

EV. JAAGUS
PIONEER N.-LEITNANT

LÕHKEAINED
JA
LÕHKAMISTÖÖD

(MINÖÖRIDE LÜHIKURSUSE TEOREETILINE OSA)

MAANTEEDE VALITSUSE KIRJASTUS

1942

ART

EV. JAAGUS
PIONEER N.-LEITNANT

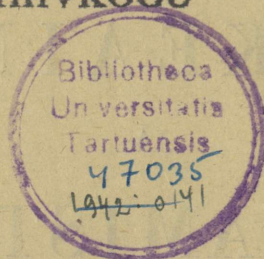
ARHIIVKOGU
LÕHKEAINED
JA
LÕHKAMISTÖÖD

(MINÖÖRIDE LÜHIKURSUSE TEOREETILINE OSA)

2560

MAANTEEDE VALITSUSE KIRJASTUS
1942

ARHIIVKOOGU



Tehniline toimetaja: Dipl. ins. V. Nemirovitš-Dantšenko

B-1166

Sissejuhatus.

Lisaks paljudele jõumasinatele omame lõhkeainete näol suure ja asendamatu energiaallika. Lõhkeainete suur väärtus ei seisa mitte ainult neis peitavas suures energia hulgas, vaid peamiselt nende hiigelsuurel võimsusel, mis põhjeneb lõhkeainete omadusele vabastada neis seotud energiat väga lühikese aja jooksul. Sellega saavutatud aja kokkuhoius seisabki lõhkeainete kasutamise mõte, kuna nende abil võime sooritada lühikese aja jooksul töid, mis nõuavad väga suuri energiaallikaid.

Lõhkeainete tarvitamisel tuleb silmas pidada olulisi iseäraldusi, mida need omavad, võrreldes teiste energiaallikatega, peamiselt: erinev kasutamistehnika ja suur tundlikkus välistele mõjutustele, millega seoses on teatav oht nende käsitlemisel.

Oht on aga seda väiksem, mida paremini tuntakse tarvitavate lõhkeainete omadusi ja mida kindlamini täidetakse käsitlemismäärusi ja peetakse töödistsipliini.

Seepärast kõik, kes tegelevad lõhkeainetega, peavad nende omadusi hästi tundma; samuti ainult teadlik ja kogemustega isik on võimeline otsustama ühel või teisel juhul lõhkeainete otstarbeka kasutamise üle ning võib teostada ja juhtida vastavaid töid.

Järgnevas kursuses käsitletakse:

- 1) üldisi põhimõtteid lõhkeainete teooriast,
- 2) lõhkeainete, süüte- ja detoneerimisvahendite ehitust ja omadusi,
- 3) lõhkeainete kasutamist mitmesuguste kivimite ja pinnaste lõhkamisel*).

Tutvumine lõhkeainete teooria mõistetega ja oskussõnadega on vajalik selleks, et saada alus vastava erikirjanduse lugemiseks ja edaspidiseks teadmiste laiendamiseks.

Et ohutult ja otstarbekalt teostada tegelikke lõhkamistöid, peab omama teoreetilisi teadmisi lõhkeainete ning süüte- ja detoneerimisvahendite ehitusest ja omadustest, samuti nende kasutamisevõimalustest mitmesuguste pinnaste ja esemete lõhkamisel.

Sellele teoreetilisele osale lisandub hiljem veel teatav arv tunde praktilisi töid, kus tuleb lahendamisele tekkinud küsimused, peamiselt aga toimub sääl minööridele tarvilike töötamiskogemuste võimaldamine ja lõplik lõhkeainete praktilise rakendamise aluste selgitamine.

*) lõhkama — lõhkeainetega purustama.

I. Mõisteid lõhkeainete teooriast.

Lõhkeaineks nimetatakse selliseid aineid, millised suurema või vähema välisärrituse tagajärjel keemiliselt lagunevad väga suure kiirusega, mille juures eraldub soojus ja hulk kõrge temperatuurini kuumenenud gaase. Tekkinud gaasid kuumusest paisudes sooritavad mehaanilise töö, mis avaldub ümbritseva keskkonna eemalepaiskamises või purustamises.

Olenevalt mitmesugustest sisemistest ja välistest teguritest võib lõhkeainete lagunemine omada kas kiire põlemise, plahvatuse või detonatsiooni iseloomu.

Põlemiseks nimetatakse lõhkeainete lagunemisprotsessi, mis toimub aeglaselt, kiirusega, mis peamiselt oleneb välistingimustest, kuni mõni meetri sekundis. Lahtises õhus see tavaliselt toimub ilma nimetamisväärse helita. Näiteks dünaamiit ja niiske püroksüülin väikseis koguseis ja suitsuta püssirohi põlevad tulega süüdatult. Kui põlemine toimub kinnises ruumis (näit.: relvades), saadab seda tugevam heli (pauk).

Detonatsiooniks nimetatakse lõhkeaine lagunemist püsiva ja olevail tingimustel kõige suurema võimaliku kiirusega. Detonatsioonikiirus lõhkeainete juures ulatub kuni 8000 m/sek., kusjuures iga lõhkeaine omab isesuguse ja alati temale omase detonatsioonikiiruse.

Kuna detonatsioonil lõhkeaine lagunemine toimub väga suure kiirusega, siis selle juures tekkivad gaasid kutsuvad esile järsu rõhutõusu ja löögi, mille tagajärjel tekib ümbritsevas keskkonnas maksimaalne purustus.

Sageli lõhkeainete lagunemine toimub põlemise ja detonatsiooni vahepealse kiirusega (sajad kuni tuhanded m/sek.); sellist lagunemist nimetame plahvatuseks. Seega oma iseloomult plahvatus on väljaarenemata detonatsioon, kuid tingimustest olenevalt võib ta areneda detonatsiooniks või ka kustuda.

2. Lõhkeainete liigitamine.

Lõhkeainete hulk arvuliselt on väga suur, millest tekib tarvidus, parema ülevaate saamiseks, neid liigitada väiksemasse rühmadesse. Liigitamist võib teostada kas lõhkeainete koostise, nende kasutamiskiiruse või võimsuse järgi. Olulisem on tunda liigitamist võimsuse ja kasutamiskiiruse järgi.

Lõhkeaine võimsust iseloomustab tema detonatsioonikiirus, millest tulenevalt võime neid eraldada kolme rühma:

- 1) pihustavad, lühend. „PIL“ — lõhkeained detonatsioonikiirusega üle 5000 m/sek.
- 2) purustavad, lühend. „PUL“ — detonatsioonikiirusega 3000—5000 m/sek.
- 3) viskavad, lühend. „VIL“ — detonatsioonikiirusega 300—3000 m/sek.

Praktikas ei esine sellele jaotusele vastavalt küll mingisuguseid järske piire, kuid üldiselt ja piltlikumalt võime seda liigitamist iseloomustada, kujutades vastavate rühmade lõhkeainete mõju kivilõhkamisel (joonised 1—3).

Aluseks võttes lõhkeainete kasutamiskiiruse, olenevalt nende tundlikkusest ja võimsusest, võime neid jagada järgmistesse rühmadesse:

1) **Detonaator-lõhkeained.** Neid kasutatakse tavaliselt teiste lõhkeainete detoneerimiseks (kapslites), kuna nad ise võrdlemisi väikese mehaanilise või soojusärrituse tagajärjel plahvatuvad, mis nende juures alati areneb detonatsiooniks. Selliseid lõhkeaineid võib nimetada „vahetult detoneerivaiks“. Tähtsamad neist oleksid paukuv-elavhõbe ja asiidid (seatinaasiit). Nende lõhkeainete käsitsemisel tuleb alati olla väga ettevaatlik, et mitte tekitada soovimatuid detonatsioone ning õnnetusi.

2) **Purustustöödel kasutatavad lõhkeained** (PUL ja PIL). Nende lõhkeainete detonatsioon kut-
sutakse välja detonaatorlõhkeainete abil. Suurem osa selle rühma lõhkeainetest on „vahetult mitte
plahvatuvad“, näit.: trotüül, meliniit, niiske püroksülin ja ammoniidid. Nende käsitlemisel ei ole
erilist ohtu — võib nende pakikesi (padruneid) raiuda või saagida, samuti ei karda nad põrutusi. Osa
selle grupi lõhkeaineid on aga tundlikumad välismõjutuste vastu, näit.: dünaamiidid ja kuiv püroksü-
liin, millised võivad plahvatada või detoneeruda põrutusest, hõõrumisest ja sädemest. Seega nõuab
nende käsitlemine suuremat ettevaatust.

3) **Viskavad lõhkeained ehk rohud**. Peamiselt kasutatakse sellesse gruppi kuuluvaid lõhkeaineid
sõjaliseks otstarbeks tulirelvade laskelaenguna, sest nende ainete lagunemine toimub kiirel põlemisel,
mis kutsutakse esile leegi või süütesegude abil. Teatud juhtudel aga, kinnises laengupesas kapsliga
või teise lõhkeainega süüdatult, võivad rohud ka detoneeruda, mis võimaldab nende kasutamist ka
lõhkamistöödel. Siia gruppi kuuluvad must- ja suitsuta-püssirohi.

3. Tarvitatavamaid lõhkeaineid.

1. **Must (suitsuga) püssirohi** on viskav lõhkeaine, detonatsioonikiirusega 300—400 m/sek. Koos-
seisult on ta kaalisalpeetri (75%), söe (15%) ja väävli (10%) mehaaniline segu. Välimuselt on ta tera-
line ja musta värviga; terade suurus peeneteralisel rohul 1 mm ja jämedateralisel 10—15 mm.

Mustrohi on väga hügrooskoobiline aine ja selle tõttu imeb endasse kergesti niiskust, mille taga-
järjel muutub tarvitamiskõlbmatuks. Ka pärast kuivatamist ei saa teda purustustöödeks kasutada.
Et mustrohu niiskusetundlikkust vähendada selleks kaetakse terade pealispind grafiidiga, mis annab
väliselt teradele läike tavalise mattvärvi asemel.

Lahtises õhus must püssirohi plahvatub kiirusega 3 m/sek. Plahvatus võib tekkida leegist, säde-
mest, löögist, hõõrumisest ja kuumendamisest, mis pärast tuleb tema käsitlemisel olla väga ette-
vaatlik.

Purustamisel kasutatakse musta püssirohtu peamiselt maa-alustes laengutes ja kivilõhkumisel,
kusjuures laenguid peab alati varustama toppega (puuraugud pealt kinni toppida või välislaeng katta
pinnasega — saviga, mätastega). Mustarohu laengute süütamiseks kasutatakse kapsleid, elektrisüti-
kuid või süütenööri. Kabel viimasel juhul tuleb ümbritseda laengu sees olev sütik või süütenöör kahe
laua vahel pulbriks hõõrutud rohuga, sest jäme rohi vahetult süütenööri või elektri sütikust ei plahvatu.

2. **Ammoonsalpeetri lõhkeained**. Siia kuuluvad kõik lõhkeained, mis sisaldavad peaaegu
ammoonsalpeetrit. Need on kõik purustavad lõhkeained (deton. kiirusega 3000—5000 m/sek), pulber-
jad, harvem želatineeritud ja selle tõttu plastilised, värvilt pruunid kuni pruunikaskollased ja väga
niiskusetundlikud, mis pärast tuleb neid hoida kuivas kohas, kuid tuimad hoobi ja hõõrumise vastu,
seega käsitlemisel ohutud. Tuntumad ammoonsalpeetri lõhkeained on: amatool, ammoon, astra-
liit, donariit ja šneideriit.

Käsitlemise hõlbustamiseks on need lõhkeained tavaliselt pakitud 3,5 sm jämedustesse ja 12—
—13 sm pikkustesse parafineeritud pergamentpaberiga kaetud pakikesse, kaaluga 100—125 gr.
Ammoonsalpeetri-lõhkeainete detoneerimiseks kasutatakse kapsleid.

3. **Meliniit** — (rahvapärase nimega „miinikollane“) pihustav lõhkeaine, detonatsioonikiirusega,
olenevalt tema tihedusest, 5000—7500 m/sek. Välimuselt on meliniit kristalliline, helekollane ja ker-
gestivärvuv. Tarvitatakse teda harilikult valatult või pressitult, millisel kujul ta on käsitlemiskindel
ning tuim põrutuste, löökide ja hõõrumise vastu. Pulberjas meliniit on aga hoopis tundlikum ja nõuab
käsitlemisel suurimat ettevaatust. Tulega süütamisel meliniit hakkab sulama ja põleb tahmase leegiga.

Pikemaajalisel seismisel metallnõudes (raud, vask, tsink, seatina) meliniit annab ühendeid, n.n.
„pikraate“, millised on väga tundlikud lõhkeained ja võivad detoneeruda ka väikseimast löögist,
hõõrumisest või põrutusest. Ingliseinaga ja aluminiiumiga meliniit ohtlikke pikraate ei anna. Vees,
eriti soojas vees, meliniit lahustub ja on seega niiskuse tundlik.

Meliniit on mürgiste omadustega ning mõjub mürgitavalt nii tõlmuna sissehingamisel kui ka
läbi naha, otsesel kokkupuutumisel palja ihuga, mis pärast pikemaajalisel meliniidiga töötamisel tuleb
kasutada kummikindaid (soovitav ka gaasitorbik tolmukurnaga). Mürgituse esimeseks tunnuseks on
tugev peavalu; vastumürgina võib kasutada piima.

Pulberjas-meliniit detoneerub kapslist, valatud või pressitud meliniit kapslist ei detoneeru ning
selle detoneerimiseks tuleb kasutada n.n. detonaatorlaenguna mõnd teist, kapslist detoneeruvat lõh-
keainet või pulberjast meliniiti.

4. **Trotüül (trinitrotoluol, TOL)** — pihustav lõhkeaine, detonatsioonikiirusega (olenevalt tema
tihedusest) 4500—7000 m/sek. Välimuselt on trotüül kollakaspruun ja kristalliline aine, käsitlemise
hõlbustamiseks väikesteks pakukesteks pressitud või valatud.

Trotüül on tuim lõhkeaine, lõõgist ja hõõrumisest ei plahvatu, tulega süütamisel sulab ja põleb tahmase leegiga. Vees ei lahustu ega niiskust ei karda.

Pressitud või valatud trotüül kapslist ei detoneeru, tema detoneerimiseks tuleb kasutada pulberjast trotüüli või teisest lõhkeainest detonaatorlaengut.

5. Püroksüliin — pihustav lõhkeaine, deton.-kiirusega kuni 6800 m/sek, välimuselt hallikasvalge puupapitaoliselt kiuline aine, pressitud ümargusteks või kandilisteks pakukesteks.

Lõhkamiseks kasutatakse kas kuiva või niisket püroksüliini. Kuivaks loetakse püroksüliin siis, kui ta sisaldab niiskust mitte üle 3%, ja niiskeks — kui niiskuse sisaldavus on kuni 30%. Tavaliselt kasutatakse niisket püroksüliini, milles on 12—30% niiskust. Suvel vabas õhus (vilus) olev niiske püroksüliin kuivab kuni 2%, kuna kuiv püroksüliin niiskes õhus kergesti niiskub. Kuiva püroksüliini niisutamiseks võime ta kasta vette või korduvalt veega üle valada ja oodata kuni niiskus pakukese sisemusse imbub.

Kuiv püroksüliin on väga tundlik välismõjutustele ja detoneerub lõõgist, hõõrumisest ja põrutusest. Sädemeist ja leegist süttib ning põleb heleda leegiga, kusjuures suuremate koguste juures (üle 300 kg) võib tekkida detonatsioon.

Niiske püroksüliin on tuim välismõjutuste vastu, kapslist ei detoneeru. Tema detoneerimiseks tuleb kasutada kuiva püroksüliini (1/9 kogu laengu kaalust), mis detoneeritakse kapslist.

6. Dünamiidid. Dünamiitideks nimetatakse lõhkeaineid, millistes peaaoneks on nitroglütseriin, mis seotud mingi lisaainega (püroksüliin, jahu, diatomiit, saepuru, süsi jne.). Kuna nitroglütseriin on mürgine, siis on ka kõik dünamiidid mürgised, mille tõttu dünamiitide käsitsemisel palja käega võib tekkida peavalu. Dünamiidid on väga tundlikud lõhkeained ja detoneeruvad kergesti välisärrituste mõjul. Temperatuuri juures $+ 8^{\circ}$ kuni $+ 6^{\circ}$ C enamuse dünamiite külmub, kuid on olemas ka dünamiite, mille külmumispunkt mõningate lisaainete abil on alla viidud kuni $- 20^{\circ}$ C. Külmunud dünamiit on tuim ja annab õhkimisel*), s. t. detoneeruma või plahvatuma panemisel, sageli tõrkeid (ei detoneeru). Sulamise ajal on dünamiidid aga eriti ohtlikud ja võivad vähimastki põrutusest detoneeruda, seepärast külmunud dünamiitide kasutamine on täiesti keelatud. Sulamiseks asetatakse dünamiit metallnõuga teise, sooja veega täidetud nõusse, või lastakse teda paar päeva seista soojas ruumis. Sulamise ajal on lõhkeaine ümberpaigutamine ja põrutamine keelatud.

Dünamiitidest kasutatakse peamiselt paukuvželatiini- ja želatiindünamiite. Kõik need on pihustavad lõhkeained deton.-kiirusega 6000—8000 m/sek.

Paukuvželatiin on tugevamaid lõhkeaineid ning koosneb nitroglütseriinist (93%) ja nitrotselluloosist (7%). Välimuselt on ta helekollane ja plastiline aine.

Želatiindünamiidid koosnevad nitroglütseriinist, millele lisatud nitrotselluloosi, kaalisalpeetrit ja puujahu.

Dünamiidid on pakitud 75—100 gr. pakikestena (\varnothing 30 mm, pikkus 75—100 mm) pergamentpaberisse.

Dünamiitide detoneerimiseks kasutatakse kapsleid.

7. Paukuv-elavhõbe — pihustav lõhkeaine, deton.-kiirusega 4500—5500 m/sek., välimuselt hall või valge ja kristalliline. Paukuv-elavhõbe on väga tundlik lõhkeaine ja kergesti detoneerub nõrgast lõõgist, põrutusest, hõõrumisest, leegist ja sädemest ning isegi puupulga või õlekõrre survest. Olles väga hügrooskoobiline on ta väga niiskustundlik ja rikneb kergesti niiskuses. Kasutatakse paukuv-elavhõbedat peamiselt ainult kapslites (vaskkestaga kapslid).

8. Seatina-asiit — pihustav, valge kristalliline lõhkeaine, detoneerub kergesti lõõgist hõõrumisest, leegist ja sädemest. Detoneerub kiirusega 4500—5500 m/sek. Tarvitatakse samuti kui paukuv-elavhõbedat peamiselt kapslites. Asiitkapslite kestad on alati alumiiniumist, sest asiidil on omadus keemiliselt ühineda vasega.

9. „Kaali“ — kloorhapukaaliumi (Bertolet soola) ja söe, suhkruga või rukkijahu segu, väga tundlik ja lõhkeainena tarvitamisel väga hädaohtlik. Varemalt tarvitati teda õige laialdaselt kivilõhkumistöödel, kus ta aga põhjustas väga palju õnnetusi, eriti seoses primitiivse süütamisviisiga — püssirohuga täidetud õlekõrrega. Kui peaks olema möödapääsmatu vajadus kaaliga töötamiseks, peab täitma järgmisi julgeolekunõudeid:

- 1) Kaali segu võib valmistada ainult käes hoitud pehme nahal või riidel. Segu valmistamine karpides ja segamine puust või metallist esemetega on hädaohtlik.
- 2) Segu niisutada petrooleumiga või piiritusega.
- 3) Puurauk pärast puhastamist kergelt niisutada.

*) õhkima — lõhkeaine abil õhku laskma.

4) Puurauku ei tohi asetada lahtist segu, mis puuraugu seintele jäädes võib toppe tegemisel põhjustada õnnetusi. Laengu jaoks tuleb valmistada ühest otsast kinnine paberist toruke (padrun), sellesse panna tarvilik hulk kaalit ja süütenööri ning viimase ümber kinni siduda padrundi lahtine ots. Selliselt koostatud laengu asetada puurauku ja teha ettevaatlikult tope.

Põhimõtteliselt on kaali ise-valmistamine lõhkeainena kasutamiseks täiesti keelatud.

4. Süüte- ja detoneerimisvahendid.

Süütenöörid. Süütenööre on kaks liiki: aeglaselt- ja kiirelt põlevad.

Aeglaselt põlev süütenöör koosneb musta püssirohu südamikust ja kanepiniitidest kestast. Et südamik polemine toimuks katkestamatult, on sinna veel paigutatud salpeetriga immutatud puuvillaniit. Kest on immutatud asfaldiga ja kaetud pigiga (must nööri) või kipsiga (valge nööri). Veealuste laengute süütamiseks võib kasutada süütenööre kuni 4 m sügavuse juures ja selleks võetakse pigetatud või kummikattega nööri. Aeglaselt põleva süütenööri põlemiskiirus on ligikaudu 1 sm/sek., vee all võib aga see väikestes piirides muutuda.

Kiirpõlevatel süütenööridel on südamikust musta püssirohu asemel mitmesuguste kiirpõlevate ainete segu ja seega on tema põlemiskiirus 30—300 m/sek. Kasutatakse neid mitme laengu korraga süütamisel. Kiirpõleva süütenööri süütamiseks kasutatakse salpeetriga immutatud süütetahti, mille hõõgumiskiirus on ligikaudu $\frac{1}{2}$ sm minutis. Süütetahti võime kasutada ka aeglaselt põleva süütenööri süütamiseks, sidudes selle süütenööri otsa, kui soovime süütenööri kokku hoida.

Süütenööre valmistatakse keskmiselt jämedusega 5 mm.

Hoida võib süütenööre rõngasse keeratult (järskude nurkade keeramine pole lubatav) jahedas ruumis, kuna niiskes nööri niiskub ja kuivas pakatub. Pikemaajaseks hoidmiseks on soovitatav nööri lõigatud otsad niiskuse vastu katta vaha või parafiiniga.

Lõhkenöör. Mitme laengu üheaegseks süütamiseks kasutatakse lõhkenööri. See on 4 mm läbimõelduga veekindla või painduva metallkestaga ja detoneeruvast aine südamikuga nööri. Südamiku detonatsioonikiirus on 6000 m/sek. Löövide ja põrutuste vastu on nööri tuim, tulega süüdates võib hakata ainult põlema.

Lõhkenööri detoneerimiseks seome ta niidiga või sõlmega kapsli külge. Nii võime toimida kuni 4 laengu (nööri) üheaegsel süütamisel (joon. 4), kuna suurema arvu nööri korral seome need lõhkeaine pulgakese külge, mille detoneerime kapsliga (joon. 5). Lõhkenööri laengupoolse otsa, musta püssirohu- ja dünaamiidi-laengute puhul, teeme sõlme ja asetame selle laengu sisse või seome nööri tihedalt 2—3 korda ümber laengupakukese ja kinnitame sõlmega.

Kõigi teiste lõhkeainete puhul tuleb lõhkenöör varustada kapsliga, samuti kui süütenöör, ja asetada see laengu kapslipessa.

Kapslid lõhkenööri või nööri süütamiseks võib kohale asetada alles vahetult enne laengute õhkimist (süütamist).

Lõhkenööri tuleb hoida samuti kui süütenööri.

Kapslid. Lõhkeainete detoneerimiseks kasutatakse kapsleid (joon. 6), mis valmistatakse metalltorukesest \varnothing 6—7 mm ja pikkusega kuni 54 mm. Torukesse on asetatud lõhkeaine, mis pealt kaitstud väikese metallrõngakesega. Kapsleid valmistatakse kümnes standardtüübis ja on vastavalt nummerdatud 1—10, kusjuures suuremale numbrile vastab võimsam ja suurema lõhkeaine hulga kapsel. Harilikult tarvitatakse kapsleid nr. 8 ja 10.

Lõhkeainena kapsleis kasutatakse paukuv-elavhõbedat, trotüüli, tetrüüli ja asiiti.

1) Paukuv-elavhõbekapslid sisaldavad paukuv-elavhõbedat segatult mõningate lisaainetega. Kapsli kest on vasest. Paukuv-elavhõbe kapsleid tuleb kaitsta niiskuse eest, niiskunud kapsleid võib muuta tarvitamiskõlblikeks kuivatades neid soojas ruumis.

2) Trotüülkapsleis on pulberjas trotüül, mille detoneerimiseks on talle peale asetatud paukuv-elavhõbedat. Kapslikestad on vasest.

3) Tetrüülkapslid sisaldavad tetrüüli ja selle detoneerimiseks paukuv-elavhõbedat. Kapsli kest vasest.

Trotüül- ja tetrüülkapslid on samuti tundlikud niiskuse suhtes.

4) Asiitkapslid sisaldavad tetrüüli ja selle detoneerimiseks seatina-asiiti. Kapslikest on alumiiniumist. Asiitkapslid pole tundlikud niiskuse suhtes.

Kapslite detoneerimiseks kasutatakse süütenööri, lõhkenööri või elektrisütikuid. Kapsleid tuleb käsitseda väga ettevaatlikult, sest need detoneeruvad kergesti põrutusest, hõõrumisest, pigistamisest, löögist ja kuumendamisest. Kui kapslisse on sattunud prügi, siis selle kõrvaldamiseks võib kapsli lahtise otsaga koputada vastu sõrme küünt. Igasugune puhastamine õlekõrrega või puutikuga, samuti kapsli kraapimine seest- või väljastpoolt on täiesti keelatud. Vigastatud või riknenud kapslid tulevad hävitada, nende mahajätmine töökohale on keelatud.

Kapsleid tuleb hoida ja vedada eraldi lõhkeainetest, samuti tööriistadest. Kaasaskantavad kapslid peavad olema asetatud kas kapslikassetti või pakitud karpi selliselt, et neil puuduks võimalus loksumiseks ja üksteise vastu hõõrumiseks.

Loetletud kapslite käsitlemisreegleid tuleb alati ja kõrvalekaldumatult täita.

Elektrisütikud. Mitme laengu korraga õhkimiseks kasutatakse sageli laengute süütamist elektri-voolu abil, mille juures kapslid detoneeritakse elektrisütikutega (joon. 7).

Elektrisütik koosneb umbes 40 mm pikkusest ja 7 mm jämedusest metall- või kõvast papp-torukesest, mille teise poole sisse on paigutatud väike lõhkeainelaenguke, kuhu tulevad elektrijuhtmed, millele vahel asetseb süütava ainega (pauk-puuvill) ümbritsetud hõõgniit. Sütiku takistus on 1,5—2 oomi. Torukese teise, lahtise poole sisse asetatakse kapsli lahtine ots. Sütiku ja kapsli vahe tihendatakse kummilindiga või isoleerpaelaga. Selliselt elektrisütikuga varustatud kapsel asetatakse laengusse samuti kui süütenõoriga süütamise korral. Kui laengu süütamisel elektrijuhtmete otsad ühendame vooluallikaga (süüteaparaadiga või patareiga) läbibastab vool sütikus peenikese hõõgniidi, mis kuumenemisel süütab teda ümbritseva paukpuuvilla ja sellega ühes kogu lõhkeaine sütikus. See plahvatus omakorda detoneerib kapsli.

Elektrisütikuid tuleb kaitsta löökide, muljumiste ja niiskuse eest.

Elektrisüüteaparaadid. Laengute elektriga süütamisel kasutatakse vooluallikaina mitmesuguseid dünamoelektrilisi süüteaparaate. Aparaatide põhimõtteline ehitus on sarnane — kõikides on voolutekitajaks magnetnabade vahel tiirlemapandav ankur, kuna erinev on ainult aparaatide suurus ning võimsus ja nende käsitlemine.

1) Suur süüteaparaat on monteeritud puitkasti, kaalub umbes 10 kg ja annab voolu tugevusega 3 amprit, pingega 120 volti ning on võimeline tekitama elektrisütikute plahvatuse, kui kogu süüteahela takistus ei ületa 100 oomi. Normaalselt võiks seda aga kasutada kuni 20 järjestikku ühendatud elektrisütiku süütamiseks. Voolu tekitame selles aparaadis tema küljest väljaulatava käepidemega hammaskangi allavajutamisel, kusjuures voolu süüteahelasse (sütikutesse) juhtimiseks peab vajutamine toimuma põhjani, alles siis ühendab kontakt voolu välisesse süüteahelasse.

2) Schaffleri süüteaparaat, metallkestas, kaalub 4 kg ja annab voolu 2 amp., pingega 100 volti. Teda võime kasutada kuni 80 oomise süüteahela takistuse juures, praktiliselt kuni 15 järjestikku ühendatud elektrisütiku süütamiseks. Aparaadiga töötamiseks on tema juures pöörvõti ja aparaadi peal kaks võtme pesa, kuhu ulatuvad ankrut tiirlema paneva vedru ja selle päästiku telgede pead. Enne laengute süütamist tuleb asetada võti vedru teljele ja üles keerata vedru kuni lõpuni, siis süütamiseks asetada võti päästiku teljele ja võtme pööramisega vabastada vedru, mille tõttu hakkab tiirlema aparaadis olev ankur ja seega tekitab voolu.

3) Duplex-süüteaparaat, metallkestas, kaalub 2,5 kg, annab voolu 2,5 amp. ja pingega 35 volti. Võime teda kasutada, kui süüteahela takistus ei ületa 60 oomi või kuni 10 järjestikku ühendatud elektrisütiku süütamiseks. Voolu saamiseks tuleb aparaadi juures olev käepidemega võti panna aparaadi põhjas olevasse võtmeauku ja siis pöörata võti järsult paremale kuni lõpuni.

Süüteahela voolujuhtme (kaabli) otsade ühendamiseks aparaadiga on kõikide aparaatide juures nende kaantele asetatud kaks kruvikontakti. Süüteahela võib aparaadiga ühendada **alles vahetult enne õhkimist**. Võtme aparaatide juures tuleb laengute kohaleasetamise ja süüteahela valmistamise ajaks võti ära võtta, tavaliselt asub see tööjuhataja käes.

Hoida tuleb süüteaparaate tõugete ja kukkumise eest, samuti ei või neid asetada niiskesse ega ka liiga kuuma ruumi.

5. Lõhkamistöõde tööriistad ja vahendid.

Vajalikumad tööriistad lõhkamistöõde teostamisel on:

Kivipuudid, läbimõõduga 35—40 mm. Kuna puudid kergesti nürinevad, peab alati olema võimalus nende teritamiseks.

Vasarad, kasutamiseks puürimistöõdel, harilikult kaaluga 2 ja 4 kg.

Raudlusikas, lusikapoolse otsa läbimõõduga 30 mm ja 0,6—1,0 m pikkuse raudvarrega. Vajalik puuraukude tühjendamiseks ja puhastamiseks.

Toppimisvardad, puust või rauast, vaskotsakuga, vähemalt 60 sm pikad ja \varnothing 2,5—3 sm. Tarvitatakse laengute asetamisel puuraukudesse ja toppe tegemisel.

Puupuudid, \varnothing 35—40 mm puuraukude tegemiseks puusse.

Kapslitangid, väikesed näpitsatangide taolised tangid kapslite kinnipigistamiseks süütenõori külge. Nende puudumisel võib samaks otstarbeks kasutada tavalisi montööritange.

Noad, süütenööri lõikamiseks ja elektrisüüte juures juhtmete otste puhastamiseks.

Kapslikassetid, siiberkaanega puitkarbid, mille sisse puuritud pesad 10—15 kapsli tarvis. Tarvilikud kapslite kandmiseks töökohal.

Isoleerpael, kapslite ja elektrisüütikute või süütenööri vahelise ühenduse veetihedaks muutmiseks ja elektrijuhtmete jätkude isoleerimiseks.

Sidumisnäär — laengute kokkusidumiseks.

Vahariie, puldan, jõupaber — laengu ümbrike valmistamiseks.

Maapuudid, puuraukude tegemiseks maasse, väikesed \varnothing 6—8 sm ja suured \varnothing 15—16 sm.

Elektrijuhe (kaabel), kummiisolatsiooniga, vajalik voolujuhtmeks süüteaparaadist laenguteni elektrisüüte korral.

Elektrisüüteaparaat, vajalik vooluallikana. Lähem kirjeldus neist süüte- ja detoneerimisvahendite osas. Süüteaparaadi puudumisel, väiksema arvu laengute süütamisel, on võimalik neid asendada taskulambi-patareidega.

Oommeter, elektritakistuse mõõtmise abinõu. Kasutatakse süüteahela kontrollimiseks. Lähem selgitus selle teostamise kohta vt. p. 7.

6. Laengud ja tope.

Laenguks nimetatakse lõhkeaine hulka, mis koondatud mingi purustuse tekitamiseks, kusjuures lõhkeaine üksikud osad (terad või pakikesed) asuvad võimalikult tihedalt üksteise ligi.

Laengud oma asetuse poolest purustatava eseme suhtes jagunevad **välis- ja siselaenguteks**.

Välislaeng on selline laeng, mis on asetatud purustatava eseme välispinnale. Tema mõju suurendamiseks võib laeng pealt katta liiva, savi või mätastega. Välislaengutes kasutatakse põhimõtteliselt ainult pihustavat lõhkeainet.

Siselaeng on selline laeng, mis tervikuna asetatud purustatava eseme sisse, kuhu on valmistatud selleks vastav pesa — laengukamber või puurauk. Laengu kohaleasetamist sinna nimetatakse laadimiseks.

Välise kuju poolest eraldatakse **piklikke ja koondatuid** laenguid.

Piklikud laengud esinevad puuraukudes, kui ka metallesemete ning välislaengutega sardbetooni purustamisel. Piklikud laengud tuleb valmistada võimalikult ruudu- (välislaengud) või ringikujulise (puuraugu-laengud) ristlõikega.

Koondatuid laenguid kasutatakse jää purustamisel, maa-alustes laengutes, ja välislaengutega (aluslaengutega) kivide ja kändude purustamisel. Koondatud laengule tuleb anda võimalikult kuubi kuju.

Laengu valmistamisel oleneb tema kesta valik lõhkeainest ja kohast, kuhu ta asetatakse. Kui laeng asetatakse kuiva kohta, või kui kasutatakse mitte niiskusetundlikku lõhkeainet (näit. dünaamiiti), võib laengupakukesed kokku siduda lihtsalt nõoriga või peene traadiga. Suuremad laengud tarviduse korral mähitakse riidesse või tugevasse paberisse. Kapsli sisseasetamiseks tuleb laengu valmistamisel teha puupulgakesega auk laengu ümbrikusse ja lõhkeainesse ning see pulgake jätta sinna kuni kapsli kohaleasetamiseni.

Tugevama laengukesta vajadusel valmistatakse see kastina õhukestest laudadest. Kasti kaane sisse tuleb puurida ava kapsli asetamiseks, milline suletakse puupulgaga. Laengukestasid võib valmistada veel plekist ja papist, samuti võib kestadena kasutada igasuguseid plekknõusid ja pudeleid. Laengukestale on soovitatav alati märkida selles oleva laengu kaal.

Veeluste laengute juures ja niiskusetundlike lõhkeainete korral (ammonaalid, must püssirohi) tuleb laeng asetada täiesti veekindlasse kesta.

Ladadest, papist või jõupaberist valmistatud laengukestad võib muuta veekindlaks, kattes neid paadipigi ja tõrva seguga või asfaldiga. Pärast kapsli laengusse asetamist tuleb sulgeda veekindlalt ka kapsliava laengukestas. Harilikult on otstarbekam valmistada laengud sobivas ruumis varem, enne minekut purustuskohale, ja need hiljem viia töökohale. Süüteseadise, kapslid ja süütenööri, võib asetada laenguise alles purustuskohal.

Laengute valmistamisel ja kohaleasetamisel tuleb täita järgmisi ettevaatuse nõudeid: töökohalt eemaldada kõik kõrvalised isikud; töökohal mitte suitsetada, samuti on keelatud tule tegemine ja leek-valgusallikate kasutamine; kapslid hoida valve all ja eraldi lõhkeainetest ning anda neid välja ainult tööühmade vanemaile täpselt loetud arvul valvates, et neid ei jäetaks maha töökohale; valvata, et süüteaparaati ei ühendataks juhtmetega enne tööjuhataja korraldust (vahetult enne süütamist).

Siselaengu purustava mõju suurendamiseks tuleb puurauk või juurdepääs laengukambrisse sulgeda pärast lõhkeaine ja süüteseade kohaleasetamist. Sellist täidet laengu peal nimetatakse **toppeks**. Toppe tuleks teha sellise pikkusega, et tema vastupanu oleks võrdne purustatava eseme vastupanule selles suunas, kuhu laeng peab mõjuma. Igal juhul, mida tihem ja paremini tehtud on tope, seda suurem on lõhkeaine mõju purustatavale esemele. Toppematerjalina võib kasutada liiva, savi, mulda ja kui lõhkeaine pole niiskustundlik, siis ka vett.

Puuraukudes peab toppe pikkus olema vähemalt $\frac{1}{3}$ puuraugu sügavusest.

Toppematerjal asetatakse kohale 3—5 sm kihtidena, millised tambitakse kinni järkjärgult toppevardaga. Esimeste kihtide asetamisel ja kinnitampimisel peab olema ettevaatlik, et sellega ära hoida kapsli ja seega ka laengu enneaegset detoneerimist. Samuti tuleb edaspidisel toppe tegemisel valvata, et süütenöör või elektrijuhtmed ei saaks vigastada.

7. Laengute süütamine.

Laengute süütamiseks on vaja teostada ettevalmistustöödena süütenööri (lõhkenööri) või elektrisütiku asetamine kapslisse ja siis paigutada need laengute kapslipesadesse. Selliselt laengu süütamiseks temaga ühendatud süütevahendid moodustavad **süüteseade**.

Elektriga süütamise korral tuleb veel koostada **süüteahel**, s. o. ühendada elektrisütikud omavahel ja süüteaparaadi juurest tuleva kaabliga.

Süütamiseks võetav süütenöör tuleb lõigata vajalikus pikkuses ühest otsast järsult — kapslisse asetamiseks, ja teisest otsast poolviltu — paremaks süütamise võimaldamiseks.

Lõikamisel tarvitada teravat nuga, et muljumisega mitte poetada nööri südamikku.

Süütenööri ja kapsli ühendamiseks tuleb kapsel võtta parema käega ja lasta see vasakus käes hoitud süütenööri järsult lõigatud otsale kuni süütenöör ulatub vastu pauksegu metall-kaitserõngakest, mille juures aga nööri surumine vastu kapsli pauksegu samuti nööri keeramine on keelatud. Selle järgi tõmmatakse kapsel nööri otsal 0,5—1 mm tagasi ja hoides teda vasaku käe esimese sõrmega paigal, suruda kapslisuu kapslitangide abil tihedalt ümber süütenööri, nii et see enam kapslist välja ei tuleks. Liiga tugeval kapsli kokkupigistamisel võime vigastada süütenööri, pressides kokku selle südamiku, nii et põlemine sellelt kohalt enam edasi ei kandu ja seega saame laengu süütamisel tõrke.

Lõhkenööri tarvitamisel tuleb talitada samuti kui süütenööri korral. Elektriga süütamisel tuleb asetada kapsel lahtise otsaga elektrisütikusse ja kinnitada ühenduskohalt isoleerpaela abil.

Olenevalt laengu paigutusest erineb süüteseade laengusse asetamine, kusjuures see võib toimuda alles laengu kasutamiskohal.

Laengukambrisse või vee alla asetavasse koondlaengusse tuleb panna kapsel süütevahendiga vahetult enne laengu kohaleasetamist. Pärast seda tuleb laengust väljuv süütenöör või sütiku juhtmed siduda nööriga laengu külge, et vältida kapsli laengust väljatõmbamist laengu kohaleasetamisel või toppe ja elektri-süüteahela tegemisel.

Puuraugu laengu jaoks tuleb kapsel asetada ühte lõhkeaine pulgakesse, milleks tuleb selle katepaber lahti teha ühest otsast, suruda puupulgaga lõhkeainesse pesa kapsli jaoks, lükata sellesse kapsel süütenööriga (sütikuga) ning siduda katepaber nööriga ümber süütenööri. Selliselt kapsliga varustatud lõhkeaine pulgake (padrun) tuleb asetada kohale viimasena puuraugu laengus.

Välislaengutesse asetatakse süüteseadis pärast laengute kinnitamist purustatava eseme külge ning mitme laengu korraga õhkimisel alles pärast kõigi laengute kohale asetamist.

Kohaleasetatud laengu süütenööri süütamiseks tuleb võtta vasaku käega süütenööri vaba, poolviltu lõigatud ots, asetada sellele tuletikk väävluga tihedalt vastu nööri püssirohusüdamikku ja paremas käes hoitud tikukarbi süütekülje ja tõmmata tikk põlema (joon. 8). Kui süütamine on toimunud, siis tiku võib lahti lasta alles siis, kui on selgesti näha, et süütenöörist väljub valget suitsu.

Mitme laengu üheaegseks lõhkamiseks võib üks mees järjest süüdata mitte üle 4—5 süütenööri. Suurema arvu laengute korral tuleb määrata vastavalt rohkem süütajaid, kes kõik alustavad süütamist ühel ajal pärast tööjuhataja signaali.

Kui pärast süütenööri süütamist oodatud ajal ei järgnenud plahvatust, või kui mitme laengu korraga süütamisel loetud plahvatuste arv on väiksem kui süüdatud laengute arv, võib laengutele läheneda alles pärast 15 minuti möödumist.

Elektriga süütamisel tuleb esmalt valmistada süüteahel: tõmmata kaabel süütejaamast (süüteaparaadi asukoht) laenguteni ja see ühendada iga laengupesaga või puuraugu juures asuva ja omavahel järjestikku ühendatud elektrisütikutega. Pärast ühenduste tegemist ja isoleerimist tuleb kontrollida süütejaamas oommeetri abil süüteahela korrasolekut.

Selleks tuleb kaabli vabad otsad süütejaamas ühendada oommeetri küljes olevate kontaktkruvidega, mille järgi oommeetri osut näitab skaalal süüteahela tegeliku takistuse, mis süüteahela korrasolekul peab ligikaudu võrduma teoreetilisele takistusele. Teoreetilise takistuse leiame kui ühe elektrisütiku takistuse (1,5—2 oomi) korrutame ahelasolevate süitikute arvuga ja sellele lisandame veel kaabli ja juhtmete takistuse, arvestades 100 j. m juhtmete takistuseks 1,5—2 oomi.

Kui tegelik mõõdetud takistus on arvestatust palju suurem, on juhtmete ühendused halvasti tehtud (puhastamata), mis võib süütamisel põhjustada tõrkeid. Säärasel juhul tuleb kontrollida ühendused.

Kui takistus on palju väiksem arvestatust, on tõenäoline, et kaabli harude vahel on olemas hõlpühendus niiske maa või vee kaudu, siis tuleb kontrollida ja tarviduse korral parandada juhtmete isolatsiooni.

Kui kaabli ühendamisel oommeetri kontaktidega osut üldse ei liigu, on ühendus kuskil katkenud. Katkemiskoha leidmiseks tuleb kontrollida juhtmestiku takistust osadena.

Pärast kontrollimist võib süitikut varustada kapslitega ja asetada laengutesse.

Oommeetri puudumisel peab süüteahela koostamine, süütevahendite laengutesse asetamine ja tope tegemine toimuma väga hoolikalt, sest eelkontrolli ärajäämise tõttu ilmnevad rikked alles pärast süütamist (tõrget), mil nende kõrvaldamine on raskendatud ja aegaviitev.

Süüteahela koostamine on skemaatilisel näidatud joon. 9.

Pärast süüteahela kontrollimist (koostamist) võib asetada kapslid süitikutesse ja nendega koos laenguisse. Süütamiseks võib juhtmeid ühendada süüteaparaadiga vahetult enne õhkimist. Selleks peab olema süüteaparaadi juures valvepost, et keegi ilma tööjuhataja loata ei pääseks süüteaparaadi juurde.

Üldised julgeolekunõuded laengute süütamisel on:

enne süütamist: piirata valvepostidega õhkimisel laialilendavate kildude poolt ohustatud ala, et keelata inimeste minek ohustatud piirkonda;

ära viia laengute juurest ja varjata üleliigsed lõhkeained ja tööriistad;

saata kõik töölised ohutusse kohta;

pärast süütamist:

süütenööri kasutamisel lugeda plahvatusi, et mitme laengu üheaegsel õhkimisel mitte enne kõigi laengute plahvatumist väljuda varje tagant;

pärast elektriga süütamist tuleb enne varje tagant väljumist elektrijuhtmed lahti ühendada süüteaparaadi küljest.

Kui laeng süütamisel ei plahvatanud, tuleb teostada süüteseadise ülevaatus, et leida tõrke põhjus. Rikked elektrisüüteahelas, nagu halvasti tehtud jätkud või juhtmete murdumine, on kergesti kõrvaldatavad ja siis võib süütamist korrata.

Kui tõrke on põhjustanud vigastused süüte- või lõhkenööris või riknenud kapslid, tuleb võimaluse korral (välislaengu puhul) välja võtta riknenud süütevahendid ja asendada uutega. Kui vana süüteseadise eemaldamine on raskendatud (jõuga rebimine on keelatud), tuleb see paigale jätta ja asetada laengusse teisele kohale uus süüteseadis. Kui ka see võimatu, näit. puurangu laengu juures, tuleb endise laengu kõrvale valmistada uus laengupesa või puurauk, kuhu asetada uus laeng, mille õhkimisel plahvatuks ka endine laeng. Seda tuleb aga kontrollida pärast õhkimist ja purustuskohalt korjata kõik laengutükid ja süütevahendid juhul kui endine laeng on jäänud plahvatamata ning on ainult tükkidena laiali paisatud, millised ohustavad järgnevaid töid.

8. Mitmesuguste lõhkamiste teostamine.

Kivide purustamiseks on soovitatav kasutada siselaenguid puuraukudes; ainult kui töö kiirus seda nõuab ja kui on küllaldaselt kasutada lõhkeainet, võib kuni 5 m suurusi kive purustada ka välislaengutega; lõhkeaine kulu sel juhul on mitu korda suurem.

Puuraugud kividesse tehakse 30—75 sm sügavad, olenevalt kivi suuruselt, ja \varnothing 4 sm.

Suuremaise kividesse tuleb teha mitu auku, vahedega 1—2 augu sügavust. Enne laadimist tulevad puuraugud tühjendada ja puhastada kiviprügist. Tavaliselt kasutatakse puuraukudes silindrilisi lõhkeaine-pulgakesi, millest kõige pealmisesse on asetatud kapsel süütenööriga või elektrisütikuga.

Laengu suurus arvutatakse kivi mahu järgi: iga kantmeetri kivi kohta tuleb võtta 150 gr pihustavat (PIL) või 300 gr. purustavat (PUL) lõhkeainet.

Näide: $1,5 \text{ m}^3$ suuruse kivi purustamiseks tuleb võtta $150 \times 1,5 = 225$, ca 200. gr PIL, või $300 \times 1,5 = 450$ gr PUL.

Kui tarvilik laeng ei mahu ühte puurauku, tuleb teha kaks või kolm puurauku. Kuni 5 m^3 suurusse kivi purustamiseks välislaenguga tuleb iga m^3 kivi kohta võtta 1,75—2 kg PIL. Laeng tuleb asetada tihedalt vastu kivi pinda ja katta mulla või mätastega. Paremaid tagajärgi välislaenguga saab, kui kivi alla teha mullasse laengupesa ja pärast laengu kohaleasetamist teha tope (joon. 10). Vähemalt 1 m vee all oleva kivi lõhkimisel võib lõhkeaine hulk olla poole väiksem.

Viskava lõhkeainega võime paisata kuni 15 m^3 suurusi kive 5—10 m kaugusele, võttes iga m^3 kivi kohta 3,0 kg VIL. Laeng tuleb asetada paiskamissuunale vastaspoolsesse külge kivi serva alla ja katta mulla ning mätastega.

Kinnise pae purustamisel tuleb augud puurida pae kihistusele ristsuunas. Lõhkeainet asetatakse puuraukudesse: PIL korral $\frac{1}{4}$ augu sügavust ja PUL või VIL korral $\frac{1}{3}$ augu sügavust.

Kivide ja pae lõhkumisel ehitusmaterjali saamiseks tuleb kasutada VIL või PUL siselaenguid, sest PIL laenguga purustatud kivi on rabe ja ehitustöödeks kõlbmatu.

Kände võib purustada kahel viisil. Kui soovitakse kände välja tõsta maast koos juurtega, siis asetatakse laeng kännu alla kaevatud auku ja tehakse laengule korralik tope (joon. 11). Laengu suuruse (grammides) arvutame valemist: $L = d^2$, kus d on kännu läbimõõt sm-eis.

Näide: Vaja purustada $\varnothing 40$ sm känd aluslaengu abil. Seega $d = 40$ sm ja $L = d^2 = 40 \times 40 = 1600$ gr.

Siselaenguga purustamisel tuleb puurida auk pealt või küljest kännu sisse (joon. 12). Vajaliku laengu suuruse (grammides) arvutame valemist: $L = 0,15 d^2$.

Näide: Vaja purustada känd $\varnothing 45$ sm siselaenguga.

Arvutus: $d = 45$ sm ja $L = 0,15 \times 45^2 = 303,75$ ca 300 gr.

Kui kändude purustamisel kasutatakse viskavat lõhkeainet — VIL, siis tuleb antud valemist leitud laengu hulk võtta kahekordseks.

Kasvavaid puid või palke purustatakse PIL või PUL sise- või välislaengutega, vee all olevaid (näit. silla vaiad) ainult välislaengutega.

Välislaengute suuruse arvutamisel kasutame järgmisi valemeid:

- 1) keskmise kõvadusega puuliikide (mänd, kuusk) purustamiseks laengu kaal $L_{(gr)} = d^2$.
- 2) kõvade puuliikide (kask, tamm) purustamiseks $L_{(gr)} = 1,5 d^2$ (d — palgi \varnothing sm).

Prusside purustamiseks välislaenguga tuleb laenguks võtta prussi ristlõike pinna iga sm^2 kohta 1 kuni 1,5 grammi PIL.

Välislaengud kinnitame palkide ja prusside külge nõõri või traadi abil (joon. 13). Vaia purustamiseks sügavamal vee all, seome laengu lati külge ja lükkame ta sellega tarvilikku sügavusse vaia voolupoolse külje vastu (joon. 14). Veealused laengud, mis asuvad vähemalt 50 sm vee all, võib võtta poole väiksemad tavalisest välislaenguist.

Siselaengud puude ja palkide purustamiseks arvutame valemi järgi $L_{(gr)} = 0,1 d^2$. Seega üldiselt siselaeng on 0,1 sama puu purustamiseks vajalikust välislaengust.

Siselaengute paigutamiseks tuleb purustatavasse puusse puurida 3,5—4 sm puuriga auk kuni $\frac{2}{3}$ puu läbimõõduni (joon. 15). Jämedate palkide korral puuritakse kaks auku ristsuunas üksteise peale, nii et aukude servad kokku puutuksid (joon. 16). Säärasel juhul jagame kogu vajaliku laengu kahte puurauku; süütamine toimub ainult ühe laengu-osa juurest, kuna teine osa detoneerub esimesest.

Puuraugu-laengud tulevad varustada topega savist või niiskest liivast.

Külmunud või väga tiheda pinnase lõhkamiseks tuleb teha maasse laengu jaoks auk maapuoriga või kangiga. Purustamiseks vajaliku laengu suuruse L kg-des arvutame valemi järgi $L_{(kg)} = 2 h^3$, kus h on laengu sügavus m-eis. Eriti tiheda ja tugevasti külmanud pinnase juures tuleb võtta $L_{(kg)} = 3 h^3$.

Müüride (kiviseinte) (paksusega mitte üle 1,5 m) purustamiseks tuleb müüri sisse raiuda (maapinna joonele) laengupesad sellise suurusega, et nendesse laengud üleni sisse mahuksid (joon. 17). Laengupesad tuleb valmistada üksteisest müüri kahe paksuse kaugusel.

Laenguteks tuleb kasutada pihustavat lõhkeainet. Laengu suuruse kg-des arvutame valemist: $L = 5 a^3$, kus a on müüri paksus m-eis.

Kui müürisse pesade raiumine on raskendatud, võib laengu paigutada maa sisse vastu müüri, sel juhul tuleb aga laeng võtta kaks korda suurem ($L = 10 a^3$).

Kui laengupesa teeme nii sügava, et laengu saab asetada müüri keskkoha, ja teeme tope (joon. 18), võib laeng olla, võrreldes esimese juhusega, poole väiksem ($L = 2,5 a^3$). Laengute vahe sel juhul oleks 2—3 müüri paksust.

Müüri võib purustada ka alusmüüri alla asetatud laenguga (joon. 19). Laengu suurus kg-des saadakse valemist: $L = 5 h^3$, kus h on laengu sügavus maapinnast.

Paksemaid müüre ja varemeid võib purustada puuraugulaengutega. Säärast viisi tuleb kasutada ka siis, kui kohalikud tingimused ei luba kasutada suuri mitmekihilisi koondlaenguid. Samuti kui olemasoleva lõhkeaine hulk on väike, tuleb seda kasutada varemete lammutamisel rööbiti käsitsi-lõhkumise, purustades vaid müürituse suuremad ja tugevamad osad lõhkeainega.

Augud puuritakse kivipuoriga $\varnothing 3,5$ kuni 4 sm ja sügavusega 0,3 kuni 0,75 m. Laengu suurus sel juhul arvutatakse valemist: $L = 2 h^3$, kus L on laengu suurus kg-des ja h puuraugu sügavus m-eis.

Betooni lõhkamisel võib laengute arvutamine toimida samuti, kui müürituste purustamiselgi.

Sardebetooni purustamiseks tuleb tavaliselt kasutada piklikke välislaenguid, sest laengupesade või puuraukude valmistamine sardebetonis on raskendatud. Sardebetonplaadi või tala purustamiseks vajaliku lõhkeaine hulga kg-des 1 j. m purustuslõike kohta saadakse valemist $L = 30 b^2$, kus b on purustatava osa paksus m-eis.

Näited: 1) Vaja purustada põiksuunas 2,5 m laiune ja 0,30 m paksune sardebetonplaad. Lõhkeaine hulk kg-des ühe j.m plaadi laiuse kohta on $L = 30 b^2 = 30 \times 0,3 \times 0,3 = 2,7$ kg. Kogu purustuslõike ulatuses on vaja lõhkeainet: $27 \times 2,5 = 6,75$ kg. Nüüd jaotatakse vajalik lõhkeaine hulk (6,75 kg) ühtlaselt 2,5 m ulatuses ja valmistatakse sellest piklik laeng (võimalikult ruundilise ristlõikega), mis asetatakse soovitud purustuskohale tihedalt vastu plaati.

2) Tuleb risti läbi lüüa sardebetonit, mille kõrgus 0,6 m ja laius 0,25 m.

Laengu suurus 1 j. m tala kõrguse kohta: $L = 30 b^2 = 30 \times 0,25 \times 0,25 = 1,9$ kg. Laeng tuleb valmistada aga ainult tala kõrguse (0,6 m) ulatuses, seega vajalik laengu suurus on: $1,9 \times 0,6 = 1,1$ kg. Seega valmistatakse tala purustamiseks 1,1 kg raskune ja 60 sm pikkune piklik laeng, mis asetatakse purustuskohale vastu tala külge.

Eeltoodud valemi järgi arvutatud laeng on suuteline purustama ainult betooni sarrusraudade vahel ja üksikuid raudu, kuna suurem enamik raudu jääb terveiks, millised tuleb läbi lõigata teiste abinõudega või purustada täiendavate laengutega.

Jää purustamine. Jõgedel kevadise jääminekuajsete ummistuste vältimiseks ja kõrvaldamiseks tuleb teostada jää purustamisi. Tekkinud ummistusi on väga raske kõrvaldada, seepärast tuleb aegsasti purustada jää ohtlikus kohas, harilikult sildade juures, jõekäänakuil ja kitsamais kohtis, valmistades sääl 40—80 m pikkused ja 20—40 m laiused lahtised kanalid ülevalt tulevatele jäätükidele. Purustamist tuleb alustada kanali allavoolu otsast. Sillatugede ümber tuleb jää lõhkuda aegsasti tuurade ja kirveste abil või lõhkeainega. Tugede juures võib tarvitada 1—2 kg laenguid, millised asetada tugedest vähemalt 2 m kaugusele.

Jääkaane purustamisel vee alla asetavate laengute keskmised suurused, olenevalt jää pakusest ja laengu sügavusest, on näidatud järgmises tabelis.

Jää paksus m-eis	Laengute sügavus jää ülemisest pinnast		
	1,0 m	1,5 m	2,0 m
0,3	1	2	4
0,4	1,5	2,5	4,5
0,5	2	3	5
0,6	2,5	3,5	5,5
0,7	3	4	6

Laenguid asetatakse harilikult üksteisest nende 4—5 sügavuse kaugusele, kuna üks laeng teeb jäässe augu, mille läbimõõt võrdub ligikaudu laengu 4-kordse sügavusega. Igal juhul, on soovitatav antud olukorras sobiva laengu sügavuse ja nende vahe määramiseks teostada mõned katselasud. Laengu suurus loetakse sügavusele vastavaks, kui õhkimisel ei paisku kõrgele õhku suuri jäätükke, vaid jää laengu kohal ainult tõuse ja jäässe tekkivad kaugemale ulatuvad praod.

Laengute vette paigutamiseks tuleb jäässe teha augud tuuraga või 100—200 gr lõhkeaine-laengutega malekorras, arvutatud või katselaskmistel sobivaks osutunud vahedel. Laengu jää alla laskmiseks kasutatakse nõõri, traati või latte. Kui laeng vees jääb ujuma, või kui tugev vool laengu tõstab vajalikust sügavusest kõrgemale, tuleb laengule külge siduda mõni raskus. Et laeng põhja ei vajuks, tuleb ta kinnitada nõõri või latiga põiki üle jääaugu asetatud lati külge (joon. 20).

Kui varjumistingimused soodsad, võib süütenõõri võtta lühema, pikkusega 0,4—0,6 m, et vältida nõõri kauaaegset vees seismist ja sellest tulenevat läbiligunemist ja tõrkeid. Sel juhul laengu jää alla lükkamine toimub pärast süütenõõri süütamist.

Tekkinud jääummistuste kõrvaldamiseks tuleb enne valmistada allpool ummistust jäässe kanal, selle järgi alustada ummistuse purustamisega allavoolu küljest. Laengud, suurusega 3—10 kg, tuleb paigutada võimalikult sügavale (2—3 m) jääpankade vahele.

Töö juures tuleb olla ettevaatlik, et liikuma-hakkav jää ei saaks töölistele hädaohtlikuks. Töö kohal peavad olema päästeabinõudena köied, redelid, lauad ja latid.

Kui ummistusele minek on hädaohtlik, tuleb selle lõhkumiseks kasutada tugevasse, käepidemega varustatud kesta asetatud 2—3 kg visatavat laengut. Süütamiseks tuleb kasutada 10—15 sm pikkust süütenõõri, mille süütamise järgi laeng kohe heita soovitud kohale. Visatavate laengute kasutamisel silla lähedal peab olema ettevaatlik, et laeng liikuvate jäätükidega ei ujuks silla alla, kus ta lõhkedes võib silla purustada.

Kõikide lõhkamiste jaoks laengute arvutamisel ja lõhkamiste teostamisel peab teadma, et kõik antud valemid määravad mingisugustele keskmistele tingimustele sobiva laengu suuruse. Kuna aga tegelikult tööde juures olukorrad on väga mitmekesised ja muutlikud suurtes piirides, siis antud olukorras võib arvestatud laeng osutada ebasobivaks, mispärast alati enne suuremaulatuslikke ühelaad-

seid lõhkamisi tuleb täpseks laengu suuruse määramiseks teostada proovilõhkamisi mitmes suuruses katselaengutega. Kasutamisele võetakse laeng, mis annab väiksema lõhkeaine kulu juures paremaid tagajärgi.

9. Kord ja nõuded lõhkamistöodel, lõhkeainete käsitlemisel ja hoidmisel.

Lõhkamistöodel ja lõhkeainete käsitlemisel tuleb alati arvestada juhuslikku plahvatusohtu. Et seda ohtu vähendada, tuleb kindlasti täita ajajooksul väljakujunenud julgestusreegleid. Paljud neist on juba loetletud eelmistes punktides; siinkohal on korratud olulisemaid ja lisatud veel puuduvaid.

Lõhkamistöde teostamisel, nii laengute valmistamisel kui ka kohaleasetamisel ja õhkimisel, tuleb kõik kõrvalised isikud töökohalt eemale saata.

Kapsleid hoida ja kanda eraldi lõhkeainetest ning välja anda tarvitamiseks vaid vastavalt vajadusele ja täpselt loetud hulgal.

Laengu süütamise ajaks piirata ohtlik rajoon vahipostidega kõrvaliste isikute läbikäigu sulgemiseks.

Tööliste varjule saatmiseks lõhkamise ajaks tuleb anda hojatussignaali, sellena võib tarvitada pikka vilesignaali. Pärast seda võivad laengute juurde jääda (süütenõõriga süütamisel) ainult süütajad.

Süütamine teostada ainult minõõri, suuremate tööde juures tööjuhataja käsul, pärast seda kui veendunud, et vahipostid kohal ja süütamiseks kõik korras. Süütamise käsuna võib tarvitada kaht vilesignaali.

Pärast lõhkamist võib purustuskohale läheneda alles pärast minõõri leppemärki — kolm vilesignaali.

Kui laengud asuvad hoonete lähedal, nii et lõhkamisel laialipaiskuvad killud võivad rikkuda hoone katuseid ja aknaid, tuleb laengud arvatava purustuse ulatuses katta hagudega (fasiinidega). Soovitav on veel haod koormata vanade liipritega, prussidega või raudtaladega.

Töökohalt lahkumisel kontrollida, et töökohale ei jääks maha lõhkeaineid ega kapsleid. Riknenud kapslid tulevad hävitada.

Hoida tuleb lõhkeaineid eraldatud ruumis või laos, kuhu juurdepääs kõrvalistele isikutele pole võimalik. Suuremate lõhkeainete koguste hoidmiseks peavad olema eraldi laod, mis asuvad eemal teistest hoonetest. Nõutavad kaugused lõhkeaine ladude ja teiste hoonete vahel on:

kuni 1 tonni lõhkeaine korral	—100 m
„ 2 „ „ „ „	—150 m
„ 5 „ „ „ „	—250 m.

Kapslid tuleb asetada lõhkeainetest ja süütevahendeist eraldatult.

Lõhkeainete hoiuruumis ei tohi kasutada leek-valgusallikaid, lubatud on elektrivalgustus, samuti ruumi kütmine peab toimuma väljastpoolt. Tulekustutusvahendid peavad olema laoruumi juures kättesaadaval.

Kõiksugused tööd lõhkeainetega (näit. laengute valmistamine) nende laoruumis on keelatud. Töökohale ei või asjatult palju lõhkeainet kokku kuhjata.

Viimasena olgu juhitud tähelepanu veel sellele, et lõhkeainete hoidmisel ja käsitlemisel peetakse kindlat töökorda — tuleb alati täpselt täita kõiki julgestusnõudeid, ka siis kui näiliselt puudub hädaoht. Omatud töökogemused ja teadmised ei tohi põhjustada hooletut käitumist ja suurustlemist julgeolekunõuete hülgamises. Alati teadlikult kõiki nõudeid täites on õnnetus-võimalused minimaalsed.

Kasutatud kirjandust:

- 1) Pionerieeskiri IV osa. Purustustööd.
Kv. Staabi VI osak. väljaanne, Tallinn 1934.
- 2) Lõhkeained. Kapt. L. Rannit'i loengud Sv. Tehnikakoolis 1938/39. ja 39/40. aastal.
Sv. Õppeasutiste väljaanne.

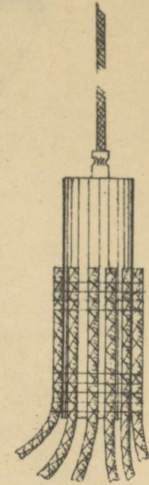
Sisukord.

	Lk.
Sissejuhatus	3
1. Mõisteid lõhkeainete teoriast	5
2. Lõhkeainete liigitamine	5
3. Tarvitatavaid lõhkeaineid	6
4. Süüte- ja detoneerimisvahendid	8
5. Lõhkamistöde tööriistad ja vahendid	9
6. Laengud ja tope	10
7. Laengute süütamine	11
8. Mitmesuguste lõhkamiste teostamine	12
9. Kord ja nõuded lõhkamistödel, lõhkeainete käsitsemisel ja hoidmisel	15
Juurdekuuluvad joonised nr. 1—20	

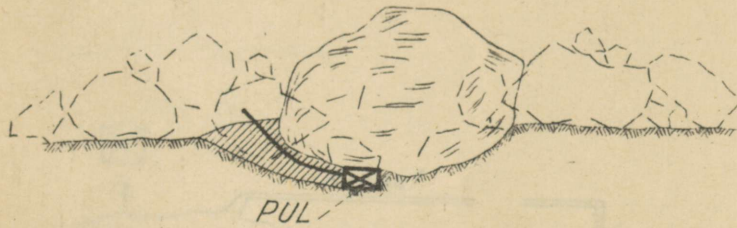


VIL-paiskab kivi tervelt eemale

Joon. 1

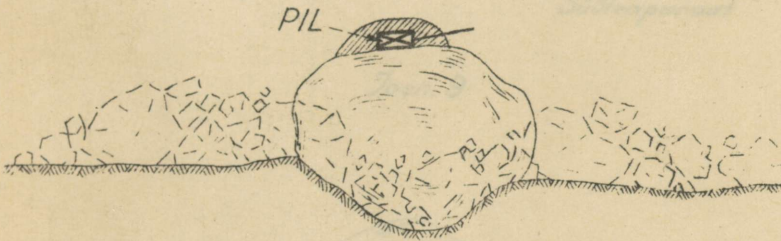


Joon. 5



PUL-lõhub kivi suurteks tükkideks, peent kiviprügi väga vähesel hulgal. Suuremad tükid kõvad ja kõlblikud ehituskivideks

Joon. 2



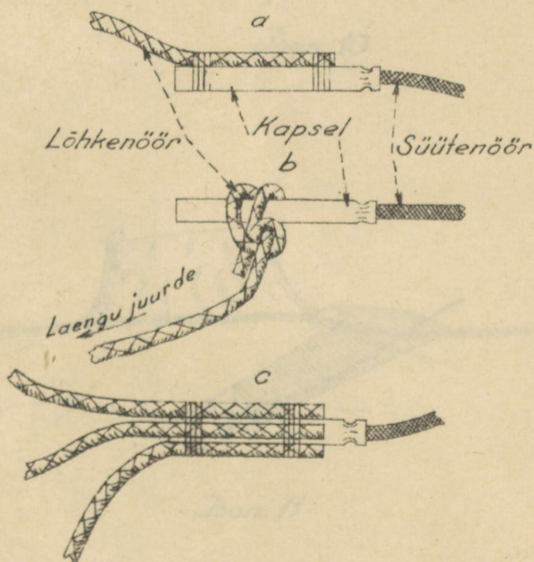
PIL-ga lõhkamisel tekib suurel hulgal peenikest kiviprügi, kuid jääb ka suuremaid kivitükke, mis aga on täis pragusid ja rabedad ning ehituskiviks kõlbmatud



Kaitserõngas
Paukuv-elavhõbe või seatinaasiit
Trotüül või tetrüül

Joon. 6

Joon. 3

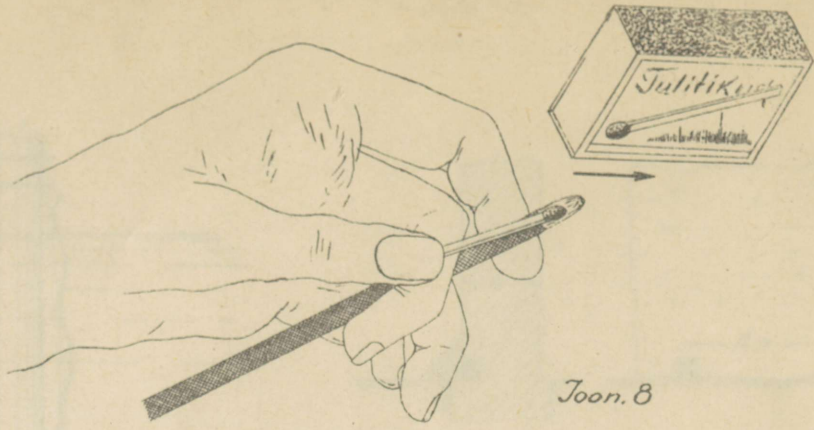


Joon. 4

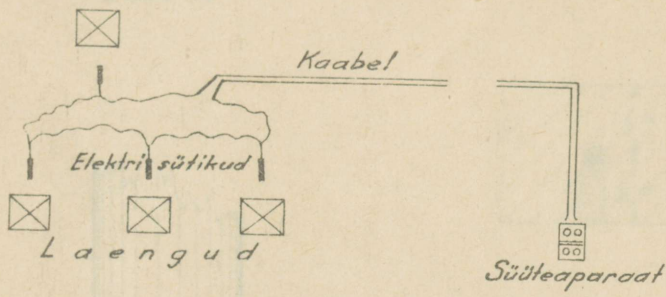


Tihendusmass
Voolujuhtmed
Hõõgniit
Paukpuuvill
Lõhkesegu

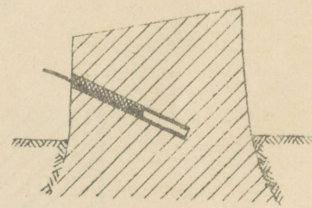
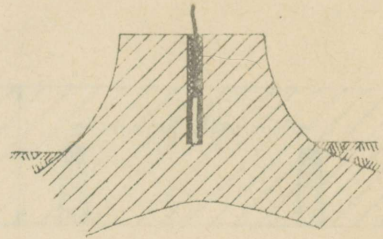
Joon. 7



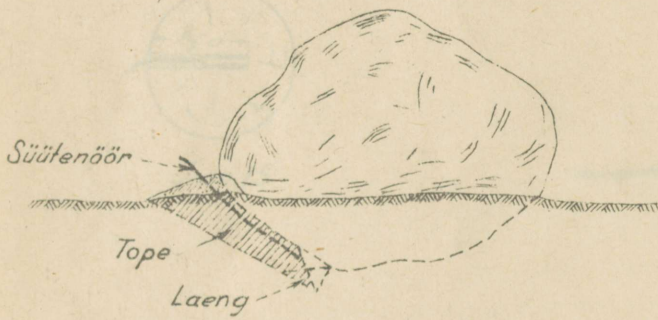
Joon. 8



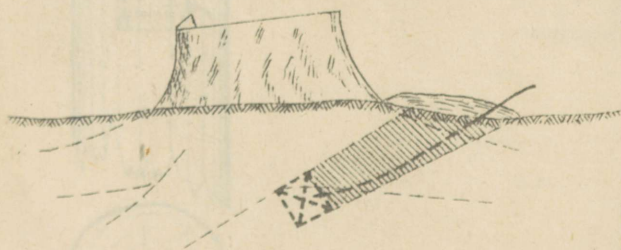
Joon. 9



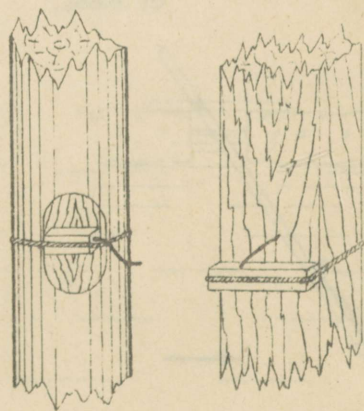
Joon. 12



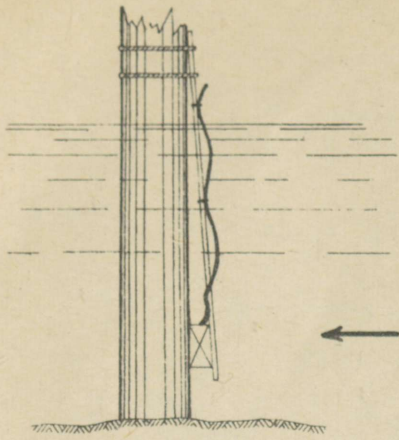
Joon. 10



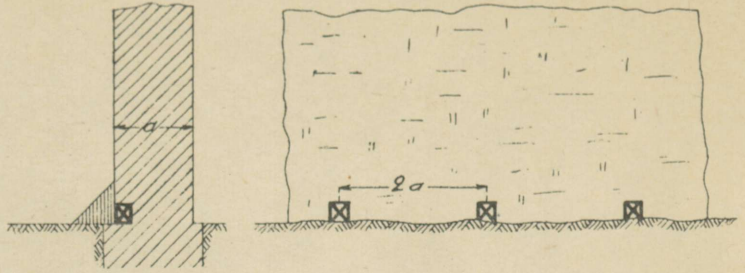
Joon. 11



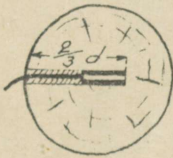
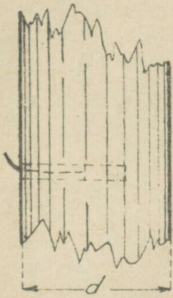
Joon. 13



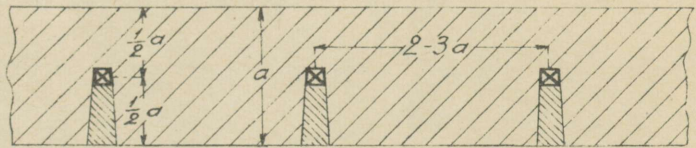
Joon. 14



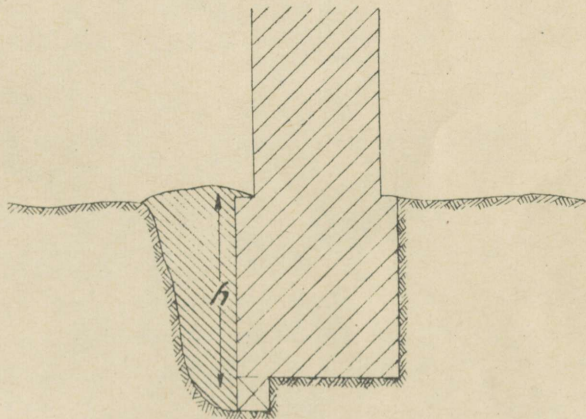
Joon. 17



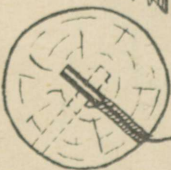
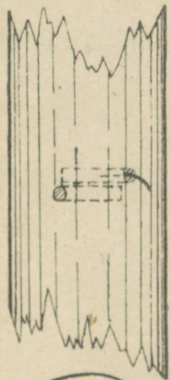
Joon. 15



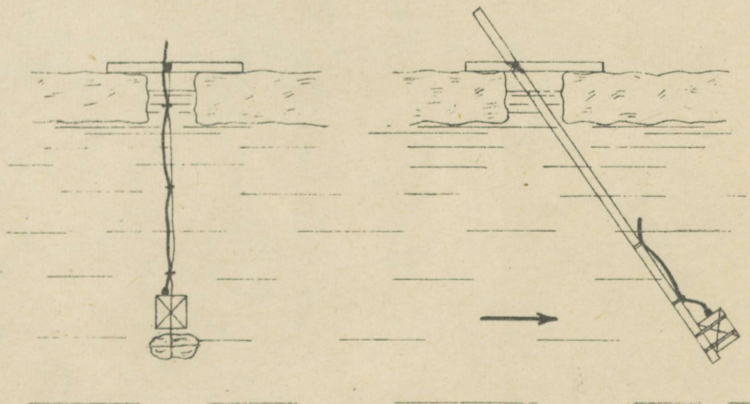
Joon. 18



Joon. 19



Joon. 16



Joon. 20

m

(A)
B-1166i