

## Forord

Denne vejledning omhandler bestemmelse af kornvægtfylden af jordarter.

Vejledningen er en del af en serie, der beskriver udførelsen af geotekniske klassifikationsforsøg som de foretages i laboratoriet for fundering ved Aalborg Universitet.

Vejledningen er opbygget på følgende måde:

- *Tilhørende standarder*
- *Definitioner*
- *Apparatur*
- *Kalibrering af udstyr*
- *Klargøring af prøvemateriale*
- *Forsøgsprocedure*
- *Beregninger*
- *Rapportering*
- *Bemærkninger*
- *Skema til brug for forsøgsudførelse*
- *Evt. bilag*

Det må anbefales brugeren af denne vejledning at læse hele vejledningen igennem inden forsøget påbegyndes.

Nummerering på figurer er i teksten angivet med { }.

Enheder er angivet med [ ], f.eks. [%].



## Tilhørende standard

Forsøget er baseret på og yderligt beskrevet i standarden DS/CEN ISO/TS 17892-3.

## Definition

Ved kornvægtfylden forstås kornmaterialets relative densitet,  $d_s$ :

$$d_s = \frac{\text{vægten af et bestemt rumfang jordkorn}}{\text{vægten af det samme rumfang destilleret vand ved } 4^\circ \text{C}}$$

Jordkornenes vægt reduceres ikke for opdrift i luft.

Efter ovenstående definition, fås:

$$d_s = \frac{\rho_s}{\rho_w^{4^\circ}} = \frac{W_s}{V_s \cdot \rho_w^{4^\circ}}$$

$V_s$             Volumen af tørt kornmateriale [ $\text{cm}^3$ ]

$W_s$             Vægten af tørt kornmateriale [g]

$\rho_s$             Kornmaterialets densitet [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]

$\rho_w^{4^\circ}$             Demineraliseret vands densitet ved  $4^\circ\text{C}$ ,  $\rho_w^{4^\circ} = 1\text{g}/\text{cm}^3$

For jordarter uden organisk indhold kan  $d_s$  regnes at variere fra 2,65 for rent kvartsand til 2,85 for visse lerminerale.

For jordarter indeholdende særligt tunge eller lette mineraler kan  $d_s$  antage værdier uden for dette område.

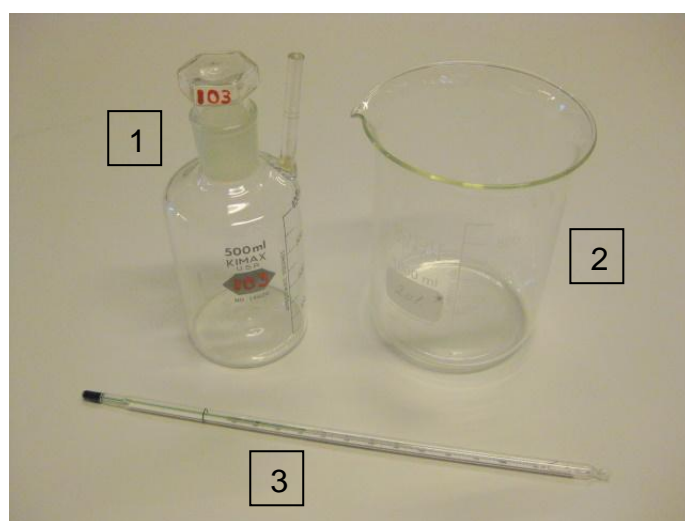
Indhold af organisk stof kan reducere  $d_s$  helt ned til 1,0.

Jordkornenes rumfang er defineret som rumfanget af den massive masse, de lukkede porer og den del af åbne porer, der er utilgængelig, når denne vejledning følges.

## Apparaturliste

Apparatur som benyttes i forsøget, numrene henviser til figur 1.

- Pyknometer {1}
- Bægerglas {2}
- Termometer, nøjagtighed 0,1 °C {2}
- Vægt, vejenøjagtighed på 0,001 g
- Tørreskab, temperatur til 105°C
- Vacuumekssikkator



Figur 1: Apparatur til kornvægtfyldforsøg. Numrene henviser til apparaturlisten herover.

## Kalibrering af udstyr

Pyknometeret skal kalibreres årligt. Der skal ikke kalibreres udstyr umildbart inden forsøget.

Til bestemmelse af jordkornenes rumfang anvendes et pyknometer (en glasflaske).

Vægten af pyknometer fyldt med luftfrit demineraliseret vand ( $W_2$ ) ved en given temperatur skal på forhånd være kendt. Denne kalibrering af pyknometer kan gøres eksperimentelt ved at veje pyknometeret fyldt med luftfrit demineraliseret vand ved forskellige temperaturer. Kalibreringen kan også foretages teoretisk, når man kender rumudvidelseskoefficienten for pyknometeret (duran og pyrex glas  $\beta = 10^{-5}$  pr. °C).

Vægt af pyknometer fyldt med luftfrit demineraliseret vand ( $W_2$ ) som funktion af temperatur, kan aflæses på kalibreringsskemaet, udarbejdet for det enkelte pyknometer. Nyeste kalibreringsskemaer for benyttede pyknometre kan findes i geoteknisk laboratorium ved Aalborg Universitet.

## **Klargøring af prøvemateriale**

Normalt anvendes 500 ml pyknometer. Er der kun en mindre jordprøve til rådighed (mindst 10 g tørstof), kan man anvende 50 ml pyknometer.

Den videre fremgangsmåde afhænger af, om  $d_s$  skal bestemmes for kohæsionsjord eller friktionsjord.

De angivne prøvestørrelser i det efterfølgende er beregnet for 500 ml pyknometer.

De angivne prøvemængder er angivet i tørstof, men der benyttes fugtigt materiale, hvorfor der skal tages højde for vandindholdet.

### *Kohæsionsjord. Våd metode*

- Prøven rives eller deles i små dele, og der udtages en repræsentativ delprøve svarende til ca. 50 g tørstof.
- Prøven røres op med mindst 200 ml demineraliseret vand til en homogen opslemning. Dette kan gøres på rystebord, hvor opslemningen skal stå i ca. 4 timer ved en frekvens på 170 rystninger i minuttet.
- Opslemningen hældes over i pyknometeret.
- Rester i skålen skylles om nødvendigt over i pyknometeret med demineraliseret vand. Der hældes demineraliseret vand i pyknometeret, til det er ca. halvfylt.

### *Friktionsjord. Tør metode*

- Der udtages en delprøve på svarende til ca. 150 g tørstof.
- Prøven placeres i pyknometeret, benyt eventuelt en tragt.
- Der hældes luftfrit demineraliseret vand i pyknometeret ved at lade det løbe ned langs indersiden af pyknometeret, til det er ca. halvfylt, figur 2.
- Det sikres, at hele prøven er vandmættet og der ikke er skjulte luftbobler i materialet. Dette kan gøres ved at holde pyknometeret på skrå og langsomt dreje det, således frigøres fangede luftbobler. Der drejes til der ikke er mere luft der frigives ved yderligt at dreje en hel omgang.

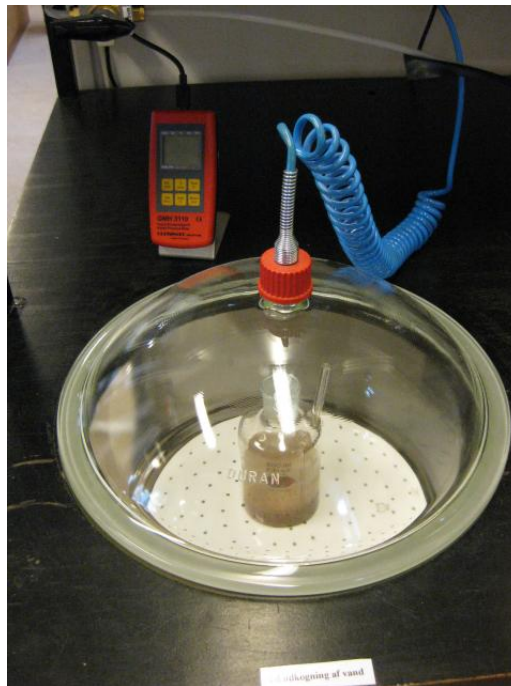


**Figur 2: Pyknometer med friktionsjord og demineraliseret vand.**

## Forsøgsprocedure

Den følgende forsøgsbeskrivelse er gældende for både friktion- og kohæsionsjord.

- Pyknometeret uden prop anbringes i vacuumekssikkatoren, hvor jorden koges i ca. 60 min., til det er luftfrit, figur 3.
- Pyknometeret tages ud af ekssikkatoren og fyldes op med luftfrit demineraliseret vand, ved at lade vandet løbe ned langs siden af pyknometerets inderside, figur 4. Der fyldes så meget vand i, at der er overskud, når proppen senere sættes i.
- Pyknometeret uden prop henstilles, indtil temperaturen i pyknometeret er lig rumtemperaturen.



Figur 3: Pyknometer i vacuumekssikator.

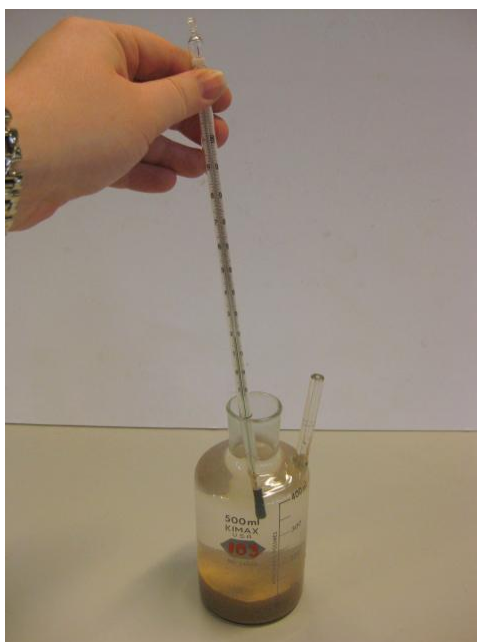


Figur 4: Pyknometeret fyldes forsigtigt op med demineraliseret vand. Vandet løber langs indersiden af pyknometeret.

- Når temperaturen er lig rumtemperatur sættes proppen forsigtigt i pyknometeret, således at det overskydende vand løber over, figur 5. Overløbsrøret skal være fyldt med vand, der må således heller ikke være luft heri.
- Det kontrolleres, at vandet er helt fri for luftblærer, også omkring proppen.
- Pyknometeret aftørres omhyggeligt, vær opmærksom på evt. vand der sidder omkring proppen.
- Det fyldte pyknometer med prop vejes, ( $W_1$ ).
- Temperaturen i pyknometerets midte måles, figur 6.
- Vægten af pyknometeret fyldt med luftfrit demineraliseret vand ved den målte temperatur ( $W_2$ ) aflæses i kalibreringsskemaet. Der benyttes linear interpolation til at finde vægten af pyknometeret ved temperaturer forskellige fra dem opgivet i kalibreringsskemaet.



Figur 5: Pyknometer med prop, hvor det overskydende vand er løbet over, hvor der er markeret med O. Pyknometeret tørres grundigt inden det vejes.



Figur 6: Temperaturen måles midt i pyknometeret.

- Et bægerglas vejes ( $W_{\text{bæger}}$ ), og indholdet af pyknometeret hældes heri, figur 7.
- Rester i pyknometeret skyldes over i bægerglasset med demineraliseret vand.
- Opslæmningen tørres i tørreskab ved  $105^{\circ}\text{C}$ . Dette er en langsom proces, og kan tage flere dage afhængig af mængden af vand.
- Opslæmningen kontrolleres dagligt. Når der ikke er synligt vand tilbage, skal prøven stå yderligt 24 timer for at sikre totalt tørring.
- Opslæmningen placeres i ekssikkator til temperaturen er rumtemperatur, og bægerglas med opslæmning vejes ( $W_{\text{bæger}} + W_s$ ).



Figur 7: Bægerglas med prøven hhv. før og efter den er blevet tørret ved  $105^{\circ}\text{C}$ . Tørretiden kan vare op til flere dage.



## Beregninger

$$\text{Rumfang af tørstof} = \frac{W_s + W_2 - W_1}{\rho_w^t}$$

$$d_s = \frac{W_s}{\frac{W_s + W_2 - W_1}{\rho_w^t} \cdot \rho_w^{40}}$$

$$d_s = \frac{W_s \cdot \rho_w^t}{W_s + W_2 - W_1}$$

$W_1$  Vægt af pyknometer fyldt med prøve og demineraliseret vand [g].

$W_2$  Vægt af pyknometer fyldt med demineraliseret vand [g].

$\rho_w^t$  Densitet af demineraliseret vand ved temperaturen  $t$ , [g/cm<sup>3</sup>].

## Rapportering

Kornvægtfylden angives med 2 decimaler.

## Bemærkninger

Lufttrykket i ekssikkatoren skal reduceres langsomt, således at kogningen ikke medfører, at der rives vand og jord ud af pyknometerets hals.

Stor omhyggelighed med vejninger og temperaturmålinger er nødvendigt, idet  $d_s$  beregnes på grundlag af en vægtforskel, som er lille i forhold til vægtene selv.

Der bør benyttes den samme vægt til kalibrering af pyknometeret og til de enkelte vægtbestemmelser.

To væsentlige kilder til fejl er:

- Uens temperatur i pyknometeret
- Ufuldstændig fjernelse af indesluttet luft i jorden

Uens temperaturvanskeligheder undgås, hvis temperaturen i pyknometeret er ens med rumtemperaturen, inden proppen anbringes i pyknometeret.

Den beskrevne kogningsprocedure er normalt nok til at fjerne den indesluttede luft i jorden. Jorden må ikke koges i pyknometeret ved normalt lufttryk, idet pyknometerets form kan ændres.

Hvis kornvægtfylden bestemmes på en frasigtet del af jordarten, anføres dette på forsøgsblanketten.

Sag			Sag nr.
Undersøgt d.	til	Lab. nr.	Boring nr.
Kontr. d.	Godk. d.	Kote	Bilag nr.

## PRØVESTØRRELSE

Prøve	nr				
Skål (Bægerglas)	nr				
Skål + $W$	g				
Skål	g				
$W$	g				

## RELATIV DENSITET

Prøve	nr				
Pyknometer	nr				
Pyk ind/ud ekssikkator	kl				
$W_1$ ( $W_{pyk} + W_s + W_{vand}$ )	g				
Temperatur $t$	°C				
$W_2$ ( $W_{pyk+vand}$ )	g				
Bægerglas	nr				
Bæger ind varmeskab	d. kl				
Bæger ud varmeskab	d. kl				
$W_{bgrglas} + W_s$	g				
$W_{bgrglas}$	g				
Tørstof $W_s$	g				
Vands densitet $\rho_w^t$	g/ml				
Relativ densitet $d_s = \frac{W_s \cdot \rho_w^t}{W_s + W_2 - W_1}$					

## DESTILLERET VANDS DENSITET $\rho_w^t$

°C	10	11	12	13	14
g/ml	0,99973	0,99963	0,99953	0,99941	0,99927
°C	15	16	17	18	19
g/ml	0,99913	0,99897	0,99880	0,99862	0,99843
°C	20	21	22	23	24
g/ml	0,99823	0,99802	0,99780	0,99757	0,99733
°C	25	26	27	28	29
g/ml	0,99708	0,99681	0,99654	0,99626	0,99598