

EESTI PÕLLUMAJANDUSE AKADEEMIA

R. Soidra

# EHITUSMATERJALID

LABORATOORSETE TÖÖDE JUHEND  
MAAPARANDUSOSAKONNA ÜLIÕPILASTELE

TARTU 1966

2/68406

EESTI PÕLLUMAJANDUSE AKADEEMIA  
EHITUSMEHHAANIKA KATEEDER

R. Soidra

# EHITUSMATERJALID

LABORATOORSETE TÖÖDE JUHEND  
MAAPARANDUSOSAKONNA ÜLIÕPILASTELE

TARTU 1966

Эстонская сельскохозяйственная академия

г. Тарту, ул. Рийа, 12

Р. Сойдра

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Руководство к лабораторным работам по испытанию  
строительных материалов для студентов отделения  
гидромелиорации

На эстонском языке

2



ARHIIVKOGU

Toimetaja: M. Leibur

Korrektor: V. Kingo

---

Paljundamiseks antud 23. IX 1966. Paber 60x84 cm.  
Trükipoognaid 2,5. Tingtrükipoognaid 2,23. Arvestus-  
poognaid 2,16. Tiraaž 300. Tell. nr. 125.

EPA rotaprint, Tartu, Riia 12

Hind 6 kop.

## S i s u k o r d

Laboratoorseste tööde sooritamise ja vormistamise kord ....	4
Ohutustehnika laboratooriumis töötamisel .....	5
Laboratoorseste tööde katsemetoodika .....	6
Töö nr. 1. Kivimaterjalide mahukaal .....	6
2. Tellise proovimine .....	7
3. Keraamiliste dreanaažitorude proovimine ..	9
4. Tsemendi proovimine .....	10
5. Betooni täitematerjalide proovimine .....	15
6. Betoonisegu koostamine ja proovimine ....	19
7. Bituumeni proovimine .....	23
8. Katuse- ja hüdroisolatsioonipappide proovimine .....	24
9. Puidu proovimine .....	25
Laboratoorseste tööde vormistamise juhendid .....	28

LABORATOORSETE TÖÖDE SOORITAMISE JA VORMISTAMISE  
KORD

1. Laboratoorsete tööde sooritamiseks jaguneb õpperühm kolmest üliõpilasest koosnevaiks gruppideks.

2. Töö käigu ja katseandmed registreerib iga üliõpilane vastavasse laboratoorsete tööde vihikusse. Iga praktikumituni lõpul esitab üliõpilane katseandmetega vihiku juhendavale õppejõule viseerimiseks. Õppejõu viisata töö jäetakse arvestamata.

3. Kõik vajalikud arvutused tehakse arvutuslükati abil. Proovide kaalud, mõõtmised jms. määratakse ja väljendatakse vastava mõõteriista täpsusega.

4. Katsetulemused esitatakse normatiivses kirjanduses seni veel kasutatavate MTS ühikutega. Lõpptulemused avaldatakse ka SI ühikutega.

5. Lõplikult vormistatakse töö etteantud vormi kohaselt formaat 11 ühele küljele. Lehed köidetakse kausta. Kaustale kirjutatakse:

Ehitusmaterjalide laboratoorsed tööd,  
üliõpilase nimi,  
osakond, kursus ja rühm,  
õppeaasta.

Kausta esimesel lehel on samad pealkirjad mis kaanel. Teisel lehel tuuakse sisukord. Edasi järgnevad nummerdatud lehtedel lõplikult vormistatud laboratoorsed tööd.

6. Kõik laboratoorsed tööd sooritatud ja korralikult vormistatud üliõpilane pääseb arvestusele.

## OHUTUSTEHNIKA LABORATOORIUMIS TÖÖTAMISEL

1. Masinaid juhendaja juuresolekuta mitte käivitada.
2. Enne masina käivitamist tuleb selgitada, kas elektri-seadmed on korras. Normisegisti käivitamise eel jälgida, et segisti sidur oleks mootorist lahutatud.
3. Täita ja tühjendada võib ainult seisvat segistit.
4. Masinatega töötamisel peab masina lähem ümbrus olema vaba.
5. Survepressi mitte koormata üle sellele ettenähtud võimsuse.
6. Tugevuskatsete teostamisel purunevat proovikeha vaadelda eemalt, sest proovikehast sageli eralduvad killud võivad tekitada vigastusi.

## LABORATOORSETE TÖÖDE KATSEMETOODIKA

T ö ö nr. 1

### Kivimaterjalide mahukaal

#### I. Tööplaan

1. Korrapärase kujuga proovikeha mahukaal
2. Korrapäratu kujuga proovikeha mahukaal

#### II. Proovimise meetoodika

Aluseks on GOST 6427-52.

Mahukaaluks nimetatakse materjali mahuühiku kaalu loomulikus olekus, koos pooridega. Mahukaal:

$$m = \frac{G}{V_0},$$

kus  $G$  - kuivatatud proovikeha kaal (määratakse täpsusega 0,5%),

$V_0$  - proovikeha ruumala koos pooridega.

$V_0$  määramine oleneb proovikeha kujust.

1. Korrapärase kujuga proovikeha mõõtmised määratakse varb-sirkli või joonlaua abil. Mõõtmete järgi arvutatakse proovikeha ruumala.

2. Korrapäratu kujuga proovikeha määramiseks asetatakse see veega täidetud mõõtenõusse. Proovikeha ruumala on võrdne väljatõrjutud vee mahuga.

Teine ruumala määramise viis põhineb Arhimedese seadusel. Proovikeha ruumala:

$$V_0 = \frac{G_0 - G_v}{e_v},$$

kus  $G_0$  - proovikeha kaal õhus,  
 $G_v$  - proovikeha kaal vees,  
 $e_v$  - vee erikaal.

Proovikeha ruumala määramisel tuleb arvestada selle veeimavusega, mis võib mõjutada katsetulemusi. Seetõttu poorne, suure veeimavusega proovikeha, kuivalt kaalutult, kaetakse parafiiniga. Parafiinitud proovikeha kaalutakse uuesti ning seejärel määratakse vees selle ruumala. Proovikeha ruumala arvutatakse parafiinitud proovikeha mahu ja parafiinikihi mahu vahena. Parafiini maht:

$$V_{\text{paraf.}} = \frac{G_p}{e_p},$$

kus  $G_p$  - parafiinikihi kaal,  
 $e_p$  - parafiini erikaal.

Kivimaterjali mahukaalu järgi hinnatakse materjali sooja-juhtivust ja tugevust, s. o. sobivust seinamaterjalina.

## T ö ö nr. 2

### Tellise proovimine

#### I. Tööplaan

1. Tellise survetugevus
2. Paindetugevus

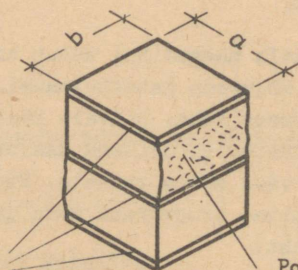
#### II. Proovimise meetodika

Aluseks on GOST 8462-57.

##### 1. Survetugevuse määramine

Proovimiseks valitud 5 tellist poolitatakse. Poolikud kivid liidetakse tsemenditaignaga nii, et lõikepinnad jääksid saadava proovikeha vastaskülgedele. Vuugi paksus ei tohi olla suurem kui 5 mm. Proovikeha mõlemad survepinnad tasandatakse tsemenditaignaga. Tsemenditaigen paigutatakse paberiga kaetud

klaasplaadile, proovikeha asetatakse taignahihile ning surutakse, kuni taignahihi paksus ei ületa 3 mm (vt. joonis 1).



Joonis 1.

Tsemenditaigna  
kihid

Poolituspind

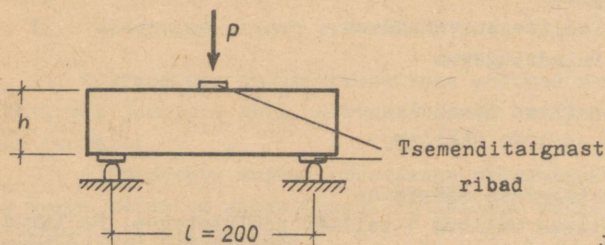
Proovikehad hoitakse 3...4 päeva niiskes õhus temperatuuril  $20 \pm 5$  °C.

Proovikeha mõõdetakse. Proovikeha tsentriliselt koormates määratakse purustav survejõud  $P$ . Survetugevus arvutatakse valemiga:

$$R_s = \frac{P}{F} .$$

## 2. Paindetugevus

Paindetugevuse määramiseks asetatakse tellis lapiti kahele toele, mille vahekaugus on 20 cm. Proovikeha koormatakse tugiava keskelt (vt. joonis 2). Tugede ja koormuse rakendus-



Joonis 2.

kohtadel tasandatakse tellis tsemenditaignast ribadega, mille paksus ei ületa 3 mm ja laius on 2...3 cm.

Katsetatakse 5 proovikeha. Tellised proovitakse pärast ribade kivistumist. Määratakse purustav koormus P. Paindetugevus arvutatakse valemiga:

$$R_p = \frac{3 P l}{2 b h^2},$$

kus b - tellise laius,

h - tellise paksus.

Tellise mark määratakse GOST 530-54 järgi olenevalt 5 tellise keskmisest ning minimaalsest surve- ja paindetugevusest.

### T ö ö nr. 3

#### Keraamiliste dreanažitorude proovimine

##### I. Tööplaan

1. Toru purustav koormus
2. Veeimavus

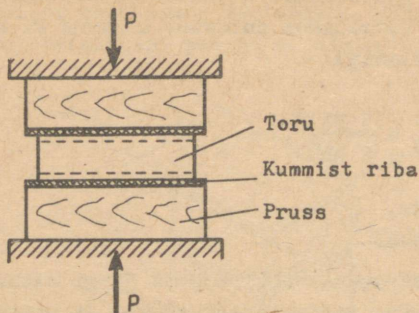
##### II. Proovimise meetodika

Aluseks on GOST 8411-62, GOST 7025-54 ja ENSV VTT 912-63.

##### 1. Toru purustav koormus

Toru tugevus määratakse õhukuiva prooviga. Purustava koormuse määramiseks asetatakse toru kahe rõhtasendis puitprussi vahele. Kasutatakse prusse 10x10 cm, mille pikkus ei ole väiksem proovitava toru pikkusest. Survejõu jaotuse ühtlustamiseks pannakse prusside ja toru vahele kummist riba. Toru telje ristsuunas mõjuv koormus rakendatakse üle toru pikkuse ühtlaselt (vt. joonis 3).

Toru tugevust iseloomustav purustav koormus määratakse 5 proovi katsetulemuse aritmeetilise keskmisena.



Joonis 3.

## 2. Veeimavus

Proovimiseks valitud 3 toru kuivatatakse kuivatuskapis temperatuuril 105...110 °C püsiva kaaluni. Kuivad torud kaalutakse ( $G_k$ ) ja asetatakse vanni selliselt, et nende alumised servad ei toetuks vanni põhjale ning proovide vahele jääks õhuvähe. Vanni valatakse vesi nii, et see kataks proovikeha ülemise pinna vähemalt 2 cm kõrguselt. Proovid hoitakse vees 48 tundi. Siis võetakse torud veest, pühitakse neilt pinnal olev lahtine vesi ja kaalutakse ( $G_m$ ). Veeimavus:

$$W = \frac{G_m - G_k}{G_k} \cdot 100 [\%].$$

Torude veeimavus avaldatakse 3 katsetulemuse aritmeetilise keskmisena.

T ö ö nr. 4

## Tsemendi proovimine

### I. Tööplaan

1. Tsemenditaigna normaalkonsistents
2. Tardumise algus
3. Mahumuutuse ühtlus
4. Paine- ja survetugevus. Tsemendi mark

II. Proovimise metoodika  
Aluseks on GOST 310-60.

1. Tsemenditaigna normaalkonsistents  
Normaalkonsistents määratakse Vicat' seadme abil (vt. joonis 4).

Tsemenditaigen on normaalkonsistentsiga, kui Vicat' seadme silindrike jääb peatuma 5...7 mm kõrgusele taigna-proovi põhjast. Normaalkonsistents väljendatakse vee hulgana protsentides tsemendi kaalust, mis on kulunud sellise tsemenditaigna valmistamiseks.

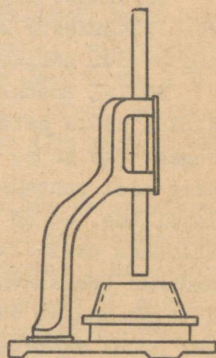
Normaalkonsistentsiga portlandtsemendi taigen sisaldab vett tavaliselt 26...29%.

Tsemenditaigna normaalkonsistentsi määramiseks kaalutakse 400 g tsementi, mis paigutatakse niisutatud sfäärilisse kaussi. Tsemendisse tehtud süvendisse valatakse vesi koguses, mis võiks vastata taigna normaalkonsistentsile. Taigna segamist alustatakse 30 sekundit pärast vee lisamist. Segamise aeg on 5 minutit, arvestades vee lisamisest.

Valmistatud tsemenditaignaga täidetakse alusplaadile asetatud tüvikoonus. (Plaat ja koonus tuleb eelnevalt õlitada.) Taigen tihendatakse alusplaadi 5...6-kordse koputamise vastu lauda. Taigna pealispind tasandatakse märja noa abil.

Taignaproov asetatakse Vicat' seadme silindrilise varda alla nii, et silindrikese ots oleks tüvikoonuse telje kohal ning ulatuks tsemenditaigna pinnani. Varras vabastatakse ja lastakse vajuda taignasse 30 sekundi vältel. Silindrikese kaugust taignaproovi põhjast loetakse seadme skaalalt (peab olema 5...7 mm).

Tsemenditaigna mITTENnormaalse konsistentsi puhul muudetakse vee kogust ja valmistatakse uus taigen, püüdes saavutada nõuetele vastavat konsistentsi.



Joonis 4.

## 2. Tsemendi tardumise algus

Tsemenditaigna tardumise aeg määratakse Vicat' seadme nõela abil. Nõel viiakse seadme tüvikoonuses oleva normaalkonsistentsiga taigna pealispinnale. Seejärel lastakse nõel vabalt taignasse vajuda.

Tardumise alguseks loetakse aeg taigna valmistamisest (vee lisamisest) kuni hetkeni, mil nõel jääb laskumisel peatumata proovi põhjast 0,5...1 mm kõrgusele.

Nõelal lastakse taignasse vajuda iga 5 minuti järel. Et vältida nõela sattumist varem läbistatud kohta, nihutatakse rõngast iga katse järel vähemalt 0,5 cm. Iga katse järel puhitakse nõel puhtaks. Proovimise algul, kui taigen on niivõrd plastiline, et on karta nõela kõverdumist selle langemisel, lubatakse nõela laskumisel pidurdada. Kui taigen on niivõrd tardunud (paksenenud), et on välditud nõela vigastamise oht, lastakse nõelal vabalt alla langeda. Tardumise algus tuleb igal juhul määrata nõela vabal laskumisel.

## 3. Tsemendi mahumuutuse ühtlus

Mahumuutuse ühtluse proovimiseks valmistatakse normaal-konsistentsiga tsemenditaigen, millest kaalutakse 6 osa raskusega à 75 g. Taignaosad vormitakse käsitsi kuulikesteks ja asetatakse õlitatud klaasplaatidele. Seejärel raputatakse plaate, kuni kuulikesed vajuvad laiali 7...8-cm-se läbimõõduga ja keskelt umbes 1 cm paksusteks koogikesteks. Et saada teravaid servi ja siledat ümardatud pealispinda, silutakse koogikesi servadest keskkoha poole märja noaga. Valmis koogikesi hoitakse 24±2 tunni vältel hüdraulilise lukuga vannis niiskes õhus, temperatuuril 20±5 °C.

Järgnevalt keedetakse kahte koogikest 4 tundi vees, kahte koogikest aurutatakse 3 tunni vältel autoklaavis rõhul 20±0,5 atü ja kahte hoitakse 27 ööpäeva vees temperatuuril 20±5 °C.

Tsement tunnustatakse kvaliteetseks, kui proovitud koogikestel ei avastata radiaalseid, kuni servadeni ulatuvaid pragusid või peente pragude võrku või üksikõik milliseid kõverdumisi.

#### 4. Painde- ja survetugevus

Tsemendi tugevuse (margi) määramiseks valmistatakse normaalkonsistentsiga tsementmördist 1:3 (tsement:liiv kaaluliselt) prismalised proovikehad mõõtmetega 40x40x160 mm.

a) Tsementmördi normaalkonsistentsi määramiseks kaalutakse 500 g tsementi ja 1500 g Volski normiliiva. Need segatakse eelnevalt niisutatud sfäärilises kausis 1 minuti vältel käsitsi. Järgnevalt lisatakse segule 200 g vett ( $V/Ts = 0,40$ ) ja segatakse seda veel kord 1 minut käsitsi. Mördi lõplik segamine toimub normisegistis 2,5 minuti vältel (20 segisti pöörat).

Järgnevalt paigaldatakse mört kahes kihis raputuslauale asetatud koonilisse vormi. (Koonuse sisepind ja raputuslaua pealispind tuleb eelnevalt niisutada.) Koonuses tihendatakse mört vardaga sorkides: alumist kihti 15, ülemist 10 korda. Pärast tihendamist kõrvaldatakse koonuselt mördi ülejääk ja kooniline vorm eemaldatakse ettevaatlikult tšstes.

Mördist koonust raputatakse 30 sekundi vältel 30 korda ja mõõdetakse laialiväjunud kuhiku aluse läbimõõtu kahes risti-olevas suunas. Mört on normaalkonsistentsiga, kui laialiväjunud koonuse läbimõõtu on 105...110 mm. Kui keskmine läbimõõtu on väiksem kui 105 mm, tuleb valmistada uus, suurema veesisaldusega mört.

#### b) Proovikehade valmistamine

Normaalkonsistentsiga mördist valmistatakse 3 prismalist proovikeha.

Vormi sisepinnad õlitatakse.

Mört tihendatakse vormis vibreerimisega. Eelnevalt täidetakse vorm 1 cm paksuse mördikihiga. Alustatakse vibreerimist. Kaheminutilise vibreerimise kestel täidetakse vorm lõplikult. Kogu vibreerimine kestab 3 minutit. Pärast seda tasandatakse vormi pealispind märja noa abil.

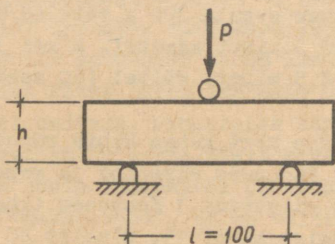
Proovid hoitakse vormides 24±2 tundi, paigutatuna hüdraulilise lukuga vanni. Pärast vormidest vabastamist hoitakse proovid kuni tugevuskatseteni toatemperatuuriga (15...25 °C) vees.

### c) Tugevuskatsed

Tsemendi mark määratakse 7 või 28 päeva kivistunud proovikehadega.

#### Paindetugevuse määramine

Proovikeha asetatakse silindrilistele tugedele vahekaugusega 100 mm. Prismat koormatakse ava keskelt.



Joonis 5.

Paindetugevus arvutatakse:

$$R_p = \frac{3 Pl}{2 bh^2},$$

kus  $P$  - purustav koormus,

$l$  - tugedevaheline kaugus,

$b$  - proovikeha põiklõike laius,

$h$  - proovikeha põiklõike kõrgus.

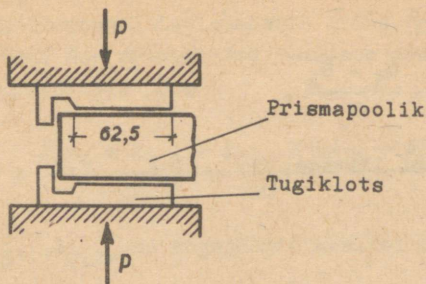
Kui prisma mõõtmed on  $4 \times 4 \times 16$  cm ja tugedevaheline kaugus  $l = 10$  cm, siis  $R_p = 0,235 P$  [kg/cm<sup>2</sup>].

Tsemendi paindetugevus määratakse kolmest proovist kahe suurema paindetugevuse aritmeetilise keskmisena.

#### Survetugevuse määramine

Määratakse paindekatsel saadud prismapoolikute survetugevus. Prismapoolik asetatakse 25-cm<sup>2</sup>-se pinnaga tugiklotside vahele ja koormatakse kiirusega 500 kG sekundis. Määratakse purustav jõud  $P_s$  ja arvutatakse survetugevus:

$$R_s = \frac{P_s}{F}.$$



Joonis 6.

Tsemendi survetugevus määratakse kuuest proovist nelja suurema survetugevuse aritmeetilise keskmisena.

Tsemendi margi määramiseks võrreldakse tugevusnäitajaid GOST 10178-62 nõuetega.

## T ö ö nr. 5

### Betooni täitematerjalide proovimine

#### A. Liiva proovimine

##### I. Tööplaan

1. Mahukaal
2. Terastikuline koostis
3. Savi ja tolmu sisaldus
4. Huumusesisaldus

##### II. Proovimise meetodika

Aluseks on GOST 8735-58.

##### 1. Liiva mahukaal puisteolekus

Liiva mahukaal sõltub tema tihendatuse astmest. Standardse puistemahukaalu määramiseks võetakse 5-mm-se avaga sõela läbinud liiva keskmine proov. Liiv puistatakse 10 cm kõrguselt üheliitrise mahuga nõusse kuni kuhiku moodustumiseni nõu peal. Kuhik kõrvaldatakse metalljoonlauaga. Järgnevalt kaalutakse nõu koos liivaga täpsusega  $\pm 1$  g.

Proovi mahukaal:

$$m = \frac{G_1 - G_2}{V},$$

kus  $G_1$  - nõu kaal koos liivaga,

$G_2$  - nõu kaal,

$V$  - nõu maht.

Liiva mahukaal määratakse kolme katsetulemuse aritmeetilise keskmisena täpsusega  $10 \text{ kg/m}^3$ .

## 2. Liiva terastikuline koostis

### a) Sõelanalüüs

Sõelanalüüsiks kaalutakse kuivatatud keskmisest liiva-proovist 1000 g. Proov sõelutakse sõeltega, mille avad on 5,0; 2,5; 1,2; 0,6; 0,3 ja 0,14 mm. Enne sõelumise lõpetamist raputatakse iga sõela koos sellel oleva liivaga valge paberilehe kohal. Sõelumise võib lugeda lõpetatuks, kui ei märgata olulist liiva pudenemist läbi sõela.

Igale sõelale jäänud liiva osa kaalutakse ( $G_1$ ) ja arvutatakse jääk sõelal:

$$a_1 = \frac{G_1}{G} \cdot 100 [\%],$$

kus  $G$  - liiva kogukaal (1000 g).

Kogujääk sõelal  $A_1 = a_5 + a_{2,5} + \dots + a_1$ , s. o. antud sõelale ja sellest suurema-avalistele sõeltele jäänud jääkide summa.

### b) Sõelkõver

Liiva sõelumise tulemuste ülevaatlikumaks kujutamiseks koostatakse graafik, mille horisontaalteljele märgitakse sõelte aukude mõõtmed ja vertikaalteljele sõelu läbinud liiva kogujääk protsentides. Samale graafikule märgitakse viirutatud ribad, mis näitavad betooni või mördi valmistamiseks optimaalse koostisega liiva sõelkõvera piirkonda (vt. EN 67-59, lisa 2).

### c) Jämedusmoodul

Jämedusmoodul iseloomustab liiva terastikulist koostist ühe arvuga. See arvutatakse 5-mm-ste avadega sõela läbinud liiva kogujääkide järgi:

$$M = \frac{A_{2,5} + A_{1,2} + A_{0,6} + A_{0,3} + A_{0,14}}{100},$$

kus  $A_{2,5} \dots A_{0,14}$  on kogujäägid sõeltel avamõõtmega 2,5...0,14 mm.

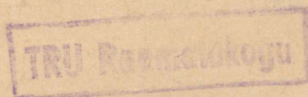
### 3. Savi ja tolmu sisaldus

Savi ja tolmu sisaldust määratakse uhtmiskatsega. Võetakse kuivatatud ja 5-mm-se sõela läbinud liiva 1000 g. Liiv paigutatakse nõusse ja valatakse veega üle nii, et veekihi kõrgus liival oleks umbes 20 cm. Kui proov on 2 tundi seisnud, segatakse seda energiliselt. Kaks minutit pärast segamise lõpetamist eemaldatakse ettevaatlikult sogane vesi ja asendatakse värskega. Liiva pesemist korratakse, kuni vesi liiva peal jääb puhtaks ja selgeks. Siis valatakse vesi ära, liiv kuivatatakse temperatuuril kuni 110 °C ja kaalutakse. Proovi alg- ja lõppkaalude ( $G_1$  ja  $G_2$ ) vahe järgi määratakse savi ja tolmu sisaldus:

$$ST = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100 [\%].$$

### 4. Huumusesisaldus

Huumusesisaldus määratakse kolorimeetrilise analüüsiga. 250-ml-ne mensuur täidetakse 130 ml kriipsuni liivaga ja järgnevalt kuni 200 ml kriipsuni 3%-lise sööbenaatriumilahusega (erikaal 1,034). Pärast energilist segamist lastakse proovil seista 24 tundi. Liiva orgaanilise aine sisaldust iseloomustab proovi peal oleva vedeliku värvus. Betooni või mördi valmistamiseks sobival liival peab see olema heledam etalooni värvusest (helekollane).



## B. Killustiku proovimine

### I. Tööplaan

1. Mahukaal
2. Erikaal
3. Killustiku tühiklikkus
4. Plaatjate ja nõeljate terade sisaldus

### II. Proovimise meetodika

Aluseks on GOST 8269-56.

#### 1. Killustiku puistemahukaal

Killustiku mahukaal määratakse silindrilise nõuga, mille maht on killustiku terajämedusel kuni 10 mm - 10 liitrit, terajämedusel kuni 25 mm - 20 liitrit ja terajämedusel kuni 40 mm - 50 liitrit. Killustik puistatakse nõusse 10 cm kõrguselt kuni kuhiku moodustumiseni. Proovi pealispind tasandatakse, vältides tihendamist, ja proov kaalutakse. Killustiku mahukaal:

$$m_k = \frac{G_1 - G_2}{V},$$

kus  $G_1$  - nõu ja killustiku kaal,

$G_2$  - nõu kaal,

$V$  - nõu maht.

Mahukaal määratakse kolme katsetulemuse aritmeetilise keskmisena täpsusega  $10 \text{ kg/m}^3$ .

#### 2. Killustiku erikaal

Erikaaluks nimetatakse proovi tühemeteta mahuühiku kaalu. Killustiku tühemeteta mahu määramiseks asetatakse kuivatatud ja kaalutud proov (1000 g) umbes poole mahuni veega täidetud 1-liitrisse mõõteklaasi. Proovi maht võrdub väljatõrjutud vee mahuga.

Erikaal

$$e_k = \frac{G}{V_2 - V_1},$$

kus G - kuivatatud proovi kaal,

$V_1$  - vee maht mõõteklaasis,

$V_2$  - vee ja killustiku maht.

### 3. Killustiku tühiklikkus

Killustiku tühemete määr arvutatakse valemiga:

$$P_k = \left(1 - \frac{m_k}{e_k}\right) \cdot 100 [\%].$$

### 4. Plaatjate ja nõeljate terade sisaldus

Plaatjaks või nõeljaks nimetatakse killustiku teri, mille paksus või laius on üle kolme korra väiksem pikkusest. Nende hulk määratakse terade ükshaavalise vaatlusega.

Plaatjate ja nõeljate terade sisaldus avaldatakse täpsusega 1%:

$$PN = \frac{G_1}{G_1 + G_2} \cdot 100 [\%],$$

kus  $G_1$  - plaatjate ja nõeljate terade kaal,

$G_2$  - normaalsete, s. t. ülejäänud terade kaal.

T ö ö nr. 6

## Betoonisegu koostamine ja proovimine

### I. Tööplaen

1. Betoonisegu koostamine (arvutamine)
2. Proovisegude valmistamine
3. Proovikehade valmistamine
4. Betooni survetugevus
5. Betooni seguvahekorra täpsustamine

### II. Töö meetoodika

Aluseks on GOST 6901-54 ja EN 67-59.

Betooni koostise määramisel on lähteandmeiks betooni

mark, betoonisegu paigaldatavus (plastilisus), kasutatava tsemendi mark ja täitematerjalide kvaliteet.

### 1. Betooni koostise arvutamine

Arvutatakse vee ja tsemendi suhe betoonisegus olenevalt betooni margist ( $R_b$ ) ja tsemendi margist ( $R_{ts}$ ):

$$\frac{T_s}{V} = \frac{R_b}{0,8 R_{ts}} + 0,7,$$

kus  $\frac{T_s}{V}$  - tsemendi ja vee kaaluline suhe.

Betoonisegu veevajadus, olenevana nõutud plastilisusest ja täitematerjali terajämedusest, leitakse tabelist:

Betoonisegu plastilisus, määratuna		Ligikaudne veevajadus 1 m <sup>3</sup> betoonisegu valmistamiseks (liitrites) killustiku maks. jämedusel mm		
koonusega cm	viskosimeetriga s	10	20	40
3...6	-	220	200	185
0,5...2	-	200	180	170
-	30...40	170	165	160
-	50...70	165	160	155
-	70...90	160	155	150

Märkus: Kruusbetoonide veevajadus on keskmiselt 8% väiksem kui killustikbetoonil.

Veevajaduse ja tsemendi-vee suhte abil leitakse vajalik tsemendikulu 1 m<sup>3</sup> betoonisegu valmistamiseks.

Jämeda täitematerjali (killustiku või kruusa) kulu kg/m<sup>3</sup>:

$$K = \frac{1000 \cdot e_k}{1 + \dot{U} \left( \frac{e_k}{m_k} - 1 \right)},$$

kus  $e_k$  - killustiku või kruusa erikaal  $g/cm^3$ ,

$m_k$  - killustiku või kruusa mahukaal  $g/cm^3$ ,

Ü - mördi liitatur, mis plastilistel betoonisegudel võetakse 1,3...1,5 ja jäikadel segudel 1,05...1,2.

Liiva kulu  $kg/m^3$ :

$$L = \left[ 1000 - \left( \frac{T_s}{e_{ts}} + \frac{K}{e_k} + V \right) \right] e_1,$$

kus  $T_s$ ,  $K$  ja  $V$  - tsemendi, jämeda täitematerjali ja vee kulu  $kg/m^3$ ,

$e_{ts}$ ,  $e_k$  ja  $e_1$  - tsemendi, jämeda täitematerjali ja liiva erikaalud  $g/cm^3$ .

Koostatakse 3 erinevat segu: 1) arvutatud vee-tsemendi suhtega, 2) arvutatud  $V/T_s$ -st 0,10 võrra väiksemaga ja 3) arvutatud  $V/T_s$ -st 0,10 võrra suuremaga.

## 2. Proovisegude valmistamine

Valmistatakse 3 erineva seguvahekorraga betoonisegu koguses à 6 liitrit. Et eelnevalt avaldati materjali kulu  $1 m^3$  betooni valmistamiseks, teostatakse kulu ümberarvutus.

Betooni segatakse 5 minutit.

Valmistatud betoonisegu töödeldavust (plastilisust) kontrollitakse koonuse vajumisega või viskosimeetriga.

Plastilise segu töödeldavust kontrollitakse standardkoonuse vajumise määramisega. Selleks täidetakse kooniline vorm kolmes kihis betooniga, iga kihti 25 sorkega tihendades. Peale vormi ülestõstmist mõdetakse betoonkoonuse vajumine sentimeetrites, mis ongi segu töödeldavuse näitajaks.

Kui betoonisegu osutub nõutust jäigemaks, tuleb suurendada tsemenditaigna hulka 3...5% võrra. Kui betoonisegu osutub nõutust plastilisemaks, tuleb suurendada täitematerjali kogust 3...5% võrra. Selliselt määratakse proovisegude lõplikud seguvahekorrad.

### 3. Proovikehade valmistamine

Igast betoonisegust valmistatakse 3 proovikuupi. Kuubi servapikkus valitakse olenevalt betooni jämeda täitematerjali suurimast mõõtmest. Kasutatakse kuupe servapikkusega 100x100x100 mm, kui täitematerjali jämedus on kuni 30 mm, 150x150x150 mm täitematerjali jämedusel kuni 40 mm ja 200x200x200 mm täitematerjali jämedusel kuni 60 mm.

Vormi sisepinnad õlitatakse.

Betoonisegu tihendatakse vormis vibreerimisega või vardaga sorkides. Enne vibreerimist täidetakse vorm kuhjaga. Vibreerimine lõpetatakse pärast betooni vajumise lõppemist vormis ja tsemendipiima pinnale ilmumist. Sorkimisega tihendades täidetakse vorm kahes kihis. Sorgitakse mööda spiraaljoont suunaga äärelt keskele. Iga kihti sorgitakse kuubil 100x100x100 mm 12 korda, kuubil 150x150x150 mm 25 korda ja kuubil 200x200x200 mm 50 korda. Pärast tihendamise lõpetamist tasandatakse proovikehade pealispind. Proovikehad kaetakse niiske riidega.

Kuubid vabastatakse vormist 2 päeva möödumisel ja hoitakse tugevuskatseni niiskes õhus (niiskusesisaldusega 90%) temperatuuril 15...20 °C.

### 4. Betooni survetugevus

Betooni survetugevus määratakse 3 kuubi survetugevuse aritmeetilise keskmisena täpsusega 1 kg/cm<sup>2</sup>. Kui nõrgema kuubi tugevus on üle 20% väiksem järgmise kuubi näitajast, siis määratakse betooni survetugevus 2 suurema tugevusega kuubi näitajate keskmisena.

Betooni mark määratakse 200-mm-se servapikkusega kuupide survetugevusena pärast nende kivistumist 28 päeva. Kui betooni tugevus on määratud väiksema kuubiga, siis margi avaldamiseks kasutatakse parandustegureid: kuubil servapikkusega 100 mm...0,85, kuubil servapikkusega 150 mm...0,90.

Kui betooni tugevus on määratud 7 päeva või n päeva kivistunud proovidel, tuleb tugevusnäitajad ümber arvutada 28 päeva vanuse betooni tugevusele:

$$R_{28} = R_n \frac{\lg 28}{\lg n} .$$

## 5. Betooni seguvahekorra täpsustamine

Kolme erineva vee-tsemendi suhtega valmistatud betoonide survetugevuste järgi valitakse nõutud margiga betooni valmistamiseks vajalik vee-tsemendi suhe. Selleks koostatakse graafik, mis näitab  $R_b$  ja  $V/Ts$  vahelist seost.

Eelkasutatud viisil avaldatakse valitud vee-tsemendi suhtele vastav betooni koostis.

T ö ö nr. 7

### Bituumeni proovimine

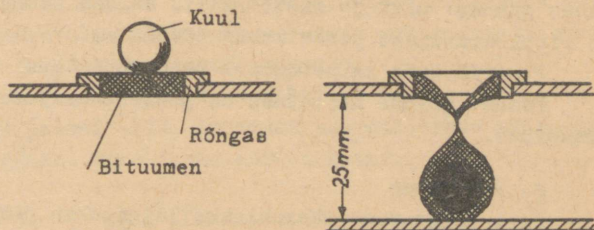
#### I. Tööplaan

Bituumeni pehmenemistemperatuuri mõõtmine.

#### II. Proovimise meetodika

Aluseks on GOST 2678-53.

Pehmenemistemperatuuri mõõdetakse "rõnga ja kuuli" seadmega. Proovitav bituumen pannakse seadme rõngasse ( $\phi = 16$  mm,



Joonis 7.

$h = 6,2$  mm). Bituumeni pinnale asetatakse metallist kuul ( $\phi 10$  mm). Seade koos termomeetriga paigutatakse klaasnõusse, mis täidetakse veega või (kui pehmenemistemperatuur on üle  $80$  °C) glütseriiniga. Nõu kuumutatakse nii, et vedeliku temperatuuri tõus oleks  $5$  °C minutis. Bituumeni pehmenedes surub kuul proovikeha rõngast läbi allapoole. Bituumeni pehmenemistemperatuuriks loetakse temperatuuri, mil proov on vajunud rõngast  $25$  mm allpool oleva plaadini.

Pehmenemistemperatuuri alusel hinnatakse bituumeni marki ja selle sobivust hüdroisolatsioon- ja katusekatte- materjalide valmistamiseks.

## T ö ö nr. 8

### Katuse- ja hüdroisolatsioonipappide proovimine

#### I. Tööplaan

Proovitakse ruberoidi, pergamiini või tõrvapappi.

1. Tõmbetugevus
2. Painduvus
3. Veetihedus

#### II. Proovimise meetodika

Aluseks on GOST 2678-53.

Proovikehad lõigatakse kanga servast vähemalt 5 cm kauguselt. Katsed tehakse temperatuuril  $+18 \pm 2$  °C.

##### 1. Tõmbetugevus

Bituminoosete rullmaterjalide tõmbetugevus määratakse kahes suunas: piki ja risti rulli. Nendes suundades lõigatakse ristkülikulised proovikehad 50x220 mm.

Proovikehade katsetamisel peab tööpikkus olema 18 cm.

Tõmbetugevuse näitajaks on proovikeha purustav jõud kilogrammides.

##### 2. Painduvus

Papi painduvuse määramiseks lõigatakse piki kangast proovid mõõtmetega 20x60 mm.

Proovid painutatakse ettevaatlikult ümber varda poolringi ulatuses. Varda läbimõõt peab olema: pergamiini proovimisel 10 mm, ruberoidil 20 mm, tõrvapapil 30 mm.

Papp on kvaliteetne, kui painutatud proovi pinnale ei teki pragusid.

### 3. Veetihedus

Veetiheduse määramiseks lõigatakse proovitavast kangast välja ruut 30x30 cm, millest ettevaatlikult painutatakse karp põhja mõõtmetega 10x10 cm, kõrgusega 10 cm.

Karp asetatakse lakmuspaberiga kaetud klaasplaadile ja täidetakse happelise veega kõrguseni 5 cm.

Veetiheduse näitajaks on aeg vee valamisest selleni, mil lakmus proovi all muudab oma värvust.

T ö ö nr. 9

#### Puidu proovimine

##### I. Tööplaan

1. Survetugevus piki kiudu
2. Hilispuidu protsent
3. Niiskusesisaldus

##### II. Proovimise meetodika

Aluseks on GOST 6336-52 ja GOST 3821-47.

##### 1. Survetugevus piki kiudu

Survetugevus määratakse kasvuvigadeta prismalise proovikehaga 20x20x30 mm. Puidu niiskusesisalduse ja tugevuse seose hindamiseks määratakse survetugevus kolme prooviga: kuivatatud, õhukuiva ja vees immutatud prooviga.

Pärast proovikeha ristlõike mõõtmist täpsusega 0,1 mm asetatakse see pressi alla. Koormust suurendatakse kiirusega 4000 ( $\pm 25\%$ ) kg/min. Proovikeha survetugevus:

$$R_W = \frac{P}{F} .$$

Et niiskusesisaldus mõjutab puidu tugevust, arvutatakse juhusliku niiskusesisaldusega puidu survetugevuse  $R_W$  järgi 15%-lise niiskusega puidu survetugevus:

$$R_{15} = R_W [1 + \alpha (W - 15)] ,$$

kus  $\alpha$  - tegur, mis männil, lehisel ja kasel võrdub 0,05; kuusel ja tammel  $\alpha = 0,04$ .

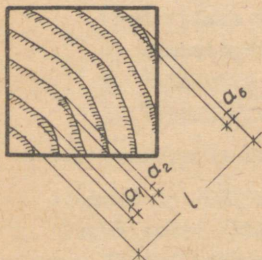
W - proovi niiskusesisaldus protsentides.

## 2. Hilispuidu protsent

Proovikeha otsapinnale tõmmatakse aastarõngaste raadiuse suunas joon, millel tähistatakse umbes 20 mm pikkune lõik (täisarv aastarõngaid). Eraldatud lõigul mõõdetakse mõõte- mikroskoobiga ja summeeritakse aastarõngaste hilispuidu (tu- medamate) kihtide paksused ( $a_1 + a_2 + \dots + a_n$ ) täpsusega 0,1 mm.

Hilispuidu protsent

$$m = \frac{\sum a_i}{l} \cdot 100 [\%],$$



kus  $\sum a_i = a_1 + a_2 + \dots + a_n$ ,

l - mõõdetava lõigu pikkus.

Puidu survetugevuse võib ligi- kaudselt määrata olenevalt hilispuidu protsendist. Männipuidul:

$$R_{15} = 6,0 m + 300 [\text{kg/cm}^2].$$

Joonis 8.

## 3. Niiskusesisaldus

Survekatsel purustatud proovikeha tükeldatakse tikkudeks ja asetatakse plekist topsi. Tops koos tikkudega paigutatakse pärast kaalumist kuivatuskappi, kus proov kuivatatakse temperatuuril 100...105 °C püsiva kaaluni. Proovi võtmisel kuiva- tuskapist tuleb tops kohe kaanega katta. Esimest korda kont- rollitakse proovi kaalu 6-10 tunni möödumisel, hiljem iga 2 tunni järel. Kuivatamine lõpetatakse, kui kaks järjestikku kaalumist on sama resultaadiga.

Proovi niiskusesisaldus:

$$W = \frac{G_1 - G_2}{G_2 - G} \cdot 100 [\%],$$

kus G - topsi kaal,

$G_1$  - topsi ja niiske puidu kaal,

$G_2$  - topsi ja kuiva puidu kaal.

LABORATOORSETE TÖÖDE VORMISTAMISE JUHEND

T ö ö nr. 1

Kivimaterjalide mahukaal

1. Korrapärase kujuga proovikeha mahukaal

Proovi nr.	Materjal	Mõõtmed cm			Ruumala $V_0$ $\text{cm}^3$	Kaal g	Mahukaal $\text{kg/m}^3$
		a	b	h			

Hinnang: .....

2. Korräparatu kujuga proovikeha mahukaal

Proovi nr.	Materjal	Proovi kaal g	Proovi ja parafiini kaal g	Parafiini maht $\text{cm}^3$	Parafiini- tud proovi maht $\text{cm}^3$	Proovi- keha ruumala $V_0$ $\text{cm}^3$	Mahu- kaal $\text{kg/m}^3$

Parafiini erikaal  $e_p = \dots\dots\dots \text{g/cm}^3$

Hinnang: .....

Töö teostas:

Kuupäev:

Tellise proovimine

## 1. Survetugevus

Proovi nr.	Mõõtmed cm		F cm <sup>2</sup>	Mano- meetri lugem	P kG	Survetugevus		
	a	b				kG/cm <sup>2</sup>		MN/m <sup>2</sup>
						üksik	keskm.	keskm.
1								
2								
3								
4								
5								

Märkus:  $1 \text{ kG/cm}^2 = 0,098 \text{ MN/m}^2$ 

## 2. Paindetugevus

Proovi nr.	Mõõtmed cm		Tugede vahe l cm	P kG	Paindetugevus		
	b	h			kG/cm <sup>2</sup>		MN/m <sup>2</sup>
					üksik	keskm.	keskm.
1							
2							
3							
4							
5							

Hinnang: tellise mark on .....

Töö teostas:

Kuupäev:

Keraamiliste drenaažitorude proovimine

Torude liik ja mõõtmed: .....

## 1. Toru purustav koormus

Purustav koormus kG proovil nr.					Keskmine	
1	2	3	4	5	kG	N
935	1031	910	-	-	1133,3	11337,8

Märkus: 1 kG = 9,81 N

Tehnilised tingimused: .....

Hinnang: .....

## 2. Veeimavus

Proovi nr.	Toru kaal g		Veeimavus %	
	kuivalt	märjalt	üksik	keskm.
1	871	917	9,5	6,57
2	822	836	12,34	
3	641	910	10,76	

Tehnilised tingimused: ..... 2-8/10

Hinnang: ..... 100%

Töö teostas:

Kuupäev: 12.03

Tsemendi proovimine

## 1. Tsemenditaigna normaalkonsistents

Katse nr.	Tsemendi kaal g	Vee hulk		Silindrike jäi peatuma proovi põhjast mm
		g	%	

Normaalkonsistentsiga taigna veesisaldus on ..... %.

## 2. Tsemendi tardumise algus

Katsetulemused: .....

Tehnilised tingimused: .....

Hinnang: .....

## 3. Mahumuutuse ühtlus

Katsetulemused: .....

Hinnang: .....

## 4. Tsemendi mark

a) Mördi normaalkonsistents

Katse nr.	Tsement g	Liiv g	Vesi		Koonuse läbimõõt pärast raputamist mm
			g	%	

Normaalkonsistentsiga mördi veesisaldus on ..... %.

b) Tugevuskatsed

Proovi vanus Tugevuse liik	7 päeva				28 päeva				Märkused
	P kG	R		MN/m <sup>2</sup> keskm.	P kG	R		MN/m <sup>2</sup> keskm.	
		kG/cm <sup>2</sup>				kG/cm <sup>2</sup>			
		üksik	keskm.			üksik	keskm.		
Painde- tugevus									
Surve- tugevus									

Hinnang: tsemendi mark on .....

Töö teostas:

Kuupäev:

Betooni täitematerjalide proovimineA. Liiva proovimine

## 1. Puistemahukaal

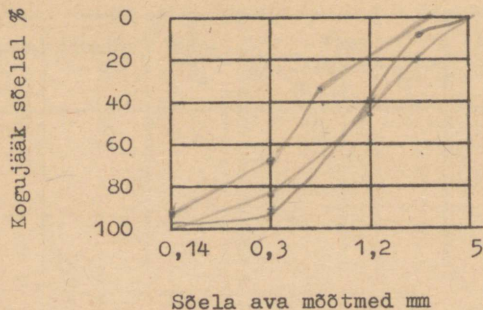
Katse nr.	Nõu maht l	Nõu kaal g	Nõu ja liiva kaal g	Liiva kaal g	Mahukaal kg/m <sup>3</sup>	
					üksik	keskmine
1			270			
2			270			
3			270			1670

## 2. Terastikuline koostis

## a) Sõelanalüüs

Sõela ava mm	Jääk sõelal		Kogujääk sõelal %
	g	%	
5,0			
2,5			
1,2			
0,6			
0,3			
0,14			
0,14			

## b) Sõelkõver



c) Jämedusmoodul

M = .....

Hinnang: .....

3. Savi ja tolmu sisaldus

Liiva kaal enne pesemist  $G_1 = \dots\dots\dots$  g

Liiva kaal pärast pesemist  $G_2 = \dots\dots\dots$  g

Savi ja tolmu sisaldus: .....

Tehnilised tingimused: .....

Hinnang: .....

4. Huumusesisaldus

Katsetulemused: .....

Tehnilised tingimused: .....

Hinnang: .....

5. Otsus liiva sobivuse kohta betooni või mördi valmistamiseks: .....

B. Killustiku proovimine

1. Puistemahukaal

Katse nr.	Nõu maht l	Nõu kaal kg	Nõu ja killustiku kaal kg	Killustiku kaal kg	Mahukaal $\text{kg/m}^3$	
					üksik	keskmine
1						
2						
3						

2. Erikaal

Katse nr.	Proovi kaal g	Vee maht mõõteklaasis $V_1$ cm <sup>3</sup>	Vee ja killustiku maht $V_2$ cm <sup>3</sup>	Killustiku maht cm <sup>3</sup>	Erikaal g/cm <sup>3</sup>	
					üksik	keskmine
1	1000	500	820	390	2,63	
2	—	—	890	—	—	2,63
3	—	—	890	—	—	

3. Killustiku tühiklikkus  $p_k = \overset{47,1}{\dots\dots\dots} \%$

4. Plaatjate ja nõeljate terade hulk

Katse nr.	Pl. ja nõelj. terade hulk $G_1$ g	Normaalsete terade hulk $G_2$ g	Pl. ja nõelj. terade hulk %	
			üksik	keskmine
1	70	70	50	
2	63	68	68,1	50,1
3	78	71	52,3	

Tehnilised tingimused: .....

Hinnang: .....

Töö teostas:

Kuupäev: 26.03

Betoonisegu koostamine ja proovimine

1. Ülesanne: koostada betoonisegu, millel:

a) betooni mark on .....

b) betoonisegu töödeldavus  $s = \dots\dots\dots$  cm $t = \dots\dots\dots$  s

c) betoonisegu tihendamise viis: .....

2. Andmed kasutatavate materjalide kohta

a) Tsement: .....

tsemendi mark  $R_{ts} = \dots\dots\dots$ tsemendi erikaal  $e_{ts} = \dots\dots\dots$  g/cm<sup>3</sup>

b) Peen täitematerjal: .....

mahukaal  $m_1 = \dots\dots\dots$  kg/m<sup>3</sup>erikaal  $e_1 = \dots\dots\dots$  g/cm<sup>3</sup>jämedusmoodul  $M = \dots\dots\dots$ 

orgaanilise aine sisaldus .....

c) Jäme täitematerjal: .....

mahukaal  $m_k = \dots\dots\dots$  kg/m<sup>3</sup>erikaal  $e_k = \dots\dots\dots$  g/cm<sup>3</sup>tera suurim mõõde  $d_{max} = \dots\dots\dots$  mm

### 3. Betooni koostise arvutamine

Segu nr.	$\frac{V}{T_s}$	Materjali kulu 1 m <sup>3</sup> betooni valmistamiseks kg				Materjali kulu proovisegu (6 l) valmistamiseks kg			
		tsement	liiv	kil-lustik v. kruus <sup>x</sup>	vesi	tsement	liiv	kil-lustik v. kruus <sup>x</sup>	vesi
1									
2									
3									

<sup>x</sup>mittevajalik läbi kriipsutada

4. Betoonisegu nr. .... töödeldavus:

s = ..... cm,

t = ..... s

Segu töödeldavuse parandamiseks lisatud materjal: .....

.....

Parandatud koostisega betoonisegu töödeldavus

s = ..... cm,

t = ..... s

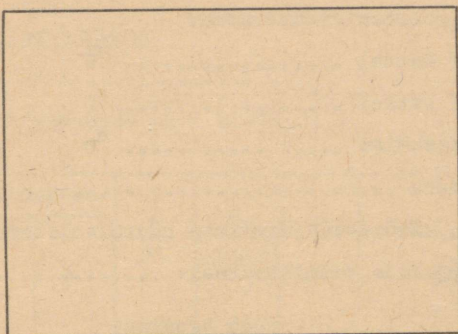
5. Betooni survetugevus

Betooni kivistumise aeg: ..... päeva.

Segu nr.	Kuubi nr.	Kuubi mõõt-med cm		F cm <sup>2</sup>	P kG	R			Betooni mark	Märkusi
		a	b			kG/cm <sup>2</sup>		MN/m <sup>2</sup>		
						üksik	keskm.			
1	1 2 3									
2	1 2 3									
3	1 2 3									

6. Betooni tugevuse ja veesisalduse seos

Betooni mark



Vee-tsemendi suhe

7. Betoonisegu lõplik koostis

Materjalide kulu 1 m<sup>3</sup> betooni valmistamiseks:

tsement .....	kg
peen täitematerjal .....	kg
jäme täitematerjal .....	kg
vesi .....	kg

Töö teostas:

Kuupäev:

Bituumeni proovimine

Bituumeni pehmenemistemperatuur

I katsel ..... °C  
 II katsel ..... °C  
 keskmine ..... °C

Bituumeni mark .....

Bituumen on kasutatav järgmiste hüdroisolatsioon- ja katusekattematerjalide valmistamisel: .....

Töö teostas:

Kuupäev:

Katuse- ja hüdroisolatsioonipappide proovimine

Papi liik: ..... P 11-250

1. Tõmbetugevus:

Piki rulli					Risti rulli				
I kG	II kG	III kG	keskm.		I kG	II kG	III kG	keskm.	
			kG	N				kG	N
21	165	175	183	179,3					

Hinnang: ..... P 11-250

2. Painduvus: ..... *teatud väik. pöörd.*

3. Veetihedus: ..... *> 7 pöörd*

Hinnang: ..... *pappide vahel*

Töö teostas:

Kuupäev: 21. IV

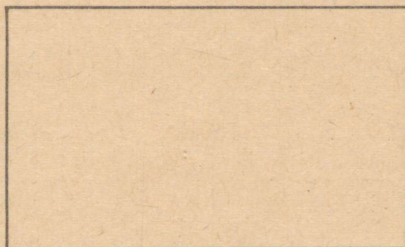
Puidu proovimine

Puidu liik .....

## 1. Survetugevus piki kiudu

Proovi nr.	Mõõtmised cm		P kG	$R_W$ kG/cm <sup>2</sup>	W%	m %	$R_{15}$ kG/cm <sup>2</sup>		$R_{15}$ MN/m <sup>2</sup>
	a	b					Survetugevus	Hilispuudu %-i järgi	

## 2. Puidu survetugevuse ja niiskusesisalduse seos

Survetugevus  
kG/cm<sup>2</sup>

Puidu niiskus %-des

## 3. Hilispuudu protsent

Proovi nr.	l mm	Hilispuudu paksus mm						$\sum a_i$	m %
		$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	.....	$a_n$		

4. Niiskusesisaldus

Proovi nr.	Topsi nr.	Topsi kaal G	Topsi ja niiske puidu kaal G <sub>1</sub>	Topsi ja kuiva puidu kaal G <sub>2</sub>			W %
				I	II	III kaalumi- ne	

5. Järeldused: .....

Katse teostas:

Kuupäev:



Hind 6 kop.

A280

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00446381 8