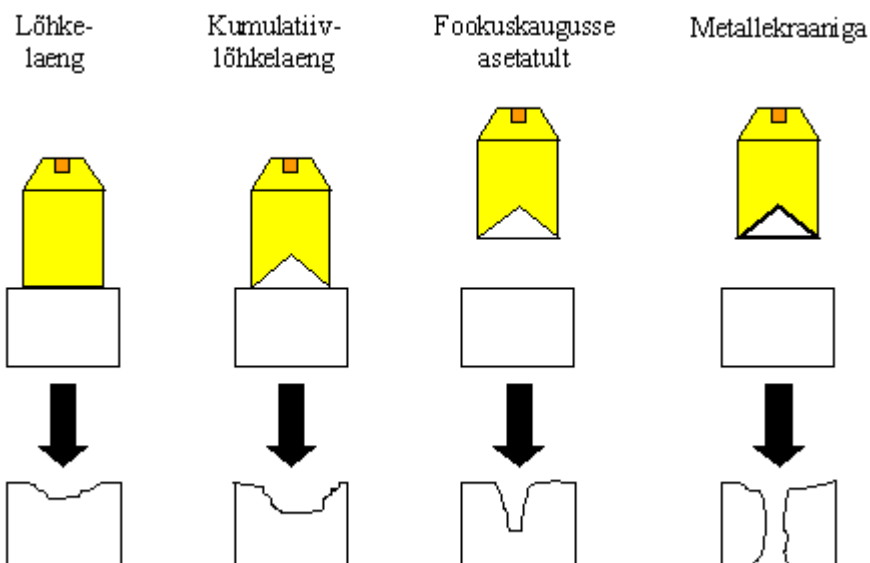
Kumulatiivefekt – (< lad *cumulare* `kuhjama, koguma`), kumulatsioon, plahvatuse energia kontsentreerimine ettemääratud suunda. Kumulatiivefekti saavutamiseks kasutatakse kumulatiivsüvendiga laengut.(7: 89).

3.1. Munroe efekt ja kumulatiivlaengud.

See lõhkeaineefekt on kahtlemata kõigist kõige huvitavam ja kasulikum. 1939.-45.a. sõjas arendati selle efekti rakendust tohutult ning selle tulemuseks on kaasaegsed kumulatiiv- ja õõneslaengud.

1888. a. avastas ameeriklane C. E. Munroe, et lõhkelaengu ühte otsa süvendi tegemisel moodustub gaasijuga, mis fokuseerib detonatsiooni energia sihtmärgi ühte punkti.

Alguses täheldati, et kui detoneerida brisantlõhkeaine soomustatud plaadi vahetus läheduses, siis tekib plaadi sisse väike mõlk. Kui lõhkelaengusse lõigati kiilukujuline sälk, mis detonatsioonilainet fokuseeris, muutus mõlk plaadis suuremaks. Efekti võis veelgi võimendada, asetades laengu plaadist sobivasse fookuskaugusse. Lõhkelaengusse lõigatud kiilukujulise sälgu “vooderdamine” elastsest metallist ekraaniga tõstis soomusplaadi läbistatavust veelgi rohkem (joonis 2).



Joonis 2. Detonatsioonilaine fokuseerimine.

Kumulatiivlaeng suudab läbistada kuni 550 mm terast ja ligikaudu 1500 mm armatuurbetooni. On välja arvatud, et ülikiire kumulatiivjuga avaldab sihtmärgile survet 27.6 KN/mm^2 .(15)

Kumulatiivlaeng leidis kasutuse alles Teises maailmasõjas. Murranguks kujunes 1942. aasta, kui tankide tõrjumiseks loodi kumulatiivse laenguga suurtükimürsud ja põhimõtteliselt uus relvatüüp – tankitõrje granaadiheitja. Tänapäeval kasutatakse kumulatiivlaengut laialdaselt granaadiheitjates, rakettides, suurtükimürskudes, pommides, miinides ja mujal.

Kumulatiivlaengut võib nimetada ka omapäraseks soojusmasinaks, kus plahvatav aine tekitab mehhaanilise liikumise ning selle abil kasuliku töö. Selleks on lõhkeainesse jäetud koonusekujuline süvend, mis on seest kaetud pehme vasest nn kumulatiivkoonusega. Veel efektiivsem ja vasest kaks korda suurema tihedusega materjal on puhas kuld, kuid selle kasutuselevõtt on liiga kallis.

Kumulatiivlaengu lõhkeaine plahvatusel moodustub koonuse sisepinnast kumulatiivjuga, millel on soomuse läbimisel tavaliselt peamine osa. See pihustunud-sulanud vase tihe, pikk ja peenike juga tabab soomust kiirusega 8000 kuni 12 000 m/s. Kumulatiivjuga läbib

pea ühesuguselt nii odavat katlarauda kui kalleimat kroomnikkelterast, kuid palju sõltub plahvatuse kaugusest ning joa tabamismurgast soomuse suhtes.(11)

3.2. Kriitilised tegurid kumulatiivlaengu koostamisel

Fookuskaugus. Maksimaalse jõu saavutamiseks peab kumulatiivjuga läbima teatava vahemaa. Maksimaalse läbivuse saavutamiseks peab laeng olema sihtmärgist õigel kaugusel. Nii silindriliste kui lineaarsete kumulatiivlaengute puhul peab maksimaalse läbivuse saavutamiseks vajalik fookuskaugus võrduma laengu põhja ligikaudu 3-4-kordse läbimõõduga. Et kumulatiivjuga korralikult kujuneda saaks, tuleb jätta laengu ja sihtmärgi vahele fookuskaugus, et joal oleks aega ja ruumi välja kujuneda. Seepärast peab veealuste rakenduste korral fookuskaugus olema tagatud veekindlalt.

Initsiaatori asetus. Silindriliste kumulatiivlaengute korral peab detonaator paiknema täpselt koonuse tipu kohal, sest muidu ei kujune kumulatiivjuga korralikult välja. Kumerate, õige pikkusega juppideks lõigatavate laengute puhul aga võib detonaator asetseda mistahes punktis laengu otsal, kui ta ainult jääb kahe külje vahelisse keskpunkti.

Lõhkeainetäidise ühtlus. Kumulatiivlaengu täitmisel plastilise lõhkeainega tuleb olla hoolikas. Kui kuskile jääb õhumulle, moondub kumulatiivjuga ning kaotab suure osa oma efektiivsusest.

Ekraanimaterjal. Katsed on näidanud, et parima ja efektiivseima kumulatiivjoa tekitab pehme metall, nagu vask või tsink. Kasutada võib aga peaaegu igasugust materjali, nad kõik annavad rahuldavaid tulemusi. Betooni puhul annab väga häid tulemusi klaasist ekraan.

Ekraani nurk. Üldiselt on täheldatud, et parima läbivuse tagab 80° ekraaninurk.

Tabavusnurk. Kumulatiivlaeng tuleb paigutada täpselt sihtmärgi kohale, et kumulatiivjuga ei läheks rikošetti. (15)

3.3. Kumulatiivpadruni loomine Eestis.

28.septembrist kuni 08.oktoobrini 1993. aastal toimus Leedus Suurbritannia demineerimisspetsialistide poolt läbi viidud kursus Leedus, mille käigus tutvustati Balti riikide demineerijatele terrorismivastast võitlust. Selle kursuse raames toimus praktiline õppus polügoonil, kus näidati lõhkekehade hävitamist kumulatiivpadruni abil. Erinevalt lõhkekehades kasutatava kumulatiivnõo otstarbest, mis on suunatud lõhkekeha plahvatusel tekkiva suunatud tugevama purustusjõu tekkimisele, kasutati siin kumulatiivnõo efekti just lõhkekehade ohutumaks ja looduskeskkonda säästvaks kahjutustamiseks. Lõhkeaine plahvatusel tekib kumulatiivnõo tõttu suunatud ülikiire, mõnede autorite arvates kuni 20000 meetrit sekundis liikuv kumulatiivnõo sulanud materjalist kumulatiivne juga, mis olenevalt paljudest asjaoludest on suuteline läbima teel olevat küllalt paksu metalli. Meie näite puhul läbima lõhkekeha kesta ja kutsuma esile lõhkekehas oleva lõhkeaine *deflagratsiooni* ehk plahvatuslikku põlemist või detonatsiooni .

Selleks otstarbeks tehtud spetsiaalset kumulatiivpadrunit oli meil esmakordselt võimalik näha eelpool mainitud kursusel. Siiski oli tunda, et ka Suurbritannia demineerimisspetsialistidele oli kumulatiivpadruni kasutamine uudne. Nii näiteks paigutasid nad kumulatiivpadrunid eranditult ise kohale, samuti paigutasid nad nendesse laengutesse ise elektridetonaatorid ning õppuritele ainult näidati valmisseatud laenguid nende veenmiseks, et saadud tulemus on tõesti saavutatud kumulatiivpadruni abil. Silma järgi otsustades oli nende kumulatiivpadruni läbimõõt ~30 mm ja pikkus ~70 mm, kumulatiivne nõgu oli vasest. Instruktorite väitel pidi neil olema suurem kumulatiivpadrun paksemaseinaliste lõhkekehade hävitamiseks.

Kursuse polügooniõppuse ajal lõhati näitlikult eraldi kolm 100 kg lennukipommi. Üks lennukipomm lõhati kattelaenguga, kusjuures katvaks lõhkeaineks oli plastlõhkeaine. See lennukipomm detoneerus. Teisele lennukipommile asetati kolmjalal olev kumulatiivpadrun pealt – sel juhul jäi lennukipomm lõhkamisel praktiliselt samale kohale, umbes pool pommi olevast lõhkeainest hävis lõhkeaine deflagratsiooni tõttu ja ülejäänud lõhkeaine paiskus tükkidena laiali plahvatuskoha vahetusse lähedusse. Kolmandal juhul suunati kumulatiivpadrun lennukipommile külje pealt ilma kolmjalata. Sel korral põles lennukipommi kest momentaalselt tühjaks, kest lendas hävitamiskohast paarikümne meetri

kaugusele ja selles oli näha $\varnothing \sim 10$ mm auk. Kõik lennukipommid olid ühte marki kesta paksusega $\sim 7-8$ mm ja kumulatiivnõo kaugus lennukipommist oli 30-50 cm, kuid ei mäleta kumulatiivpadruni kaugust igal konkreetsel juhul. Eeltoodud väide kumulatiivpadruni uudsusest ka Suurbritannia instruktoritele leidis kinnitust, kui soovitud tulemuse korral peale plahvatusi väljendasid instruktorid ülevoolavalt oma rõõmu, tehti väga palju fotosid ja kogu protsess võeti videolindile.

Nähtu põhjal tekkis meil mõte soetada ka Päästeametile oma kumulatiivpadrun. Meie demineerijad hakkasid demineerimistöodel katsetama selleks sobivaid kumulatiivset nõgu omavaid deodorandipudeleid, samuti šampusepudelite põhju, mis samuti soodustab kumulatiivefekti tekkimist.

Rääkisin sellisest vajadusest Päästeameti sõjaväestatud päästeüksuste ülemale major Igor Liivile, kes haaras kinni ideest luua Päästeametile oma kumulatiivpadrun. Ta tegi kumulatiivpadruni, selle kahte liiki nõo ja vajalike töövahendite joonised ja leidis Eestis firma, kes oli suhteliselt mõõduka tasu eest valmistama kumulatiivpadrunite katsepartii ning 1994. aasta aprilli lõpus oli meil katsepartii käes. Kuna Päästeametis kasutati demineerimisel nõrgemajoolist brisantlõhkeainet ammoniiti nr 6 ŽV, siis tuli ka kumulatiivpadrun teha suurem selleks, et saada umbes samaväärne kumulatiivjuga kui inglastel.(10)



Foto 1. Eestis tehtud kumulatiivpadruni osad (9).



Foto 2. Kumulatiivpadruni laadimiseks vajalikud töövahendid (9).

Peale katsepartii kättesaamist katsetasime koos Igor Liiviga kumulatiivpadrunit 15 mm metallplaadi läbimisel ja saime väga häid tulemusi: Metallplaadist 30-40 cm kaugusele asetatud kumulatiivpadrun tekitas iga kord metallplaati enamvähem silindrilise augu $\text{Ø} \sim 10\text{-}12$ mm (foto 3.).(10)



Foto 3. Kumulatiivpadruni katsetuste tulemused (3).

Sellest ajast on kumulatiivpadrun Päästeametis töötavate demineerijate üks töövahenditest, mida kasutatakse sageli nii tavaliste väljakutsete kui ka plaanilise töö korral. Eesti seni kõige suurematel plaanilistel töödel Suur-Pakri ja Väike-Pakri saartel, mis toimusid 1993. aasta lõpus ja kevad-suviti alalise laagrina aastatel 1994 - 1997, kasutati kumulatiivpadruneid alates 1994. a. aprillist lõhkekehade kahjutustamisel korduvalt. (10)

3.4. Kumulatiivpadruni kasutamine Osmussaare demineerimisel.

Osmussaare rannakaitse maa-aluste suurtükirajatiste demineerimine toimus 1996. ja 1997. aastal Jõhvi Üksik-Päästekompanii demineerijate poolt.

Osmussaar on looduskaitseala ja seal tehtavad demineerimistööd on vaja kooskõlastada Keskkonnaministeeriumiga. Omasime juba paariaastast kogemust töötamisel kumulatiivpadruniga ja Päästeameti vastavas taotluses Keskkonnaministeeriumile võisime välja öelda, et töö toimub ilma Osmussaare pankrannikut, faunat ja floorat kahjustamata. 1996. aastal tõsteti rannakaitsepatarei maa-alusest rajatisest välja seal üle poole sajandi olnud Ø 180 mm mürske – 210 tk ja peale mürsu ehituse tundmaõppimist ja kumulatiivpadruni täpse asukoha määramist mürsu suhtes hävitati need kõik kumulatiivpadrunitega.(10)



Foto 4. Osmussaare rannakaitse maa-aluste suurtükirajatistes olnud mürsud (9).

Kui *kattelaengu* korral pidanuks laengu suurus sellisel mürsul olema vähemalt 8 kilogrammi ammoniiti ühe mürsu kohta ja ka siis oleks tulemus küsitav, siis kumulatiivpadruni kasutamise korral kulus ühele mürsule veidi vähem kui 200 grammi sama lõhkeainet. Väga suur vahe on muidugi selles, et kui 8 kilogrammise kattelaengu korral toimus lõhkekeha detonatsioon, millega kaasnes suur lööklaine ja kildude laialdane *fragmentatsioon*, siis kumulatiivpadruni kasutamisel toimus lõhkeaine plahvatuslik põlemine mürsus (kuni 1000 meetrit/sekundis) ja kildude laialilendu ei toimunud. Kuna mürsud olid paksuseinalised (foto 4.), siis tavalist pinnalaotust plahvatusel toimuda ei saa ja enamus mürskudest purunesid pikuti kaheks. Kuna kasutatav lõhkeaine ammoniit nr 6ŽV kuulub väikese nõrgemajõuliste brisantlõhkeainete hulka, siis hakati otsima võimalusi, kuidas saada selle lõhkeainega paremaid tulemusi. Selleks segati sinna hulka alumiiniumipulbrit või peenestatud ja sõelatud trotüüli, mis esimesel juhul tõstab lõhkeaine plahvatussoojust (kcal/kg) ja teisel juhul tema brisantsust ja töövõimet. Kogu selle töö tagajärjel oleme saavutanud tulemusi, mis kaugelt ületavad eeltoodud Suurbritannia kumulatiivpadruni näitajad. Kumulatiivpadruni näitajate paremus seisneb selles, et

kasutades nõrgemajõulist brisantlõhkeainet ammoniit on saavutatud sama tulemus, mis tugevajõuliste brisantlõhkeainetega.(10)

1997. aastal teostasid Jõhvi Üksik-Päästekompanii demineerijad Osmussaare teise suurtükipatarei maa-aluse rajatise demineerimise, mille käigus tõsteti üles ja hävitati samal meetodil sealt leitud samakaliibrilisi mürske – 44 tk.

3.5. Kumulatiivlaengu kasutamise raamat

Aastate pikkune kumulatiivpadruni kasutamine demineerimisgruppides ja pommigrupis veenis meid üha rohkem selles, et senini ei ole me suutnud välja töötada kindlat meetodikat kumulatiivpadruni kasutamiseks erinevate lõhkekehade kahjutustamisel nii, et alati toimuks lõhkekehas lõhkeaine plahvatuslik põlemine. Me teame juba päris hästi, kuidas paigutada kumulatiivpadrun “Osmussaare tüüpi” Ø180 mm mürsu puhul, sest see on paljukordselt tõestatud. Teiste sõnadega, me oskame kumulatiivpadrunit paremini kasutada paksuseinaliste lõhkehade puhul, kui peaaegu kogu tekkinud kumulatiivjoa energia kulub paksuseinalisse lõhkekehasse augu “löömisse või põletamisse” ja väikese ülejäänud osa energia arvel toimub lõhkeaines oleva lõhkeaine plahvatuslik põlemine.

Õhukeseseinaliste lõhkekehade puhul oleme saavutanud nii lõhkeaine täielikku plahvatusliku põlemise, mille puhul tekib lõhkekeha pinnalaotus (järelkult ei teki kildude fragmentatsiooni), kuid kahjuks umbes pooltel juhtudel lõhkekeha plahvatab. Tundub, et põhiküsimus ongi selles, kui kaugele iga konkreetse lõhkekeha puhul on vaja asetada kumulatiivpadrun, et “augu löömisest” jäänud vaba energia oleks suuteline tekitama lõhkeaines ainult lõhkeaine plahvatusliku põlemist või äärmisel juhul termilist lagunemist, kuid mitte detonatsiooni.

Me ei tea praegu ka seda, kas lõhkekeha kuju, näiteks tema läbimõõt, võib mängida selles küsimuses oma osa. On avaldatud arvamust, et teatud juhtudel võib tekkida lõhkekeha lõhkeaines kumulatiivjoa sisenemise vastaspoolel suure rõhu tõttu nn kriitiline piirkond,

kus ka normaalvõimsusega või vähendatud võimsusega lõhkeaines tekib nn löögitundlikkuse efekt, mis muidu on omane ainult initsieerivatele ja kõrgendatud võimsusega brisantlõhkeainetele.

Selleks, et saavutada samast kvaliteetne tulemus, mis oli "Osmussaare tüüpi" Ø180 mm mürskude hävitamisel, on vaja viia läbi praktilisi katseid ning koondada kõigi demineerimisüksuste tulemused ühtsesse andmebaasi.

Demineerimistöõde juhendis on kirjutatud, et demineerimisgrupp omab ja täidab regulaarselt:

- 1) ohutustehnika- ja demineerimisalaste teadmiste instrueerimise raamatut;
- 2) väljasõiduaruannet ja sellega kaasnevaid lisasid;
- 3) lõhkematerjali hoidmise, arvestamise ja kulu kajastavat dokumentatsiooni;
- 4) väljakutsete ja hävitatud lõhkekehade registreerimise raamatut;
- 5) demineerimisalase varustuse arvestust;
- 6) tõrkelaengu arvestuse ja likvideerimise raamatut;
- 7) kumulatiivlaengu kasutamise raamatut.

Lõhkekeha hävitamisel kumulatiivlaengu kasutamise otsustab demineerimistöõde juht, seejuures arvestab ta kumulatiivlaengu kauguse määramisel lõhkekeha kesta paksust ja soovitud tulemust. Alati peab püüdma esile kutsuda lõhkekehas oleva lõhkeaine plahvatuslikku põlemist, seejuures peab ohuala olema alati arvestatud lõhkekeha võimalikule detonatsioonile.

Iga kumulatiivlaenguga teostatud lõhkekeha hävitamisel tuleb märkida spetsiaalsesse kumulatiivlaengu kasutamise raamatusse laengu asetuse kaugus lõhkekehast, selle kesta paksus, kumulatiivse nõo liik ja saadud tulemus.(4)

Käesoleval ajal ei ole välja töötatud ühtset kumulatiivpadruni kasutamise raamatu vormi, seepärast teen omapoolse ettepaneku, mis on välja toodud tabelis 3.

Tabel 3. Kumulatiivpadruni kasutamise raamatu tabel.

Kuupäev	Väljasõidu aruande nr	Kumulatiivpadruni nõgu: S - sügav; M - madal	KP kasutatav lõhkeaine: T - troitiül; A - ammoniit; PL - plastlõhkeaine	Hävitatava lõhkekeha liik: F - fuggass; KF - kild-fuggass; SB - soomust-bet. läbistav; K - kumulatiiv	Lõhkekeha seinapaksus (cm)	KP kaugus lastavast pinnast (cm)	KP asetus: P - pealt; K - küljelt	Eskiis	Hävitamise tulemus: D - detoneerus; H - hea; VH - väga hea	Märkused	Demineerimistöõde juht
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Viies sisse ühtse kumulatiivpadruni arvestuse raamatu on võimalik lõhkekehade kahjutustamisel kumulatiivjoaga saadud tulemused koondada demineerimisgruppide ühtse infobaasi. Demineerimiskeskus koondab demineerimisgruppides saadud kumulatiivpadruni kasutamise tulemused ning annab välja koondkokkuvõtte, mille abi saavad demineerimisgrupid ülevaate kõikidest kumulatiivpadruni kasutamise tulemustest.

Teen ettepaneku luua kumulatiivpadruni kasutamise koondtabel (tabel 4). Kasutades Excelis filtrit on võimalus leida vastavalt olukorrale kõige parem tulemus igal konkreetsel juhul eraldi, tuginedes eelnevatele Päästeametis tegutsevate demineerijate sellealastele katsetustele.

Tabel 4. Kumulatiivpadruni kasutamise koondtabel

Kuupäev	Kumulatiivpadruni nõgu: S - sügav; M - madal	KP kasutatav lõhkeaine: T - troüül; A - ammoniit; PL - plastlõhkeaine	Hävitatava lõhkekeha liik: F - fuggass; KF - kild-fuggass; SB - soomust-bet. läbistav; K - kumulatiiv	Lõhkekeha seinapaksus (cm)	KP kaugus lastavast pinnast (cm)	KP asetus: P - pealt; K - küljelt	Hävitamise tulemus: D - detoneerus; H - hea; VH - väga hea	Lahingumoon liik	Demineerimistiksus
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3.6. Keemialahingumoon hävitamine kumulatiivpadruniga.

Keemialahingumoon tuleb lugeda erakordseks, väga ohtlikuks leiuks.

Keemialahingumoon lei u või selle kahtluse korral tuleb:

- 1) evakueerida kõik inimesed ja kariloomad ohualt;
- 2) sulgeda kõik juurdepääsuteed leiule;
- 3) moodustada komisjon vastavalt “Demineerimistöde korrale”.

Keemialahingumoon (välja arvatud suitsuotstarbeline ja ainult fosforit sisaldav lahingumoon) kahjutustamine toimub vastavalt komisjoni otsusele.

Soovituslik on järgida järgmist tegutsemisliini:

- 1) demineerijad kannavad täielikku kaitseriietust;
- 2) määravad kindlaks leiu ohuastme;

- 3) määravad leiu ohuastme põhjal vajaliku ohuala ulatuse;
- 4) hävitamise koht peaks olema võimalikult kaugel eluasemest;
- 5) leiu hävitamise päeval peaks olema selge, tõusvate õhuvooludega ilm;
- 6) väga tähtis on arvestada tuule suunda;
- 7) gaasi sisalduva lahingumoonaga korral on otstarbekas see enne hävitamist külmutada vähendamaks surve all oleva gaasi pihkumist;
- 8) enne leiu kahjutustamist eemaldatakse võimalusel sütik ohutust kaugusest reaktiivsütikueemaldaja abil. Tuleb meeles pidada, et osal keemilisel lahingumoonal võib sütik olla kleebitud;
- 9) kahjutustamisel kasutatava lõhkeaine hulka tuleks suurendada tavalisega võrreldes kuni kümnekordseks.

Keemilise, ilma sütikuta lahingumoonaga hävitamisel kumulatiivlaenguga, tuleb lõhkekeha paigutada nii, et purustatud lõhkekeha tükid saaksid kukkuda lõhkekehas oleva keemilise aine neutraliseerimiseks vastavasse vedelikku, selleks:

- 1) lõhkekeha ümbrus täidetakse hoolikalt liivakottidega;
- 2) liivakotid kaetakse pealt selleks ehitatud konstruktsioonil oleva spetsiaalse riidega, mis omakorda kaetakse tiheda vahuga;
- 3) peale hävitatava lõhkekeha lõhkamist korjatakse kokku jäätmed ja paigutatakse spetsiaalsesse konteinerisse.(4)

23.novembril 1994. aastal toimus Paldiski linnas leitud kloorsulfaathappe hävitamine Kehra läheduses asuvatel tuhamägedel. Kloorsulfaathape oli metallvaatides ning nendest aine väljalaskmine tuha sisse toimus kumulatiivpadruni abil. Metallvaadid asetati eelnevalt ettevalmistatud tuhaaukudesse ning neid lasti kumulatiivpadruniga. Lasu tagajärjel toimus hüdrauliline löök, mis tekitas vaadil rebendi ja vaadis olev kloorsulfaathape valgus neutraliseeriva tuha sisse.

Keemiamürsu hävitamist selle süütamisega võib läbi viia ainult sõja- või sellega võrdsustatud olukorras, selleks:

- 1) kaevatakse auk suurusega 2x2 meetrit;
- 2) augu põhi täidetakse kuivade puudega;
- 3) hävitatav lõhkekeha asetatakse augu keskele;
- 4) augu põhjas olevad kuivad puud valatakse üle bensiiniga;

- 5) augu nurkadesse pannakse bensiinikanistrid lõhkeaine laengutega;
- 6) üheaegselt lõhatakse kumulatiivpadrun, mis on suunatud nii, et purustab lõhkekeha kesta, kuid ei läbi tema keskkoha ja neli bensiinikanistrit augu nurkades. Selle hävitusviisi juures sütikut eelnevalt ei eemaldata.

Vähemohtlikku keemilist lõhkekeha võib sõltuvalt tema koostisest soovitada lõhata leeliselises keskkonnas, näiteks põlevkivi tuhamäes nii sügavale kaevatult, et toimuks täielik kamuflett.

Sel juhul leeliseline pinnas neutraliseerib temaga reageeriva keemilise aine.

Keemialahingumoona hävitamine on väga keerukas ülesanne:

- 1) väliste tunnuste järgi võib olla raske kindlaks teha, kas ja millise keemialahingumoonaga on tegemist;
- 2) markeering võib olla roostetanud;
- 3) markeering võib olla avalikustatud ainult piiratud ulatuses;
- 4) markeeringul võib olla teadlikult kasutatud valeandmeid;
- 5) valesti teostatud, mitteküllaldasel hävitamisel võivad olla väga rasked tagajärjed.

Eelpool esitatud keemilise lahingumoona hävitamise kirjeldused on soovituslikud ja saadud erinevate välisriikide demineerimiskursustelt. Komisjon peab igakülgselt kaaluma kasutatavat hävitamismoodust võimalikult kõigis üksikasjades ja arvestama:

- 1) hävitamiskoha sobivust;
- 2) ohuala ulatust;
- 3) inimeste ja kariloomade evakueerimise võimalust ja ulatust;
- 4) kahjutustamisviisi sobivust;
- 5) meeskonna kaitseriietuse ja –vahendite, keemiliste detektorite olemasolu ja töökindlust;
- 6) lõhkekeha transpordi võimalikkust ja moodust;
- 7) tööjärgselt kaitseriietuse ja –vahendite neutraliseerimise võimalikkust ja mooduseid;
- 8) ipriidiga kokkupuutunud kaitseriietuse degaseerimise vajadust ja võimalust;
- 9) meditsiiniabi käepärasust.(4)

Teen ettepaneku viia läbi õppusi keemialahingumoonu hävitamises, kaasates sellesse kõiki Päästeameti spetsialiste, et välja töötada ühtne tegutsemiskord. See on vajalik eriti praegu, kus maailmas on muutunud aktuaalseks keemiarelva kasutamise oht.

4. KUMULATIIVRIBA

Tutvusin kumulatiivribaga esmakordselt 1995. aastal Rootsis demineerimisalasel kursusel, kus peale tavapärase lõhkekehade hävitamise vahendite tutvustati meile kumulatiivriba ning räägiti tema omadustest, kuid praktilisi töötulemusi ei demonstreeritud. Kumulatiivriba kujutab endast tinast valmistatud erineva suurusega ribasid, mille sees oli tugevajuline brisantlõhkeaine heksogeen. Riba eripäraks on kumulatiivnõgu riba kogu pikkuse ulatuses. Kursusel räägiti, et kumulatiivriba võimaldab purustada ainult lõhkekeha korpuse, võimaldades ligipääsu lõhkekeha sees olevale lõhkeainele. Erineva suurusega ribad on selleks, et kasutada vastavalt lõhkekeha korpuse seinapaksusele vajalikku ribi. Kuna meile tutvustati tööstuslikult valmistatud kumulatiivriba, mille hind oli sel ajal liiga kõrge ning lõhkamisvahendite soetamine teistest riikidest raskendatud, ei osutunud võimalikuks selle kasutamine Eestis. Rootsi demineerimiskursusel räägiti, et on olemas ka teistsugune tööstuslikult valmistatud kumulatiivriba, milles kasutatakse keskmisejõulist brisantlõhkeainet plastiit, kuid see teadmine jäigi jutu tasandile.(13)

Teistsuguse kumulatiivribaga tutvusin 1998. aastal Taani demineerimisalasel kursusel, kus õppisin tundma kumulatiivriba praktilisest küljest. Sellel kursusel kasutati tööstuslikult valmistatud kumulatiivriba, mis täideti keskmisejõulise brisantlõhkeainega plastiit. Kogu kursuse jooksul kasutati kumulatiivriba erinevate lõhkekehade hävitamisel ning tulemuseks oli alati lõhkekeha korpuse purunemine ja lõhkeaine 100%-line väljapõlemine lõhkekehas. Kursusel demonstreeriti meile kolme tüüpi kumulatiivribasid, mis erinesid üksteisest oma suuruse poolest ning neid kasutati sõltuvalt lõhkekeha korpuse seinapaksusest – mida suurem seinapaksus, seda suurem kumulatiivriba ja kaugus hävitatavast lõhkekehast. Seega on üheks eelduseks kumulatiivriba kasutamisel lõhkekeha seinapaksuse määramine ultraheli paksusemõõteriistaga. Kursuse lõppedes sain näidistena kaasa kumulatiivriba korpused, mis ei sisaldanud lõhkeainet (foto 5).(14)



Foto 5. Kumulatiivribad (9).

1999. aastal Taani demineerimisalaselt kursustelt saadud kumulatiivriba näidiste põhjal valmistasid Jõhvi Üksik-Päästekompanii demineerimisgrupi liikmed analoogsed kumulatiivribad, kasutades nende laadimisel demineerimisgruppidel kasutusel olevat nõrgemajõulist brisantlõhkeainet ammoniiti. Endavalmistatud kumulatiivribadega ja ammoniidi abil püüdsime saavutada Taani demineerimisalasel kursusel nähtud tulemust. Katsetused viisime läbi Ida-Virumaal Aidu karjääris, kus püüdsime hävitada erinevaid lõhkekehi. Tulemus oli see, et lõhkekehade korpustele tekkis jäljend kumulatiivriba plahvatusel, kuid korpus ei purunenud ja seega lõhkeaine lõhkekehas jäi puutumata.

Soovitud tulemust me ei saavutanud ja otsustasime katsetused lõpetada. Ebaõnnestumise peamiseks põhjuseks oli tõenäoliselt see, et kumulatiivribas kasutasime nõrgemajõulist brisantlõhkeainet ammoniit.

2002. aastal soetas Päästeamet Rootsis valmistatud keskmisejõulist brisantplastlõhkeainet M 46 PTR. Seoses sellega otsustasime taas katsetada Taani demineerimisalaselt kursustelt saadud kumulatiivribasid, laadides neid Päästeametis kasutuseloleva keskmisejõulise brisantplastlõhkeainega M 46 PTR .

10.juunil 2002. aastal hävitas Jõhvi Üksik-Päästekompanii demineerimisgrupp Ida-Virumaal Narva karjääris kumulatiivriba kasutades Narva jõest väljatoodud suurekaliibrilise Ø220 mm mürsu. Mürsu pikkuseks oli 800 mm, kumulatiivriba pikkuseks aga 300 mm. Sooritasime hävituse, mille tulemusel toimus mürsu sees oleva lõhkeaine termiline lagunemine (väljapõlemine). Demineerimistöode juht läheneb hävitamisel süttinud lõhkekeha lõhkamiskohale alles peale lõhkekeha põlemise täielikku lõppemist, millele tuleb liita vähemalt 2 tundi (2). 32 minuti möödumisel lõhketööde algusest toimus plahvatus, suure tõenäosusega saavutas sütikus olev tugevajõuline brisantlõhkeaine kriitilise temperatuuri. Plahvatuse tagajärjel viskas lööklaine põleva lõhkeainemassi laiali ning 200 m raadiuses plahvatuskohast tekkisid kolm põlengut, mis õnnestus demineerimisgrupi liikmete poolt kustutada käepäraste vahenditega.

Katsetuste tulemuse kohta on järgmine arvamus:

- Kumulatiivriba tekitas mürsu sees oleva lõhkeaine termilise lagunemise (väljapõlemise), mis läks suure tõenäosusega sütiku kuumenemise tõttu üle detonatsiooniks.
- Kumulatiivriba oli liiga lühike ning see ei võimaldanud sütikul eralduda mürsu korpusest.
- Kuival perioodil peab demineerimisgrupp metsa tuleohtlikkuse tõttu kaasama lõhketöödele tulekustutusmeeskonna.(8)

Kuigi demineerimisgrupi katseid kumulatiivribaga ei saa pidada õnnestunuteks, julgen väita, et katsetuste jätkamine on vajalik. Kumulatiivriba võimaldab hävitada suurekaliibrilisi lõhkekehasid keskkonnasäästlikult, mida näitlikult tõestasid Taani demineerimisalased spetsialistid.

Katsetuste läbiviimisel peab peamiseks pidama küllaldase ohuala määramist hävituskohas ning hävituskoht peab võimaldama demineerimistöode juhil jälgida ohutust kaugusest hävituskohta lõhkekehas oleva lõhkeaine võimalikul põlema süttimisel.

KOKKUVÕTE

Lõhkekehade hävitamisel kasutatakse üldjuhul katvat laengut, kus hävitatav lõhkekeha kaetakse pinnasekihiga. Eesti tingimustes on see suurekaliibriliste lõhkekehade puhul raskendatud, sest võib tekitada kahjustusi keskkonnale. Keskkonnakahjustuste vältimiseks ja ohutuse tagamiseks peab kasutama muid võtteid, milleks võivad olla kumulatiivpadrun ja kumulatiivriba, kuid peamiseks jääb ikkagi küllaldase ohuala määramine hävituskohas.

Lõputöö eesmärgiks püstitasin kumulatiivpadruni kasutusele võtmise otstarbekuse uurimise ning omapoolsete ettepanekute tegemise kumulatiivpadruni efektiivsuse suurendamiseks. Selleks, et saavutada “Osmussaare” tüüpi Ø 180 mm mürskude hävitamisel maksimaalset tulemust, tegin ettepaneku kasutada kumulatiivpadrunit igapäevaste demineerimistöode käigus ja koondada kõigi demineerimisüksuste tulemused ühtsesse andmebaasi. Andmete koondamine kumulatiivpadruni kasutuse kohta võimaldab tõsta plahvatusliku põlemise tulemuslikkuse 50%-lt 100% lähedale.

Kumulatiivpadrun on efektiivne abivahend ka keemiarelva kahjutuks tegemisel ning seda on Eestis kasutatud 23.novembril 1994. aastal Paldiski linnas leitud kloorsulfaathappe hävitamisel Kehra läheduses asuvatel tuhamägedel. Pean äärmiselt vajalikuks korraldada regulaarselt keemialahingmoona hävitamise õppusi koostöös Päästeameti erinevate spetsialistidega. Eriti aktuaalseks muudab selle vajaduse maailmas levinud keemiarelva kasutamise oht.

Uurisin kumulatiivriba efektiivsust lõhkekehade hävitamisel ning selle võimalikku kasutuselevõttu Eesti demineerijate poolt. Järeldan, et kumulatiivriba on efektiivne lõhkekehade kahjutukstegemise vahend, mis peale kumulatiivriba soetamist või Eestis väljatöötamist saavutab laialdase kasutuse demineerimistöodel. Võttes kasutusele kumulatiivriba, teen ettepaneku koheselt koondada selle kasutamise tulemused, mis võimaldab teha vastavaid uuringuid ning selle abil kasutada kumulatiivriba maksimaalse kasuteguriga.

РЕЗЮМЕ

В дипломной работе «Кумулятивный эффект при уничтожении боеприпасов» рассматриваются процессы уничтожения боеприпасов кумулятивным патроном и кумулятивной полосой в Эстонии.

Обычно боеприпасы уничтожаются накладным зарядом, но этот способ является трудоемким процессом и наносит урон окружающей среде.

При использовании кумулятивного патрона уменьшается трудоемкость, возможный урон окружающей среде. Кумулятивный патрон вызывает в боеприпасе взрывчатое горение (дефлограцию) вместо детонации взрывчатки.

Но кумулятивный патрон не всегда дает 100% ожидаемый эффект. Это зависит от правильно выбранного расстояния между боеприпасом и кумулятивным патроном.

В работе рассматривается возможность сбора данных, которые позволяют найти самое оптимальное решение между кумулятивным патроном и конкретным типом боеприпаса.

Так же рассматривается использование кумулятивного патрона при уничтожении химических боеприпасов.

Использование кумулятивной полосы при уничтожении боеприпасов в Эстонии не распространено. Проводились некоторые испытания, но они не были успешны. По моему мнению надо продолжать испытания, поскольку это очень эффективное средство при уничтожении боеприпасов и успешно используется в Швеции и Дании.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. 1972 . ENE 4. kd. Tallinn: Valgus
2. Aruküla, H., jt. 1980. Puur- ja lõhketööd. Tallinn: Valgus
3. Demineerimiskeskuses tehtud fotod
4. Demineerimistöõde juhend - kinnitatud Päästeameti peadirektori 25. aprilli 2002. a käskkirjaga nr 12-PV.
5. Demineerimistöõde juhend – kinnitatud Riigi päästeameti peadirektori 29. veebruar 1996.a. käskkirjaga nr 32-PV
6. Demineerimistöõde kord – Vabariigi Valitsuse 18. septembri 1998. a määrus nr 201
7. Ernits, H. 1998. Valimik sõjandustermineid. Tallinn: Eesti Entsüklopeediakirjastus
8. Jõhvi Üksik-Päästekompanii demineerimisgrupi kumulatiivlaengu kasutamise raamat
9. Jõhvi Üksik-Päästekompaniis tehtud fotod
10. Mullas, M. Päästeameti demineerimistöõde peaspetsialist. Autori üleskirjutis. Tallinn, 04.03.2003.
11. Nõmm, T. 2003. Kumulatiivlaengu 60 aastat. – Tehnikamaailm 2, 86.
12. Päästeameti demineerimistöõde aruanne
13. Rootsi Kuningriigi demineerimiskursuse materjal
14. Taani Kuningriigi demineerimiskursuse materjal
15. USA demineerimiskursuse materjal