

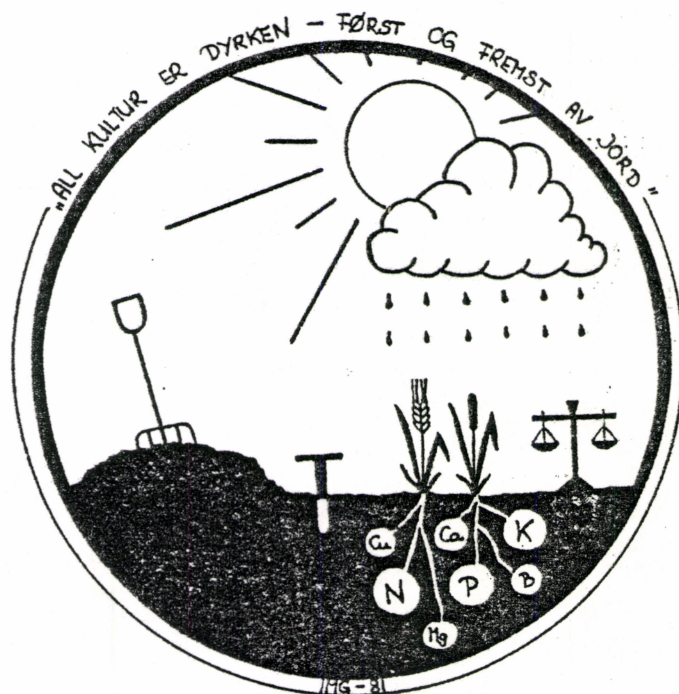
INSTITUTT FOR JORDKULTUR  
NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE  
1432 ÅS-NLH

---

JK 4. FELT- OG LABORATORIEØVELSER

AV

ARNOR NJØS    MARKUS MARTI    TROND BØRRESEN



DEPARTMENT OF SOIL FERTILITY AND MANAGEMENT  
AGRICULTURAL UNIVERSITY OF NORWAY  
N-1432 ÅS-NLH, NORWAY

## Innhold

- Øvelse nr. 1 Visuell bedømmelse av jordstruktur
- 2 Skjærfasthet - vingebor
- 3 Trykkfasthet - penetrometer
- 4 Relieffmeter
- 5 Uttak av sylinderprøver
- 6 Sylindermethoden: porevolum, jordtetthet m.m.
- 7 Profilramme - Høydemetoden: porevolum, jordtetthet m.m
- 8 Materialtetthet - tetthet for jordpartikler
- 9 Aggregatstørrelsesfordeling
- 10 Aggregatstabilitet etter regnmetoden
- 11 Konsistens for jord
- 12 Porestørrelsesfordeling (pF)
- 13 Luftinnhold - luftpyknometer
- 14 Vannledningsevne med fallende gradient
- 15 " " konstant "
- 16 Infiltrasjon - Dobbellinginfiltrometer

Institutt for jordkultur  
Boks 28

1432 ÅS-NLH

FELTØVELSER : JORDFYSIKK OG JORDBEHANDLING

ØVELSE 1 : Visuell bedømmelse av jordstruktur

Utstyr: Spade.

Framgangsmåte:

1. Grav opp et lite hull. Ta ut en jordblokk med spaden. Jordblokken kan være 10 cm tykk. Bruk en liten gaffel eller fingrene til å løsne jorda.
2. Bedømmelses-trekk.
  - a. Størrelse av aggregater.  
Topp-poeng. Halvparten av aggregatene eller mer i størrelsesområdet 0,5 - 5 mm.
  - b. Form av aggregater.  
Runde og porøse aggregater gir mest poeng. Prismatiske, eller skarpkantede og tette aggregater gir minst poeng.
  - c. Sammenheng innen aggregatene.  
Bedømmes ved å klemme aggregatene mellom fingrene ved "normale" fuktighetsforhold. Hvis det er nesten umulig å knuse aggregatene, eller svært lett å knuse dem, gis det få poeng. Middels sterk sammenheng gir mest poeng. Med middels menes ca. 1/3 av svært sterk sammenheng.
  - d. Porøsitet.  
Grove og åpne sideflater gir mange poeng. Tette og glatte sideflater gir få poeng.
  - e. Porøsitet av hele jordblokken. Stort porevolum gir mange poeng.
  - f. Rotutvikling.  
Tett, regulær rotutvikling, gir mange poeng.
  - g. Dispergering gir få poeng. Åpen overflate gir mange poeng.
3. Skalaområde: St 1 - St 10  
St 10 indikerer ideell struktur for plantevekst.
4. Bedømmelsestid: Tidlig vår eller sen høst.

**Eksempler:** Leirjord eller leirholdig jord. Ploglag.

St = 1 Ploglaget består utelukkende av store klumper, med glatte og tette sideflater. Røtter bare i sprekker.

St = 3 Ploglaget består av store, tette aggregater. Glatte sprekker med noen få synlige porer. Røtter for det meste mellom aggregater.

St = 5 For det meste to lag i ploglaget, ett lag på 7-8 cm med små, forholdsvis porøse aggregater, og et lag under med tett struktur.

St = 7 Størsteparten av ploglaget består av porøse gryn. Enkelte tette klumper. Delvis en viss sammenheng mellom de porøse aggregatene.

St = 9 Hele ploglaget består av fine, porøse gryn. Svært få tette aggregater.

**Eksempler:** Sandjord. Ploglag.

St = 1 Enkelkorn-struktur. Ingen sammenheng mellom jordpartiklene.

St = 3 Svært liten sammenheng mellom partiklene, og derfor svært få aggregater. F.eks. Løst topplag over tett bunnlag.

St = 5 Moderat sammenheng mellom partiklene. Ofte 7-8 cm aggregert topplag over et tett underlag.

St = 7 Nesten hele ploglaget består av porøse aggregater og svært få tette aggregater.

**Oppgave:** Bedøm jordstruktur på tre steder etter nærmere anvisning.

**Litteratur :** Peerlkamp, P. K., 1958: A visual method of soil structure evaluation. Int. Symp. on soil structure, Gent, May 28-31, 1958.

revidert Ås-NLH, august 1981

M. Marti



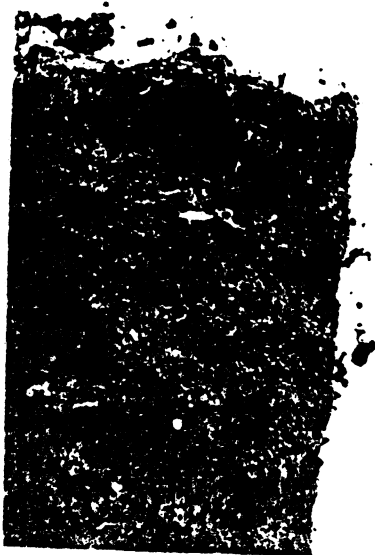
zeer goede structuur  
beoordeling 8 1/2



goede structuur  
beoordeling 7



tamelijk goede structuur  
beoordeling 6



matige structuur  
beoordeling 5



slechte structuur  
beoordeling 4



zeer slechte structuur  
beoordeling 2

**Figuur 2. Visuele structuurbeoordeling van de grond.**  
*Figure 2. Visual estimation of the soil structure.*



Institutt for jordkultur  
Boks 28  
1432 ÅS-NLH

FELTØVELSER : JORDFYSIKK OG JORDBEHANDLING

ØVELSE 2 : Skjærfasthet - vingebor

**Generelt:** In testing for shear strength, external forces are applied to the soil test specimen in such a way as to cause two adjoining parts of the specimen to slide relative to each other (see Fig. 34-1). The force developed within the soil, in opposition to sliding or shearing, is its shear resistance. The maximum shearing resistance developed in the soil is the shear strength of the soil.

The shear strength of soil is generally considered to be a function of cohesion between the soil particles and intergranular friction. This relationship can be represented as follows:

$$\text{Shear strength } (s) = c + fn \quad [1]$$

in which

$s$  = shear strength (force per unit area),

$c$  = cohesion, or shear strength when normal stress ( $n$ ) is zero, (force per unit area),

$f$  = coefficient of friction between the soil particles (dimensionless), and

$n$  = stress normal to the shear surface (force per unit area).

The shear strength of the soil can be measured either in place (in the field) or in the laboratory. In-place measurements include vane-shear, plate-load, and penetration tests.

The vane-shear test (American Society for Testing and Materials, 1956) consists of pushing the vane (a rod with four equally spaced vertical blades on the lower end) into the soil and measuring the torque required to rotate it slowly. The soil between the blades tends to turn with the device; this soil shears from the surrounding soil on a cylindrical surface. The test is limited to soft materials into which the vane can be pushed.

**JOHN R. SALLBERG**

*U. S. Dept. of Commerce, Bureau of Public Roads  
Washington, D. C.*

**Utstyr:** Vingebor, momentnøkler, skjema, gummihammer, plastposser, ettketter, (vekt, tørkeskap).

**Oppgave:** Dreiemoment, 10 målinger for dybdene 0-10 cm og 10-20 cm på to steder etter nærmere anvisning. Fuktighetsprøver tas ut fra hver dybde og sted.

**Beregninger:** Høyeste og laveste verdi strykes. Beregninger se side 2-2,3 .

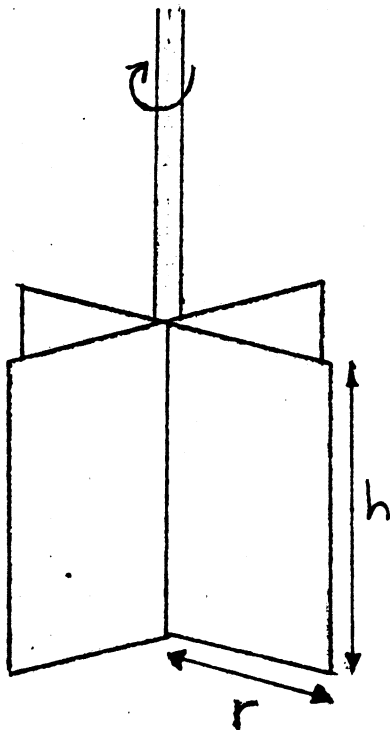
**Litteratur :** Black, C. A., ED., Methods of soil analysis P. 1-2. Madison, Wis. 1965 2b. ill. (Agronomy, 9).

# Skjær fasthet - beregninger

Max- dreiemoment = Skjær fasthet · flate · arm

$$M_{\max} = s \cdot F \cdot a$$

1. Vingebor med hele vinger



a) én endeplate

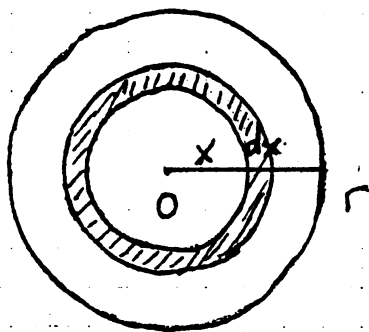
$$dM_{\text{endeplate}} = s \cdot \frac{2\pi x dx}{dF} \cdot \frac{x}{da}$$

$$\int_0^r dM_{\text{endeplate}} = s \cdot 2\pi \int_0^r x^2 dx = s \cdot 2\pi \left[ \frac{x^3}{3} \right]_0^r$$
$$= s \cdot \frac{2}{3} \pi r^3$$

$$M_{\text{vegg}} = s \cdot 2\pi h r^2$$

$$M_{\max} = s \cdot \left( \underset{\text{vegg}}{2\pi h r^2} + \underset{\text{endeplate}}{\frac{2}{3} \pi r^3} \right)$$

$$s = \frac{M}{2\pi h r^2 + \frac{2}{3} \pi r^3}$$



b) to endeplater

$$s = \frac{M}{2\pi h r^2 + \frac{4}{3} \pi r^3}$$

M : dreiemoment (kpcm)

h : vingehøyde (cm)

r : ringradius (cm)

s : skjær fasthet (kp/cm<sup>2</sup>)

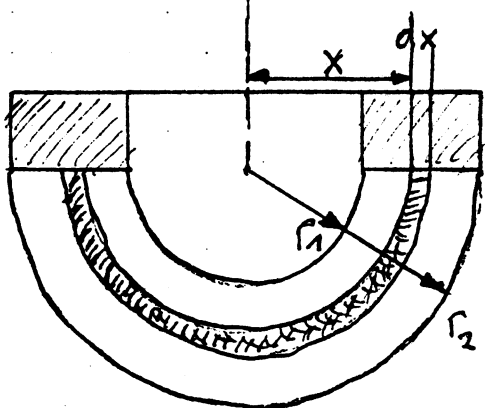
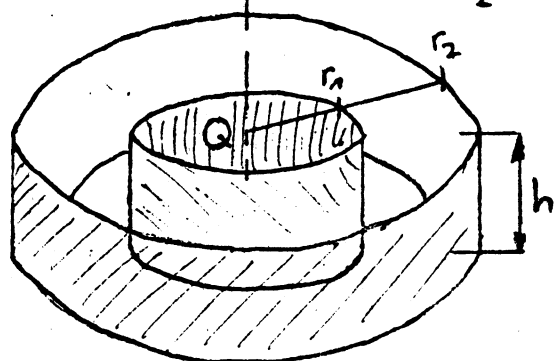
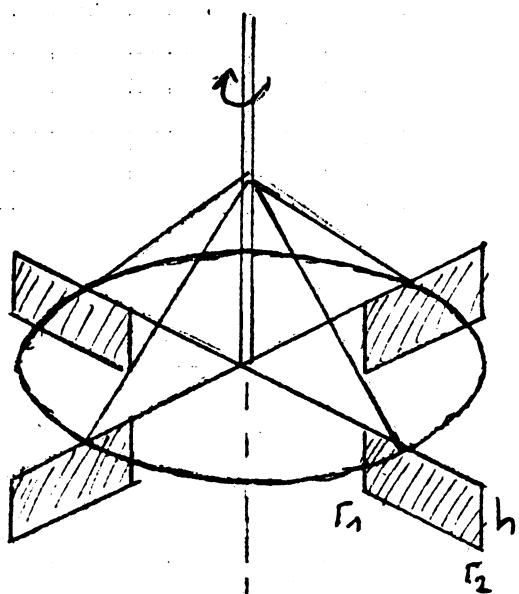
$$1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N} (= 9,81 \text{ mkg/s}^2)$$

$$1 \text{ Pa (pascal)} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ kp/cm}^2 = 98,1 \text{ kPa}$$



## 2. Vingebor med avkuttete vinger



a) Hvis den indre cylinderen  $Q$  står i ro:

$$dM_{\text{ringfl.}} = s \cdot \underbrace{2\pi x dx}_{dF} \cdot \underbrace{x}_{da}$$

$$\int_0^M dM_{\text{ringfl.}} = 2\pi s \int_{r_1}^{r_2} x^2 dx$$

$$= 2\pi s \left[ \frac{x^3}{3} \right]_{r_1}^{r_2} = \frac{2}{3} \pi s (r_2^3 - r_1^3)$$

$$M_{\text{max.}} = \underbrace{s \cdot 2\pi h (r_1^2 + r_2^2)}_{\text{vegger}} + \underbrace{s \cdot \frac{2}{3} \pi (r_2^3 - r_1^3)}_{\text{endeflate}}$$

$$S = \frac{M}{2\pi h (r_1^2 + r_2^2) + \frac{2}{3} \pi (r_2^3 - r_1^3)}$$

b) Hvis den indre cylinderen  $Q$  dreier seg rundt under målingen, beregnes skjærfastheten på samme måte som en hel sylinder med radius  $r_2$  og én endeflate (se 1a)

$M$ : dreiemoment (kpcm)

$s$ : skjærfasthet (kp/cm<sup>2</sup>)

$r_1$ : indre vingradius (cm)

$r_2$ : utre " (cm)

$h$ : vinghøyde (cm)

revidert

Ås-NLH, august 1981

H. Marti

Insitutt for jordkultur

Boks 28

1432 Ås-NLH

FELTØVELSER : JORDFYSIKK OG JORDBEHANDLING

ØVELSE 3 : Trykkfasthet - penetrometer

Generelt:

Any device forced into soil to measure its resistance to vertical penetration may be called a "penetrometer." In a static penetration test, the penetrometer is pushed steadily into the soil. In a dynamic penetration test, the penetrometer is driven into the soil by a hammer or falling weight.

The earliest soil penetrometers—fists, thumbs, fingernails, pointed sticks, or metal rods—are still used for qualitative measurements of relative density of cohesionless soils or consistency of cohesive soils. Results of such tests are commonly expressed by terms such as "loose" or "soft," "stiff" or "hard." Many varieties of penetrometers have been designed to give quantitative measurements of soil penetration resistance for a more precise correlation with soil physical properties such as tilth or crop yields, relative density, unconfined compressive strength or shear strength, bearing value or safe soil pressure; or for a better correlation with the rolling resistance or trafficability of wheels or crawler tracks on soil.

Although most penetrometers were developed for a particular use, each can be adapted to other uses. The test procedure and associated correlations and interpretations, however, generally will be different for each use. For example, the Proctor penetrometer and test procedure were developed for controlling field compaction of soils in embankments and other earth structures. The Proctor penetrometer can be used also in cultivated fields to predict the rolling resistance of tractor wheels, or to measure soil compaction or hardness caused by such wheels, but widely accepted test procedures covering these agricultural uses have not been developed.

The cone penetrometer was developed by the U. S. Army Corps of Engineers for predicting the carrying capacity of cohesive, fine-grained soils for army vehicles in off-road military operations. The trafficability of a soil depends on its bearing capacity and traction capacity, both being functions of the shear resistance or strength of the soil. The applied force required to press the cone penetrometer into a soil is an index of the shear resistance of the soil and is called the "cone index." Cone index capacity, or trafficability, is measured in terms of cone index. Cone index readings taken at depths up to 24 inches permit plotting of a "cone index curve," which, in addition to its significance in trafficability studies, gives quantitative information on soil compactness or density that can be correlated with other soil physical properties or with crop yields.

**DONALD T. DAVIDSON**

*Iowa State University  
Ames, Iowa*

## Bruksanvisning for penetrometer Eykelkamp 74 og beregninger:

PROBING APPARATUS EYKELKAMP 74.Instructions.

In the standard model, the apparatus consists of: 1 bronze measuring instrument (no.4) with hand grip (no.3); 1 manometer  $\varnothing$  100 mm with scale division of 0-50 kg. (no.1). Tools: Wrenches 18 x 19; 12 x 13; 7 x 9.

1 can reserve hydraulic oil. 6 cones. 1 probing rod for cone no.1. 1 probing rod for cone no. 2; 1 probing rod for cone nos. 3-6; 1 upper extension rod for cone nos. 1-6.

Carrying case measuring 56 x 25 x 16 cm. Total weight of this standard equipment is 9.5 kg. Cones are of the following diameters:

| Cone no. | Surface               | Diam.    | Replacement diam. |
|----------|-----------------------|----------|-------------------|
| 1        | 1 cm <sup>2</sup>     | 11.3 mm  | 10.95 mm          |
| 2        | 2 cm <sup>2</sup>     | 16 mm    | 15.6 mm           |
| 3        | 3 1/3 cm <sup>2</sup> | 20.6 mm  | 20.15 mm          |
| 4        | 5 cm <sup>2</sup>     | 25.25 mm | 24.75 mm          |
| 5        | 7 1/2 cm <sup>2</sup> | 30.9 mm  | 30.25 mm          |
| 6        | 10 cm <sup>2</sup>    | 35.75 mm | 35.0 mm           |

When cones have worn down to the replacement diameter, the surface shows a discrepancy of 2% from that required, and cones should be replaced.

METHOD OF OPERATION

Depending upon ground density, a cone having a chosen surface is fastened to the probing rod, which in turn is fastened to the manometer via a plunger. Determine necessity of pre-boring (see description of manual probing apparatus on pag 2). The apparatus must be pressed directly into the ground using a constant speed of about 2 cm per second, maintaining steady pressure on hand grip. Pressure along a certain distance (5 or 10 cm) is read from manometer and noted in kgf. Base surface of the cone must be continually noted, as the cone resistance must be reflected in  $N/cm^2$ . =  $\frac{(\text{manometer value})}{(\text{surface cone base})}$

EXAMPLE:

Manometer reading of 300 N with cone surface base of 5 cm<sup>2</sup> coincides with a cone value of  $\frac{300 N}{5 cm^2} = 60 N/cm^2 = 600 kPa$  (kilo pascal)

Oppgave: Ta 10 målinger for dybdene 0-10 cm og 10-20 cm på to steder etter nærmere anvisning.  
Treffes det på stein, tas målingen om igjen.  
Høyeste og laveste verdi strykes

Litteratur: Black, C. A. ED., Methods of soil analysis P. 1-2.  
Madison, Wis. 1965 2b. ill (Agronomy, 9)

As-NLH, august 1981

M. Marti

Institutt for jordkultur  
Boks 28

1432 Ås-NLH

FELTØVELSER : JORDFYSIKK OG JORDBEHANDLING

ØVELSE 4 : Relieffmeter

Generelt: Relieffmeteret brukes til måling av ujamnhet av grenseflater, for eksempel jordoverflaten og bunnen et redskap lager ved jordarbeiding. Samtidig kan arbeidsdybden av jordarbeidingsredskapet beregnes.

Utstyr: Relieffmeter, meterstav, skjema, ca. 2 m lang lekte.

Målinger: Legg lekten på tvers av redskapens kjøreretning. Relieffmeteret settes opp langs lekten slik at relieffmeterets målebjelke står parallelt med lekten. Fjern lekten og mål med meterstaven avstanden mellom jordoverflaten og målebjelken, nøyaktighet 0.5 cm. Fjern forsiktig det løse jordlaget og mål på nytt.

Beregninger: Ujamnhet av overflate, cm

$$U_o = \sqrt{\frac{\sum H_o^2 - \frac{(\sum H_o)^2}{n}}{n - 1}} \quad \begin{array}{l} H_o = \text{høydetall, overflate} \\ n = \text{antall høyder} \end{array}$$

Ujamnhet av bunn, cm

$$U_b = \sqrt{\frac{\sum H_b^2 - \frac{(\sum H_b)^2}{n}}{n - 1}} \quad \begin{array}{l} H_b = \text{høydetall, bunn} \\ n = \text{antall høyder} \end{array}$$

Dybde av løslaget, cm

$$H = \frac{\sum H_b - \sum H_o}{n}$$

Oppgave: Bestem ujamnhet av overflate og bunn på to anviste steder og beregn dybden av løslaget.

Ås-NLH, august 1981

M. Marti

Institutt for jordkultur

Boks 28

1432 Ås-NLH

FELTØVELSER : JORDFYSIKK OG JORDBEHANDLING

ØVELSE 5 : Uttak av sylindrerprøver

Formål:

Undersøkelse av vann- og luftkapasitet, porevolum, volumvekt, vannlednings-  
evne for jord i naturlig lagring.

Utstyr:

100cm<sup>3</sup> stålsylindre med én skarp egg, plast-lokk, slaghode, gummihammer, kniv, brytjern, liste. Dessuten bør man alltid ta med spade (helst rettspade), tomrestokk, blyant og skrive-underlag. Stålsylindrene tilsendes i kasser som rommer 36 sylindre. Uttaks-utstyret sendes i spesiell verktøykasse. Spade og tomrestokk må skaffes på stedet, likedan blyant og skrive-underlag.

Uttaks-måte:

Bruk spaden for å grave ned til den aktuelle dybde. Eks.: Hvis det står oppgitt at uttaket skal foregå i 10-15cm dybde graves ned til 10cm dybde, slik at det blir en plan, uforstyrret overflate i denne avstanden fra overflaten.

Ta av plastlokk, sett sylindren inn i slaghodet, slik at den skarpe eggen vender ut fra slaghodet. I jord med liten fasthet kan så sylindren trykkes ned ved at hånden presser mot slaghodet. I fastere jord må sylindren slås ned med hammer. NB! Pass på at sylindren kommer så dybt at overkanten er ca. ½cm under jordplanet.

Grav ut den jordblokken som sylindren sitter i med spaden eller med brytjern. Overflødig jord skal nå fjernes, slik at det blir plane endeflater. Dette utføres ved å ta jordblokken med sylindren i den ene hånden og bruke kniven med den andre. Arbeid på samme måte som ved spissing av blyant, bortsett fra at her skal "spissen" fjernes og endeflaten bli plan. I seig jord kan det lønne seg å "sage" med kniven for å unngå at det rives ut jordstykker. Når den ene endeflaten er plan, settes plastlokket på, jordblokken vendes og den andre endeflaten renskjæres. Plastlokket settes på, og jord utenpå sylinderveggene fjernes. Sylindernr. noteres under det aktuelle ledd og gjentak, og sylindren plasseres i trekassen.

Merknader:

Antall parallelle prøver pr. ledd (behandling) kan være 3-10. I et feltforsøk med 4 gjentak kan det tas én prøve pr. gjentak, eller f.eks. alle parallelle prøver innen en flate på ca. 1m<sup>2</sup> på samme rute. I siste tilfelle må det selvsagt tas av samme gjentak for alle ledd. I de fleste tilfelle vil det være gunstig å velge første alternativ, men dette er mer arbeidskrevende. Ved prøveuttaket må en være svært omhyggelig med valg av plass for graving. Svært ofte går det mange hjulspor over et felt. En må da passe på å ta prøvene utenom hjulsporene på samtlige steder eller i hjulsporene på samtlige steder. Det første alternativet bør foretrekkes hvis ikke noe annet er sagt. Likedan bør en unngå å ta prøvene i grøfter, gjødsselflekker, aurfårer, teigrygger, fuktige flekker, osv. Derfor er valg av prøveplass like viktig som å være omhyggelig med selve uttaket.

Treffer en på stein eller mister jordklumper fra selve sylinderrinnholdet, må prøvene tas om igjen. Stort sett er det lettest å ta prøver i forholdsvis fuktig jord. Husk til slutt: Sylinderprøven skal innehold 100cm<sup>3</sup> naturlig lagret jord.

Sending av prøver:

Kasser med sylindre og utstyr sendes til Institutt for jordkultur, 1432 Vollebekk snarest mulig etter uttak. Hvis prøvene må lagres før sending, oppbevares de på et kjølig sted.

Vollebekk, august 1969

Arnor Njøs  
Arnor Njøs

Institutt for jordkultur

Boks 28

1432 Ås-NLH

FELTØVELSER : JORDFYSIKK OG JORDBEHANDLING

ØVELSE 6 : Sylindermetoden - porevolum, jordtetthet mm.

Generelt: Metode til bestemmelse av vannvolum, (luftvolum), porevolum, materialvolum jordtetthet, materialtetthet.

Oppgave: Ta ut 10 sylinderprøver (se øvelse 5) på nærmere anvist sted (ved siden av profilrammen - se øvelse 7).

Utstyr: 100 cm<sup>3</sup> sylindre med plastlokk, transportkasse, skjema, kasse med prøvetakingsutstyr, spade, meterstav, linjal eller lektestump, (vekt, tørkeskap, luftpyknometer).

Målinger: Veiinger til 0,1 g ved aktuelt vanninnhold (uttak) og etter tørking ved 105°C i minst ett døgn. Måling av luftvolum ved aktuelt vanninnhold (utføres av instituttets folk).

Beregninger: Vannvolum: Brutto våtvekt - Brutto tørrvekt (vannets tetthet 1g/cm<sup>3</sup>), %.

Porevolum: Luftvolum + Vannvolum, %

Materialvolum: 100,0 - Porevolum, %

Jordtetthet:  $\frac{\text{Netto tørrvekt}}{100,0}$  g/cm<sup>3</sup>

Materialtetthet:  $\frac{\text{Netto tørrvekt}}{\text{Materialvolum}}$  g/cm<sup>3</sup>

Hvis det ikke passer å ta luftvolum, beregnes porevolum etter formelen

$$\text{Porevolum} = (1 - \text{Jordtetthet}/\text{Materialtetthet}) \cdot 100$$

Luftvolumet beregnes som differens mellom porevolum og vannvolum.

Vollebekk, juli 1971

A. Njøs

revidert Ås-NLH, august 1981

M. Marti

Institutt for jordkultur

Boks 28

1432 Ås-NLH

FELTØVELSER : JORDFYSIKK OG JORDBEHANDLING

ØVELSE 7 : Profilramme - Høydemetode til bestemmelse av porevolum, jordtetthet mm.

- Generelt: Metode til bestemmelse av vannvolum, luftvolum, porevolum materialvolum, jordtetthet, (materialtetthet).
- Oppgave: Mål og beregn vanninnholdet, jordtetthet, porevolum, vannvolum, luftvolum av et nærmere anvist jordlag (ved siden av uttaksted for sylindrerprøver - se øvelse 6).
- Målinger: Høydetall fra overflate og bunn av jordlag inne i en profilramme, samt vanninnhold i jorda.
- Utstyr: Profilramme med linjal, meterstokk, skjema eller rutepapir, slegge, plankestump, spade, bøtter, bruvekt eller bismervekt, plastposer eller prøveesker, (vekt, tørkeskap).
- Utføring: Profilrammen slås ned og vatres av til bortimot horisontal stilling. Høydetall leses av for overflaten. Jorda skuffes opp i bøtter til en når bunnen av ploglaget. Høydetall leses av for bunnlaget. Jorda i bøttene veies. Det tas 4-5 fuktighetsprøver.

Beregninger: Dybde av jordlag:

$$H = \frac{\sum H_o - \sum H_b}{n}$$

$H_o$  = høyde målt fra overflate, cm

$H_b$  = " " " bunn, cm

$N$  = antall høydetall

Ujamnhet overflate, cm

$$U_o = \sqrt{\frac{\sum H_o^2 - \frac{(\sum H_o)^2}{n}}{n - 1}}$$

Ujamnhet av bunn regnes ut på samme måte.

Volum av jordlag  $V = A \cdot H$  (cm<sup>3</sup> eller liter).

$A$  = Indre areal av ramme.



Våt jordtetthet  $T_v = M_v/V$  (kg/liter eller  $g/cm^3$ )

$M_v =$  Våt nettovekt av jord i vedkommende lag.

Vanninnhold beregnes i middel for de fuktighetsprøvene som er tatt ut etter tørking ca. 1 døgn.

Vanninnhold  $v = \frac{\text{Våtvækt} - \text{Tørrvekt}}{\text{Tørrvekt}} \cdot 100$

Vektene må her være netto.

Tørrvekt jord i profilramme (M).  $M(1 + \frac{v}{100}) = M_v$

$$M = \frac{M_v}{1 + \frac{v}{100}}$$

$M =$  netto tørrvekt for jord i vedkommende lag.

Jordtetthet, tørr,  $T = M/V$  (kg/liter, eller  $g/cm^3$ ).

For å beregne porevolum, måles materialtettheten i laboratoriet - se øvelse 8.

Eventuelt settes materialtetthet  $MAT = 2.60 g/cm^3$

Porevolum =  $(1 - T/MAT) \cdot 100, \%$

Vannvolum =  $v \cdot T, \%$

Luftvolum = porevolum - vannvolum

Vollebekk, juli 1971

A. Njøs

revidert Ås-NLH, august 1981

M. Marti

Institutt for jordkultur  
Boks 28

1432 Ås-NLH

FELTØVELSER : JORDFYSIKK OG JORDBEHANDLING

ØVELSE 8 : Materialtetthet - tetthet for jordpartikler

Materialtetthet er forholdet mellom masse av det faste materialet og volum av det faste materialet.

$$\text{Materialtetthet} = \frac{\text{Tørrvekt av materialet}}{\text{Materialvolum}}$$

Som enhet brukes  $\text{g/cm}^3$ ,  $\text{kg/liter}$ ,  $\text{tonn/m}^3$ .

### Måleprinsipp

Massen av en prøve bestemmes ved veiing etter tørking ved  $105^{\circ}\text{C}$  til konstant vekt. Volumet kan bestemmes på flere måter.

1. Vækepyknometer
2. Oppfylling av en målekolbe med alkohol
3. Luftpyknometer

Metode 1 og 2 vil bli behandlet her.

#### Metode 1 ( 4 - 5 paralleller )

a. Utstyr: Pyknometer med kapillæråpning i propp, termometer, vekt (0,001 g).

b. Framgangsmåte:

Vei et tørt, rent pyknometer i luft. Fyll på 10 g tørr jord. Gjør pyknometret grundig rent. Vei pyknometer og jord.

Fyll pyknometret halvfullt med destillert vann. Sug ut luft i en vakuum-eksikator. Fyll på luftfritt, destillert vann. Sett proppen forsiktig i. Vei pyknometer + jord + vann. Notér temperaturen. NB! Luftfritt vann kan fåes ved å plassere en beholder med destillert vann i vakuumsikatorens og suge ut lufta.

Tøm pyknometret - Gjør rent og fyll det med destillert, luftfritt vann. Vei pyknometer + vann og notér temperaturen.

c. Beregning:

$$\text{Materialtetthet} = \frac{DV (P_2 - P_1)}{(P_2 - P_1) - (P_3 - P_4)}$$

hvor

DV = Tetthet for vann ved obs. temperatur g/cm<sup>3</sup>

P<sub>1</sub> = Vekt av pyknometer

P<sub>2</sub> = " " pyknometer + jord

P<sub>3</sub> = " " pyknometer + jord + vann

P<sub>4</sub> = " " pyknometer + vann

Under brøkstreken står vekten av det vannet som blir fortrent av jord. Når det divideres med tettheten av vann, DV, får vi volumet av jord = materialvolumet.

### Metode 2

a. Utstyr:

100 cm<sup>3</sup> kolbe, automatbyrette, beholder for alkohol, vekt 0,01 g, termometer.

b. Framgangsmåte:

Vei inn ca. 50 g jord i 100 cm<sup>3</sup> målekolbe. Jorda skal være tørket natten over ved 105°C. Fyll til merket med alkohol, mens det bankes med en plasthammer eller gummihammer for å få ut luft. Notér volumet til nærmeste 0,05 cm<sup>3</sup>.

c. Beregning:

$$\text{Materialtetthet: } \frac{\text{Tørrvekt av jord}}{100,00 \text{ cm}^3 - \text{Ifylt volum alkohol}}$$

d. En annen måte er å veie målekolbe, målekolbe + jord og målekolbe + jord + alkohol.

$$\text{Beregning: } \frac{DA (P_2 - P_1)}{100 \cdot DA - (P_3 - P_2)}$$

DA = tetthet av alkohol ved best. temperatur

P<sub>1</sub> = vekt av kolbe

P<sub>2</sub> = vekt av kolbe + jord

P<sub>3</sub> = vekt av jord + kolbe + alkohol

Feilen på siste størrelsen vil imidlertid fremdeles være at det er vanskelig å lese av akkurat 100 cm<sup>3</sup>. Metode 2 må derfor regnes som en grovmetode, fordi den gir en unøyaktig volumbestemmelse.

Uppsala, mars 1971

A. Njøs

Feltøvelser: Jordfysikk og jordbehandling.

Øvelse 9: Aggregatstørrelsefordeling.

Utstyr:

Apparatet består av såldsats,  $\frac{1}{2}$  HK elektromotor, to mellomaksler, derav den ene med eksenterskive, overføringsordning, og en ramme med føringsaksler hvor såldsatsen føres fram og tilbake i et glidelager.

Såldsatsen består av følgende såld: 20mm, 6mm, 2mm og 0,6mm.

Under 0,6mm-såldet er det en oppsamlingsskuff for jordpartikler med mindre diameter enn 0,6mm. Det blir derfor i alt 5 fraksjoner. Lengden av et såld er 446mm og bredden er 247mm. Høyden av trerammen rundt hvert såld er 60mm. De enkelte såldrammer er lagret på hverandre ved hjelp av not og fjær. Såldsatsen lukkes oventil under bruk.

Eksenterskiven gjør 240 omdreininger pr. minutt. Såldsatsen får et tilsvarende svingetall. Amplituden er 12mm. Bevegelsen foregår i horisontalplanet i lengderetningen av såldsatsen.

Forbehandling

Eskene åpnes så snart de er transportert til lagret. Deretter tørkes de ved vanlig romtemperatur.

Analyse

Prøvene veies på vekt med lg nøyaktighet. Vekt med tareringsordning eller med stor skål passer best.

Etter veiing tørmes prøven på øverste såld og jevnes forsiktig utover.

Deretter settes motoren i gang.

Såldingen varer 3 minutter

De enkelte fraksjoner veies så tilslutt.

Beregninger

De enkelte fraksjoner beregnes som prosent av total prøve.

Det vil oftest være litt svinn på grunn av støving.

Spesielle forholdsregler

På grunn av støvet bør det være vifteavtrekk i det rommet hvor såldingen blir utført.

Institutt for jordkultur

Boks 28

1432 Ås-NLH

FELTØVELSER : JORDFYSIKK OG JORDBEHANDLING

ØVELSE 10 : Aggregatstabilitet etter regnmetoden

Formål: Å bestemme stabiliteten av aggregater i jorda mot fallende regndråper.

Utstyr: Regnapparat med 8 sikter 0.5mm maskevidde, 2 porselensskåler, rull med toalettpapir, (ev. binders), vekt 0.1 g, tørkeskap, stoppeklokke, spruteflaske for destillert vann.

Regnapparat: Roterende skive der siktene plasseres på. Avstanden fra skiven til de fastmonterte dysene er regulerbart. 8 åkersprøytedyser, 4 og 4 er koblet sammen, men også alle 8 kan tas i bruk samtidig. Vanntrykket kan velges fritt opp til 1.5 kp/cm<sup>2</sup>. Kjøre-tid kan også varieres.

Anbefalt innstilling: 4 dyser Tee-jet 8005E, avstand mellom sikt-bunn og dyse 31.5 cm, vanntrykk 1.2 kp/cm<sup>2</sup>, tid 3 minutter.

Utføring: Riv opp toalettpapir i like store stykker. Det forutsettes at alle veier like mye. Merk papirene med kulepenn. Vei 2 x 20 g prøver lufttørr jord av 6-2 eller 2-0.6 mm aggregatstørrelse.

(Brukes større aggregater kan en veie inn 2 x 40 g prøver.) Sett siktene på skiven i regnapparatet og la det regne på i 2 minutter. Deretter settes siktene på vaskebenken. La vannet dryppe av siktene i ca. 1 minutt. Jorda strøs så jevnt som mulig på siktene. Det er viktig at dette skjer raskt for å forhindre at jorda trekker til seg mye vann. Siktene blir plassert på skiven i regneapparatet, skiven settes i gang. Vannkranen åpnes samtidig som stoppeklokken startes. Kontroller at trykket er innstilt riktig. Etter fastsatt tid stenges vannkranen. La skive rotere inntil det slutter å dryppe fra dysene.

Jorda i siktene spyles forsiktig med vannslange over i porselensskål. Deretter helles det meste av vannet av, slik at det ikke skylles vekk jord - lette partikler som gras og halmstubb kan bare helle av. (En bør passe på ved innveilingen av tørr jord å få minst mulig annet enn jord.) Samme stykke toalettpapir som ble brukt under innveilingen blir lagt i en mindre porselensskål med høy kant.

Jorda spyles forsiktig over på toalettpapiret ved hjelp av sprute-  
flaske med destillert vann. Toalettpapiret brettes slik at den  
gjenværende del av prøven er innelukket i papiret. Ved svært små  
prøver bør en bruke binders for å hindre tap av jord. Prøvene  
legges direkte på tørkebrett.

Prøvene tørkes natten over ved 105°C i tørkeskap. Jorda veies ved  
å tarere bort vekten av toalettpapiret.

Beregning:

$$\text{Aggregatstabilitet} = \frac{\text{Vekt av tørr jord etter regn}}{\text{Vekt av tørr jord før regn}} \cdot 100 \%$$

Ås-NLH 25.10.81

Markus Marti

Institutt for jordkultur

Boks 28

1432 Ås- NLH

Feltøvelser: Jordfysikk og jordbehandling.

Øvelse nr. 11 : Konsistens for jord.

### A. Utstyr.

Morter for finmaling av jordprøver. Casagrandeapparat med tilleggsutstyr, bl.a. en grop-kniv. Glassplate, eller respatexplate ca. 10 x 10 cm, tørkeskap, tørkevitte, silikonfett, veieglass, spatel, former for krympegrense, Vekt 0,01 g.

### B. Forbehandling av prøver.

Ta ut en representativ prøve på 200 g som kan brukes til øvre og nedre plastisitetsgrense, klebegrense og krympegrense. Prøvene bør ikke tørkes ved høyere temperatur enn 40-45°C før forbehandling.

Forbehandlingen går ut på å pulverisere jorda i en morter, plukke ut steiner og sikte materialet over 2 mm sikt. Bland jorda grundig med destillert vann for å få en stiv pasta. Etter blanding bør jorda helst stå over en natt for å sikre jamnt vanninnhold.

### C. Flytegrense - Øvre plastisitetsgrense.

1. Rens koppen på Casagrande-apparatet. Kontroller at største frie avstand mellom koppen og kontaktpunktet i underlaget er 1 cm.
2. Bland ca. 100 g av den stive pastan med destillert vann inntil prøven får konsistens av en myk grøt. Ta ut ca. 30 cm<sup>3</sup> av denne grøten og plasser den i koppen. Jamm ut, slik at jorda i forkant står i høyde med kanten på koppen. Over kontaktpunktet skal jordtykkelsen være 1 cm. Lag et snitt med grop-kniven i retning fra lager-akselen rett mot forkant. Veggene i gropen skal skråne 60° utover og bredden av gropen skal i bunnen være 2 mm.
3. Dra veivstanga med en jamm rotasjonshastighet på 2 omdreininger pr. sekund. Skriv ned antall omdreininger som er nødvendig for at jorda skal flyte sammen og skjule bunnen i gropen i en lengde på ca. 1 cm.
4. Bland jorda i koppen på nytt. Lag en ny grop og gjenta steg 3. Antall slag (omdreininger) bør være 1 eller 2 i fra samme tall som i steg 3. Videre bør antall slag være mellom 12 og 38. Hvis antall slag er mer enn 38 settes til mer destillert vann. Er det mindre enn 12, tas det ut litt jord og erstattes med stiv pasta, som blandes grundig.

5. Ta ut ca. 10 g av den jorda som fløt sammen i bunnen og vei til 0,01 g. Bruk veieglass eller plastesker. Tørk ved 105°C til konstant vekt.

$$\text{Beregning: Vanninnhold} = \frac{\text{Vekttap} \cdot 100}{\text{Netto tørrvekt}}$$

6. Gjenta steg 2, 3, 4 og 5 to eller flere ganger, etter å ha tilført enten mer stiv pasta eller destillert vann, slik at i det minste tre målinger kommer innenfor området 12-38 slag, med noen over og noen under 25 slag.

7. Lag en kurve med vanninnhold på den ene akse og antall slag på den andre. Trekk den rette linjen som gir minst avvik og finn vanninnholdet ved 25 slag. Verdien oppgis i hele prosent og kalles flytegrense eller øvre plastisitetsgrense.

D. Utrullingsgrense = Nedre plastisitetsgrense.

1. Kna 10-15 g av den stive pastan til en ball.
2. Rull ut jorda på en glassplate eller plastplate med fingrene til det dannes en tråd med ca. 3 mm tykkelse. Deretter knas tråden sammen til en ball igjen.
3. Gjenta steg 2 inntil det dannes en tråd som begynner å smuldre ved en tykkelse på ca. 3 mm.
4. Legg tråden raskt ned i et veieglass (plasteske) og lukk igjen med det samme. Vei til 0,01 g, tørk ved 105°C til konstant vekt og vei på nytt.

$$\text{Beregning: Vanninnhold} = \frac{\text{Vekttap} \cdot 100}{\text{Netto tørrvekt}}$$

5. Gjenta steg 1-4 slik at det blir i alt 3 bestemmelser.
6. Utrullingsgrensen er middel av de tre vanninnhold. Bruk bare hel prosent.

E. Plastisitetsindeks = Flytegrense - Utrullingsgrense.

F. Klebegrense.

1. Legg ca. 50 g stiv jordpasta på en glassplate (plastplate).
2. Tilfør en liten mengde destillert vann og lag en homogen pasta med en spatel av rustfritt stål.
3. Dra spatelbladet over jordoverflaten, mens det øves et visst trykk.



4. Hvis jorda ikke kleber, gjenta steg 2 og 3 inntil jorda kleber til spatelen.
5. Ta ut 10 g av den jorda som kleber til spatelen og vei i veieglass (lukkes igjen med det samme) til 0,01 g. Vanninnholdet bestemmes som før.
6. Klebegrensen er midlet av de to bestemmelsene og oppgis i hele prosent.

#### G. Krympegrense og lineær krymping.

1. Krympeformene gjøres rene og dekkes av en tynn film silikon.
2. Av den resterende stive pastaen tas ut en mengde som blandes med dest. vann slik at vanninnholdet er i nærheten av flytegrensen.
3. Blandingen plasseres i formen. Formen ristes forsiktig for å få ut luft, og deretter jannes jorda med overkanten. Jord på yttersiden fjernes med fuktig klut.
4. Jord-blandingen plasseres slik at den kan tørke ved ca. 60-65°C (uten trekk) inntil jorda har krympet vekk fra kantene.
5. Når jorda blir lysere, tas den ut for bestemmelse av vanninnhold, på samme måte som før.
6. En annen form får stå til fortsatt tørking inntil det ikke lenger er målbar krymping. Deretter måles lengden av jorda i formen.
7. Antall gjentak = 2-3
8. Beregninger:
  - a. Krympegrense:  $\frac{\text{Vekttap} \cdot 100}{\text{Netto tørrvekt}}$  (hele prosent)
  - b. Lineær krymping:  $(1 - \frac{\text{lengde av tørr jord}}{\text{startlengde}}) \cdot 100$  (hele prosent)

Uppsala, mars 1971

A. Njøs

Institutt for jordkultur

Boks 28

1432 Ås-NLH

FELTØVELSER : JORDFYSIKK OG JORDBEHANDLING

ØVELSE 12 : Porestørrelsesfordeling (pF - kurver) mm. - arbeidsbeskrivelse

### 1. Prøvekjøring av keramikkplater

Alle plater som skal brukes under pF-kjøringen blir prøvekjørt på følgende måte: Luft suges ut ved hjelp av vakuumpumpe, platene blir lagt i vann mens suget er tilkoblet. Når all luft er suget ut (ingen luftbobler å se i vakuumpumpeflasken) settes en slangeklemme på platens utløpsslange. Ta av suget og plasser platen i trykkbeholderen (=koker). Trykket kobles til 1 bar. Kontroller etter en stund at det ikke kommer luft ut av utløpsslangene. Før trykket blir koblet ut, settes slangeklemmer på utløpsslangene. Platene blir igjen lagt under vann, slangeklemmene blir tatt av mens utløpsslangene er under vann, slik at det ikke kommer luft inn i platene.

### 2. Veining av sylinderprøvene

Ved alle veiinger blir sylindrene veid sammen med 2 lokk, men uten gasebind. Det finnes en taraliste over samtlige sylindere. Taraen inkluderer 2 lokk.

### 3. Mettning av sylinderprøvene

Før sylindrene blir mettet registreres råvekt (aktuell vekt). Deretter fjernes lokkene, gasebind festes med gummistrikk i den butte enden av sylindren for å holde jordprøven på plass. Hvis en arbeider med jord som sveller bør en feste gasebind i begge endene. Sylindrene blir satt i et kar, der det på forhånd er ifyllt et lag med ca. 1 cm vann. Sylindrene skal trekke til seg vann i ca. 2 døgn, deretter blir karet fylt opp med vann til prøvene står godt dekket. La stå for videre 2 døgn. Hele mettningsprosessen varer dermed 4 døgn. For å hindre fordampning bør en legge lokk over karet. Etter oppmettningen tappes vannet ut ved hjelp av hevertslange før prøvene tas ut. Gasebind fjernes og sylindrene veies sammen med 2 lokk (mettning). Ny gasebind settes på.

### 4. Kjøring til 0.02 bar, 0.1 bar, 1 bar, (3 bar)

Før de prøvekjørte platene blir satt i trykkbeholderen suges det luft ut av utløpsslangen ved hjelp av vakuumpumpe. Før suget kobles fra settes en slangeklemme på utløpsslangen. Platene blir flyttet over til trykkbeholderen uten å

slippe inn luft. Fukt opp platen med litt destillert vann. Sylinderne settes på platene. Kokeren lukkes og veies før trykket kobles til. Først når det ønskete trykket er innstilt blir slangeklemmene tatt av utløpsslangene. Vannet som drives ut fra prøvene samles i kolber med byretter og det registreres daglig mengden som kommer ut. Ved hvert trykk kjøres til likevekt eller minimum 10 døgn. Etter at likevekt er oppnådd veies vannet i kolben. Sett på slangeklemmer på utløps-slangene før trykket slås av. Hele kokeren veies. Deretter veies sylinderne uten gasebind men sammen med 2 lokk (0.02 bar, 0.1 bar, 1 bar osv.). Platene vaskes godt med varmt vann, skurepulver og børste. Først når platene er lagt under vann blir slangeklemmene fjernet. Gjenta pkt. 4 for neste trykk.

#### 5. Luftmåling

Etter at prøvene er veid etter kjøring ved 0.1 bar blir luftinnholdet bestemt ved hjelp av lufttryknometer (se øvelse 15). Samtidig måles svinn i sylinderens høyde- og bredderettning.

#### 6. Tørking av prøvene

Sylinderne tørkes i tørkeskap ved 105°C. Under hver sylinder legges et tynt papir (toalettpapir eller lign.). Tørketid minimum 2 døgn. Prøvene veies (tørrvekt).

#### 7. Knusing av prøvene til 15 bar-kjøring

Jorda tas ut av sylinderen. Parallelprøver slås sammen. Alt knuses gjennom et 2 mm sikt.

#### 8. Visnegrense - 15 bar-kjøring

##### a.) Prøvekjøring av platene

Prøvekjøring av platene følger i hovedtrekk framgangsmåten beskrevet under pkt.1. Da det er vanskelig å unngå at platene drar til seg luft under transporten fra vannet til trykk-kammeret, suges luft ut av utløpsslangene etter at platene er plassert i trykk-kammeret. Sett på slangeklemmer før suget kobles fra. Sett på lokket å dra til skruene med momentnøkkel til 20 footpound. Trykket kobles til, slangeklemmene tas av. Kontroller at det ikke kommer luft ut av utløps-slangene. Sett på slangeklemme, skru av trykket. Lokket åpnes, den øvre platen løftes ut av trykk-kammeret uten frakobling fra utløpsslangen.

## b.) Isetting av prøvene

Den knuste jorda fylles i merkede ringer, 2 paralleler per prøve. Fyll litt vann på etter hvert slik at jorda trekker opp vann. Organisk jord som er tørket ved  $105^{\circ}\text{C}$  er ofte svært besværlig å fukte opp. Den må røres sammen med vann og eventuelt settes i vakuum-eksikator. Når jordprøvene er kommet på plass og er fuktet godt opp med vann, skrues lokket til. Prøvene skal nå stå i 2 døgn til fullstendig mettning.

## c.) Kjøring

Etter 2 døgn kobles trykket til. Slangeklemmene blir fjernet og vannet samles opp i kolbe med byrette og mengden registreres daglig. Det kjøres til likevekt er oppnådd eller minimum 10 døgn.

## d.) Tørking av prøvene

Jorda tas ut fra de merkede ringene med spatel og has over i merkede plast-esker. Disse veies, tørkes ved  $105^{\circ}\text{C}$  i ca. 1 døgn, og veies på nytt.

Ås-NLH 25.10.81

John Karlstad

Markus Marti

Institutt for jordkultur

Boks 28

1432 Ås-NLH

FELTØVELSER : JORDFYSIKK OG JORDBEHANDLING

ØVELSE 13 : Analyser av luftinnhold i jord ved hjelp av luftpyknometer

Måleprinsipp: En går ut fra den generelle gassloven  $PV = nRT$ , forutsetter konstant temperatur og stoffmengde og får da Boyle-Mariottes lov,  $P_1V_1 = P_2V_2$ .

Praktisk innretter en seg ved å holde alle volumer innen målesystemet konstant så nær som volumet av luft. Ved alltid å bruke samme jordvolum, f.eks.  $100 \text{ cm}^3$  kan en så kalibrere instrumentet til å vise volumprosent luft.

I jord er luftvolum = jordvolum - materialvolum - vannvolum. Ved kalibrering erstattes materialvolum med vannvolum, eller vannvolum med materialvolum, for å få en enklere måling.

Utstyr: Luftpyknometer

Trykkluftsystem med reduksjonsventiler og manometer

Beholder med vann

Kalibreringssylinder med messingskiver

Strimmel med mm-papir

(Pipetter: 2 ml - 5 ml - 10 ml)

Rutepapir for notering

### Kalibrering

1. Kontroller at hanene er tette.
2. Plassér strimmel med mm-papir på skalastaven. Skru skalastaven fast. Sett mm-papiret omtrent på samme sted som skalaen har stått. Sett blyantstrek i øvre og nedre kant (av papiret) på skalastaven. Merk av hele cm fra 0 nederst til ca. 20 øverst på strimmelen.
3. Plassér  $20 \text{ cm}^3$  messingskive i kalibreringssylinderen. Sylinderen er en vanlig åpen  $100 \text{ cm}^3$  stålsylinder, noe slipt innvendig. Sett på starttrykk og slipp på luft. Notér avlesning. Gjenta 3 ganger.
4. Fortsett med en  $10 \text{ cm}^3$  messingskive i tillegg, ellers som 3.

5. Fortsett med 10 cm<sup>3</sup> skive, ellers som 3
  6. " " 10 " " , " " "
  7. " " 5 " " , " " "
- osv. inntil materialvolumet er 100 cm<sup>3</sup> og luftvolumet er 0 cm<sup>3</sup>
8. Regn ut midlere avlesninger. Tegn kurve og lag ferdig skala. Lag skalaen i hvitt tegnepapir - like lang som strimmelen med mm-papir. Gjør fast skalaen på staven med øvre kant inntil øvre blyantmerke og nedre kant inntil nedre blyantmerke.

Istedenfor åpen sylinder og skive kan brukes en sylinder med bunn og regulerbart vannvolum. Da må det korrigeres for volum av sylinderbunnen og plasseres messingskiver i sylinder.

#### Analyser

Kontrollér at skalaen står riktig ved å legge messingskiver i sylindren

eks.: ved lite luft 90 cm<sup>3</sup> tilsv. 10 vol % luft

" " midd. " 70 " " 30 " " "

" " mye " 50 " " 50 " " "

#### Skjena for kalibrering

| Skiver             | Luftvolum | Avlesn. |   |   |   | Middel |
|--------------------|-----------|---------|---|---|---|--------|
|                    |           | 1       | 2 | 3 | 4 |        |
| 20 cm <sup>3</sup> | 80%       |         |   |   |   |        |
| + 10 "             | 70%       |         |   |   |   |        |
| + 10 "             | 60%       |         |   |   |   |        |
| + 10 "             | 50%       |         |   |   |   |        |
| + 5 "              | 45%       |         |   |   |   |        |
| + 5 "              | 40%       |         |   |   |   |        |
| + 5 "              | 35%       |         |   |   |   |        |
| + 5 "              | 30%       |         |   |   |   |        |
| + 5 "              | 25%       |         |   |   |   |        |
| + 5 "              | 20%       |         |   |   |   |        |
| + 5 "              | 15%       |         |   |   |   |        |
| + 5 "              | 10%       |         |   |   |   |        |
| + 5 "              | 5%        |         |   |   |   |        |
| + 5 "              | 0%        |         |   |   |   |        |

Vollebekk, desember 1971

A. Njøs

revidert, Ås-NLH, 25.10.81

M. Marti

Feltøvelser: Jordfysikk og jordbehandling.

Øvelse 14: Vannledningsevne med fallende gradient.

#### Apparatur

100 cm<sup>3</sup> stålsylindre

Perspekssylindre med gradert side

Avklippede seksjoner av sykkelsslange

Nettingbunn for stålsylindre

Plastkar for metning

Gradert linjal

Stoppeklokke

"

Perspekssylindrene har samme innvendig diameter som stålsylindren.

#### Utføring av arbeidet

Stålsylindre med jord i naturlig lagring settes til metning. Metningstiden kan variere, men 1 døgn kan være nødvendig. I starten på metningen fylles bare ca. 1 cm vann i metningskaret. Det bør her brukes destillert vann, slik at behandlingen blir lik fra gang til gang. Når overflaten av jordprøvene er blitt våt, kan vann-nivået i metningskaret heves til overkant av jorda.

Etter metning tas jordsylindren opp og nettingbunnen settes på. Sylindren skal stå med den spisse enden ned. Deretter spennes perspekssylindren fast med gummislangen. Det fylles destillert vann i perspekssylindren til den blir nesten full. Ved seriabestemmelse venter en med å fylle i vann til alle sylindrene er gjort klare. En noterer den tid det tar for vannet å synke fra en bestemt høyde til en lågere høyde. For at ikke tidene skal bli urimelig lange, må en i tett jord nøye seg med høydedifferenser på 0,5 - 1,5 cm. Det er også mulig å bestemme seg for en viss tid, f.eks. 15 min. og notere høyder ved start og slutt. ( I tett jord kan det være nødvendig med 1-2 døgn.)

Til slutt gjøres utstyret rent. Jordsylindren blir tettet med plastlokk og satt til side for andre bestemmelser, f.eks. jordtetthet.

Oppgave: Mål vannledningsevnen i de tildelte prøvesylindrene.

Hvis jorda ikke er for tett, utføres forsøket to ganger pr sylinder. Det tas gjerne flere avlesninger pr forsøk, f.eks. hvert femte minutt.

Beregninger:

$$K = (a/A) (L/t) \ln (H1/H2) \text{ eller}$$

$$K = 2,3 (a/A) (L/t) \text{ Log } (H1/H2)$$

K = vannledningsevne, cm/s

a = areal av tverrsnitt, perspekt-sylinder, cm<sup>2</sup>

A = " " " , jordsylinder, cm<sup>2</sup>

L = lengde av jordprøve, cm

t = tid, s

ln = naturlig logaritme

Log = logaritme med 10 som grunntall

H1 = høyde fra bunnen av jordsylinderen til overkant vannflate, ved start, cm

H2 = høyde fra bunnen av jordsylinderen til overkant vannflate, ved slutt, cm

Når perspekt-sylinderen har samme diameter som jordsylinderen, er a = A og formelen blir:

$$K = 2,3 (L/t) \text{ Log } (H1/H2)$$

Eks.: L = 3,7 cm

t = 1000 s

H1 = 10 cm

H2 = 5 cm

$$K = 2,3 (3,7/1000) \text{ Log } (10/5)$$

$$= 2,3 \cdot 3,7 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3 = \underline{2,6 \cdot 10^{-3} \text{ cm/s}} \text{ eller}$$

$$2,55 \cdot 10^{-3} \cdot 3,6 \cdot 10^3 \text{ (cm/s)(s/h)} = 9,2 \text{ cm/h}$$

h = time

For det meste bør en ikke oppgi mer enn 2 gjeldende siffer i svaret.

Vollebekk, nov. 1971

Arnor Njøs



Feltøvelser: Jordfysikk og jordbehandling.

Øvelse 15: Vannledningsevne med konstant gradient.

Apparatur:

Utstyr for måling av vannledningsevne. Eijkelkamp. J.C.W.  
laboratory permeameter.

Sylindre ( $\Phi$ : 50 mm, Høyde 51 mm, Volum 100 cm<sup>3</sup>)

Vaselin eventuelt silikon

Nettingbunn

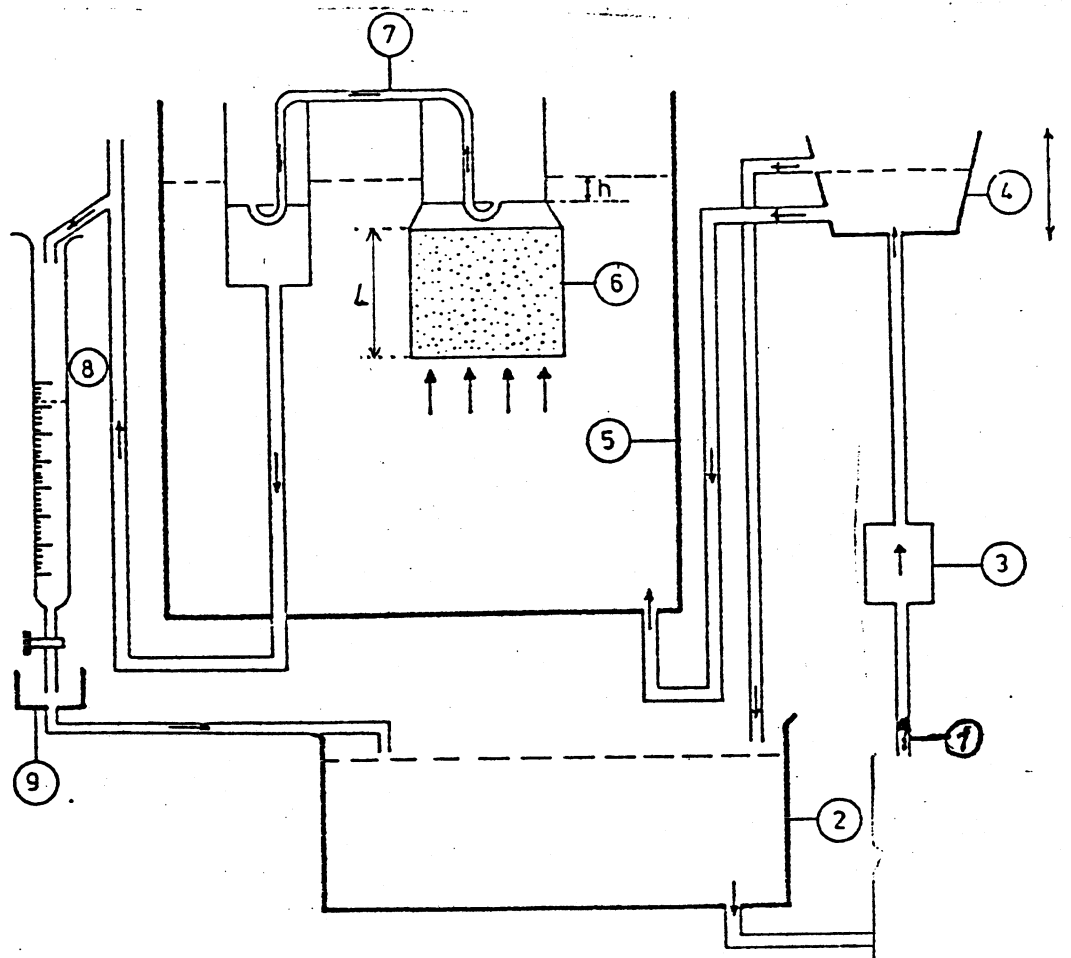
Plastkar for metning

Gasbind

Stoppeklokke

Virkemåte:

Prinsippet for Eijkelkamp laboratory permeameter er at når en har forskjellig trykk i vannet på endene av jordsylindren, vil vannet strømme fra siden med høyest trykk til den med lavest trykk. Ved å måle volumet av det gjennomstrømmende vannet pr tidsenhet kan en beregne vannledningsevnen. For dette utstyret kan trykkehøyden (h) og dermed også trykkgradienten (h/L) holdes konstant. L er lengden av jordprøven. (Se figuren).



Prinsippskisse for Eikelkamp I.C.W. Laboratory Permeameter.

- |    |               |    |                     |
|----|---------------|----|---------------------|
| 1. | Vanninntak    | 6. | Sylinder med jord   |
| 2. | Vannutløp     | 7. | Glasshevert         |
| 3. | Filter        | 8. | Byrette             |
| 4. | Nivåbeholder  | 9. | Oppsamlingsbeholder |
| 5. | Hovedbeholder |    |                     |

Utføring av arbeidet.

Sylinderprøvene tas ut som bestemt i øvelse 5. NB. Sylinderne som brukes til Eijkelkamp J.C.W. permeameter, er forskjellige fra de prøvesylindrene som er beskrevet i øvelse 5 derfor er uttaksutstyret litt anderledes. Når en bruker disse sylinderne for måling av vannledningsevne er det en fordel å smøre innsiden av sylinderne med vaselin før en slår sylinderen ned i jorda. Dette gjøres for å hindre kantvirkningen mellom stål og jord.

Sett gasbind og nettingbunn på ene enden av sylindren. Sandprøver trenger ingen forbehandling. Silt- og leirjord bør en forbehandle ved å skjære med en kniv på enden av jordsylindren slik at rot- og markganger åpnes igjen.

Sylindrene settes deretter til metning (se øvelse 9).

Når jorda er mettet, festes prøvesylindren til plastsylindren med hjelp av en gummipakning og en mutter. Det kan være nødvendig å bruke vaselin eller silikon for å tette mellom sylindrene. Disse plasseres så i hovedbeholderen.

Når alle sylindrene er på plass justeres vannhøyden i hovedbeholderen med hjelp av nivåbeholderen. En kan variere gradienten fra ca 2 til 20 mm avhengig av prøvenes vannledningsevne. Tett jord krever større gradient enn lett gjennomtrengelig jord.

Etter en stund trenger vannet opp gjennom jorda i prøvesylindren, da kan en fylle glasshevertene med vann og sette dem på plass. Nå vil vannet strømme gjennom jordprøven. Ved daglige målinger finner en ut når en oppnår konstant strømming. Ved stabile forhold kan en foreta målingene enten ved å lese av på byretten ved bestemte tidsintervaller eller ta tiden ved bestemte volum-intervaller.

Trykkehøyden ( $h$ ) må også måles når en har fått konstant strømming. Dette gjøres med en bevegelig målebru, som er montert på apparatet. En måler avstanden fra målebrua til vannflaten i og utenfor sylindren

Trykkehøyden beregnes som differansen av de to målingene.

Etter at målingene er ferdige, vaskes og settes utstyret på plass igjen.

#### OPPGAVE:

Mål vannledningsevnen ved konstant gradient i de tildelte sylindrene.

Beregninger

$$\text{Darcy's lov : } v = \frac{q}{F} = K \cdot \frac{h}{L} \Rightarrow K = \frac{qL}{Fh}$$

K: Vannledningsevne : (LT<sup>-1</sup>)

v: Strømhastighet : (LT<sup>-1</sup>)

q: Volum av gjennomstrømmet vann pr tidsenhet : (L<sup>3</sup>T<sup>-1</sup>)

L: Lengde av jordprøver (sylinderhøyde) : (L )

h: Høydeforskjell av vannoverflaten i og utenfor  
plastsylinderen. : (L )

F: Overflaten av jordprøven : (L<sup>2</sup> )

Korrigerer p.g.a. vannets temperatur.

Det er ofte stor forskjell på grunnvannets temperatur og temperaturen til vannet som blir brukt på laboratoriet. Da vannets viskositet er temperaturavhengig, bør en korrigere for dette. Følgende formel gjelder:

$$K_g = \frac{\eta_l}{\eta_g} K_l$$

K<sub>g</sub>: Vannledningsevne ved grunnvannets temperatur

K<sub>l</sub>: " " " l °C

η<sub>g</sub>: Viskositet til vann ved grunnvannets temperatur

η<sub>l</sub>: Viskositet til vann ved l °C

Institutt for jordkultur

Boks 28

1432 Ås-NLH

FELTØVELSER : JORDFYSIKK OG JORDBEHANDLING

ØVELSE 16 : Måling av infiltrasjonshastighet med dobbelring-infiltrrometer. Konstant gradient.

Generelt: Metode til bestemmelse av infiltrasjonshastighet av vann i jord. Ved måling over lang tid kan vannledningsevnen av mettet jord bestemmes. Konstant gradient.

Utstyr: 2 infiltrasjonsringer samt lokk for å slå ned ringene, slegge, 2 Mariotte-sylindre på stativ, stoppeklokke.

Utføring: Slå ringene ca. 10 cm ned i jorda. Legg tilskåret skumplastduk i ringene for å forhindre overflateerosjon. Sett opp Mariotte-sylindrene. Sett gummipropper i luft- og vannslangen. Fyll sylindrene med vann og tett godt med gummiproppen i toppen. Legg vannslangen fra den ene Mariotte-sylindringen i den ytre ringen, fra den andre i den indre ringen. Juster luftslangene slik, at vannstanden i begge ringene er like høy, ca. 8 cm (se figur). Fyll nå ringen med vann opp til luftslangenes utløp, ta ut proppene av vann- og luftslangene og sett i gang stoppeklokken.

Målinger: Hver gang det renner vann i den indre ringen noteres tid og vannstanden (h) i den tilsvarende Mariotte-sylindringen. Noter diameter av den indre ringen ( $d_r$ ) og diameteren av Mariotte-sylindringen ( $d_s$ ).

Beregninger:

$$\text{Infiltrasjonshastighet} = \frac{\Delta V}{\Delta t \cdot A} = \frac{\Delta h \cdot d_s^2}{\Delta t \cdot d_r^2} \quad (\text{L} \cdot \text{T}^{-1})$$

$\Delta V$ : volum av vann som infiltrerer i den indre ringen i tidsintervallet  $\Delta t$  ( $\text{cm}^3$ ).

$\Delta t$ : tidsintervall mellom to avlesninger (s)

A : Areal av indre ring ( $\text{cm}^2$ )

$\Delta h$ : høydeforskjell av vannstanden i Mariotte-sylindringen mellom to avlesninger (cm)

$d_s$ : diameter av Mariotte-sylinder (cm)

$d_r$ : diameter av indre ring (cm)

Mariotte-sylinder for ytre ring

Mariotte-sylinder for indre ring

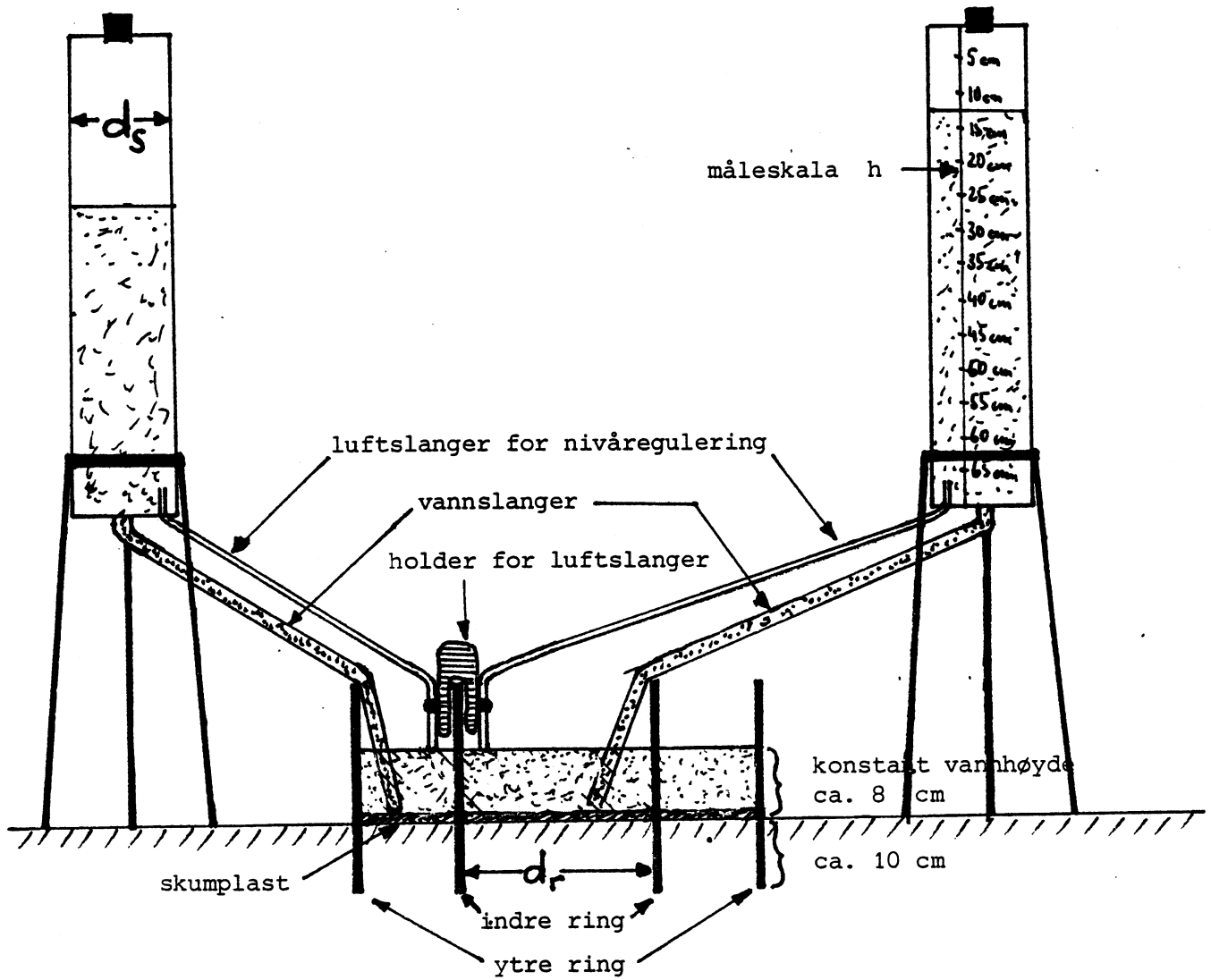


Fig. : Måling av infiltrasjonshastighet med dobbelring-infiltrometer. Konstant gradient.

Regneeksempel:  $d_s = 14 \text{ cm}$ ,  $d_r = 28 \text{ cm}$

$$\text{Infiltrasjonshastighet} = \frac{\Delta h \cdot 14^2 \text{ cm}}{\Delta t \cdot 28^2 \text{ s}}$$

| Tid<br>min.sec | $\Delta t$<br>sec | Vannhøyde h i<br>Mariotte-syl, cm | $\Delta h$<br>cm | infiltrasjonshastighet<br>cm/s      cm/h |       |
|----------------|-------------------|-----------------------------------|------------------|--|-------|
| 0.00           | 0                 | 3.7                               |                  |  |       |
| 0.26           | 26                | 7.0                               | 3.3              | 0.0317                                   | 114.3 |
| 0.43           | 17                | 10.3                              | 3.3              | 0.0485                                   | 174.7 |
| 1.05           | 22                | 13.9                              | 3.6              | 0.0409                                   | 147.3 |
| ....           | ..                | ....                              | ...              | .....                                    | ..... |
| ....           | ..                | ....                              | ...              | .....                                    | ..... |

Oppgave: Beregn infiltrasjonshastighet, tegn opp infiltrasjonskurvene og finn anslagsvis en verdi for vannledningsevnen for de tre jordartene sand, silt og leire (utdelte måleserier).

Ås-NLH, 25.10.81

Markus Marti