

# DICHTHEID VAN DE VASTE DELEN VAN RIVIERKLEIGRONDEN<sup>1)</sup>

*Particle density of river-clay soils*

**J. N. B. Poelman<sup>2)</sup>**

## INLEIDING

In het kader van een fysisch onderzoek van oude en jonge rivierkleigronden in Nederland werd van een honderdtal monsters de dichtheid van de vaste delen bepaald. De cijfers vertoonden een spreiding die niet alleen te verklaren viel uit de dichtheden van het organisch materiaal en van de minerale fractie zoals die uit de literatuur bekend zijn (Boekel, 1961).

Het lag dus voor de hand meer factoren in de analyse te betrekken. Nu is een kleigrond samengesteld uit kleimineralen (minerale delen  $< 2 \mu\text{m}$ ), silt (minerale delen van 2 tot  $50 \mu\text{m}$ ), zand (idem van 50 tot  $2000 \mu\text{m}$ ), organische stof, en eventueel  $\text{CaCO}_3$ . Aan elk van deze componenten kan men een eigen dichtheid toekennen; in dit geval werden silt, zand en  $\text{CaCO}_3$  echter samengenomen als 'minerale rest'. Men zou anderzijds verder kunnen gaan en bij de zandcomponent een scheiding kunnen maken in zware en lichte mineralen, met de grens bij een dichtheid van 2,9. Daarvoor ontbraken echter de gegevens.

Nagegaan werd hoe groot het aandeel van lutum, organische stof en minerale restfractie in de dichtheid van het mengsel was.

## BEPALING VAN DE DICHTHEID VAN DE VASTE DELEN

Van een in een pyknometer afgewogen hoeveelheid luchtdroge lucht (ca. 15 g) wordt na toevoeging van ontlucht water de ingesloten lucht verwijderd. Daarna vindt aanvulling met water plaats tot een bekend volume. Het gewicht en de dichtheid van het water zijn bekend, zodat het volume van de vaste delen kan worden vastgesteld. Vervolgens wordt met het op stoofdrome grond ( $105^\circ\text{C}$ ) herleide gewicht en het gevonden volume de dichtheid van de vaste delen berekend. De in dit artikel vermelde gegevens zijn gemiddelden van deels in duplo, deels in triplo verrichte bepalingen.

<sup>1)</sup> Vroeger sprak men in plaats van dichtheid van de vaste delen veelal van soortelijk gewicht. In feite is echter sprake van twee verschillende grootheden. Het soortelijk gewicht is het gewicht van een volume-eenheid van het materiaal, terwijl dichtheid de massa van een volume-eenheid is. De laatste grootheid is onafhankelijk van de zwaartekracht. Om die reden verdient het gebruik van dichtheid in principe de voorkeur.

<sup>2)</sup> Stichting voor Bodemkartering, Rayon Zuid.

<sup>3)</sup> De bepalingen werden uitgevoerd op het Laboratorium voor Grondbewerking van de Landbouwhogeschool door de heer G. Kroesbergen. De heer C. Hoekstra van de Stichting voor Bodemkartering verrichtte aanvullende bepalingen.

#### VERWERKING VAN DE GEGEVENS

Hooghoudt (1945) heeft de basis gelegd voor de analyse-methode van de grond naar zijn granulaire samenstelling zoals die nu door het Bedrijfs-laboratorium in Oosterbeek wordt gebruikt. In de formule van Stokes voerde hij onder andere de dichtheid (het s.g.) van de minerale delen in. In afwachting van verder onderzoek (dat echter nooit werd uitgevoerd) nam hij voor de minerale delen een gemiddelde dichtheid van 2,675 aan omdat, zo schrijft hij, de dichtheid (van humus- en  $\text{CaCO}_3$ -vrije fracties) meestal ligt tussen 2,65 en 2,70. Later stelde hij vast dat bij zandgronden de dichtheid van de humusfractie 1,60 en die van het minerale deel 2,65 was (Boekel, 1961). Boekel corrigeerde op basis van een groot aantal bepalingen aan zandgronden deze waarden op 1,47 resp. 2,66.

Uitgaande van de waarde 1,47 werd voor het gegeven rivierklei-materiaal de dichtheid van de minerale delen ( $D_{\text{min}}$ ) berekend uit de gemeten dichtheid ( $D$ ) volgens de formule:

$$D_{\text{min}} = \frac{100-H}{\frac{100}{D} - \frac{H}{1,47}}$$

waarin  $H$  het humusgehalte voorstelt.

Tussen de op humusgehalte gecorrigeerde dichtheden voor het minerale gedeelte en de lutumgehalten bleek een goede correlatie te bestaan (zie fig. 1). De regressievergelijking was:

$$D_{\text{min}} = 0,0022 (\pm 0,00025) \times \text{lutumgehalte} + 2,66$$

met een correlatiecoëfficiënt van  $0,88 \pm 0,0024$ .

Deze uitkomst bevestigt de dichtheid 2,66, die Boekel voor de minerale delen vond, met dien verstande dat ze alleen geldt voor de silt- en zandfractie; voor de lutumfractie blijkt de dichtheid 2,88 te zijn (althans bij de onderzochte gronden).

De waarde van elk van de drie factoren is ook rechtstreeks door een correlatie-berekening te bepalen, uitgaande van de formule:

$$D = \frac{100}{aH + bL + c(100 - H - L)}$$

waarin  $L$  het lutumgehalte is, berekend op de grond, en  $(100 - H - L)$  de minerale restfractie of wel zand plus silt +  $\text{CaCO}_3$ .

Op deze wijze berekend, bleek de dichtheid van humus 1,43 te zijn, die van de lutumfractie 2,87 en die van de minerale restfractie 2,67. Hoewel dit een hogere correlatie opleverde ( $0,93 \pm 0,0032$ ), is voor de berekening van de dichtheid de eerste serie uitkomsten gekozen omdat ze aansluit aan de reeds in gebruik zijnde waarden en de verschillen toch gering

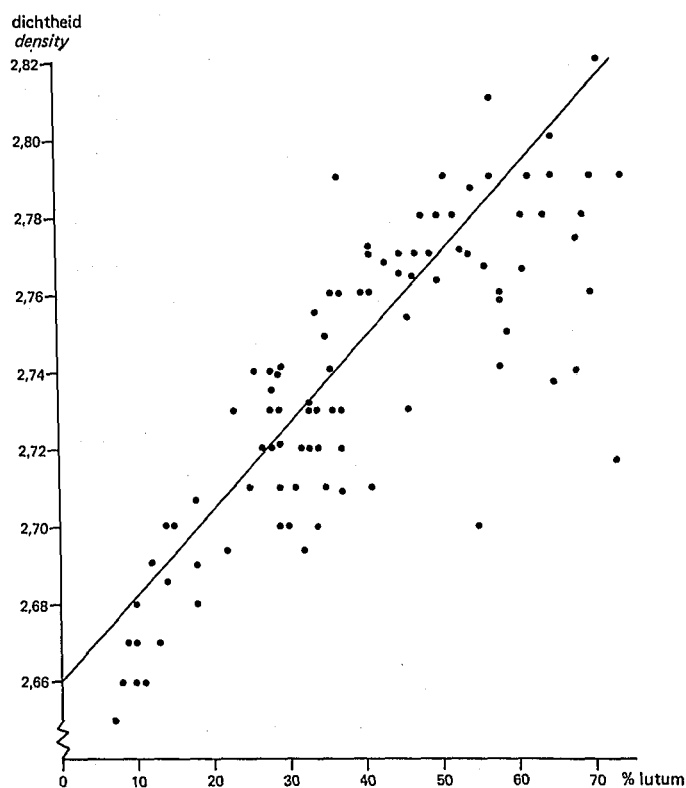


Fig. 1. Verband tussen lutumgehalte en dichtheid van de minerale delen van rivierkleigronden.

Fig. 1. Relation between % lutum (= clay) and particle density of river-clay soils.

zijn. De formule voor de berekening van de dichtheid van rivierkleigronden wordt dan:

$$D = \frac{100}{\frac{\% \text{ humus}}{1,47} + \frac{\% \text{ lutum}}{2,88} + \frac{\% \text{ minerale restfractie}}{2,66}}$$

Om de berekening van de dichtheid via de formule te omzeilen, is een nomogram gemaakt, waarvan figuur 2 een vereenvoudigde voorstelling geeft<sup>4)</sup>. Hieruit kan de dichtheid worden afgelezen, uitgaande van de gehalten aan humus en lutum, beide berekend op de grond. Met nadruk moet er nog op gewezen worden, dat de percentages lutum en 'minerale restfractie' uitgedrukt dienen te worden in het totaal van de grond en niet op de minerale delen alleen, zoals in de granulair-analyses meestal het geval is.

<sup>4)</sup> Voor belangstellenden is het eigenlijke diagram te verkrijgen bij de afd. Bodemtechniek van de Stichting voor Bodemkartering te Wageningen.

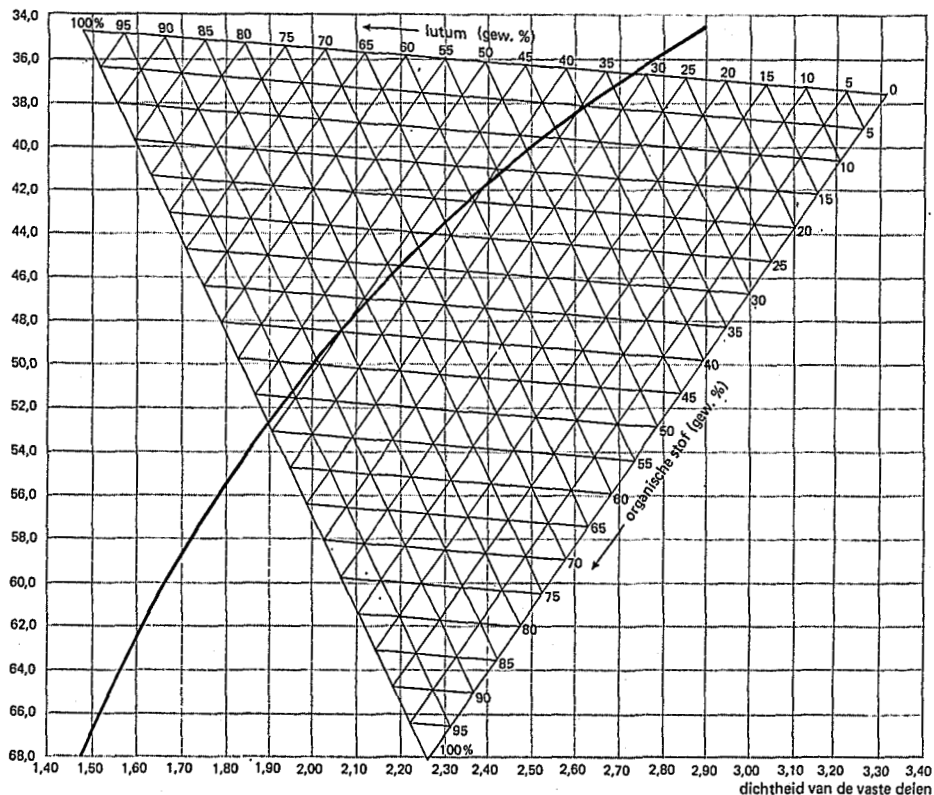


Fig. 2. Nomogram voor de schatting van dichtheden van de vaste delen bij gegeven humus- en lutumgehalten (beide berekend op de grond). Vanuit het met het humus- en lutumgehalte van het monster corresponderend punt in de driehoek volge men de horizontale lijnen in het basisruitennet tot aan de gebogen zwarte lijn. Vanaf het snijpunt volge men de vertikale lijn in het ruitennet tot aan de basis, waarop dan de dichtheid is af te lezen. Voor het geval men ook het volume van 100 g van de vaste delen wil kennen, volge men vanuit hetzelfde snijpunt de horizontale lijnen tot aan de vertikale as links in het nomogram. Daarop kan het volume in  $\text{cm}^3$  worden afgelezen.

Fig. 2. Nomogram for determining the particle density of river-clay soils.

#### BESPREKING VAN DE RESULTATEN

Boekel (1961) kon de dichtheid (s.g.) van de zandgronden afleiden uit de gehalten aan humus en zand, maar de hogere waarden die hij vond voor kleigronden, waren volgens hem niet te herleiden tot grootheden als lutum- en humusgehalten. Hij adviseerde dan ook de dichtheid voor elk kleimonster apart te bepalen. Meestal wordt echter in de praktijk voor het kleigehalte van een monster dezelfde waarde aangehouden als voor het zandgedeelte, nl. 2,65. De dichtheid van de lutumfractie zoals die nu voor de rivierkleigronden is gevonden, is dus duidelijk hoger dan werd verwacht.

Bij de bepaling met de pyknometer wordt water gebruikt om het volume

van de ingebrachte hoeveelheid grond te meten. In het grensvlak van beide stoffen treden verschijnselen op waarover in de literatuur geen eenstemmigheid van uitleg bestaat. Volgens Grim (1953) heeft een aantal onderzoekers zoals Langmuir, Terzaghi, Hardy, Winterkorn en vele anderen materiaal aangedragen om aan te tonen, dat het water dat direct aan het oppervlak van de gronddeeltjes wordt gebonden, zich in een bijzondere fysische toestand bevindt. Tscapek (1934), Hauser en le Beau (1938), De Wit en Arens (1950) maten een grotere dichtheid van de eerste molecuullagen van het geabsorbeerde water, wat door Low (1961) is weerlegd. Nitzsche (1940) en Andersen and Low (1958) vinden een kleinere dichtheid. Sommigen veronderstellen een op die van ijs gelijkende rangschikking van de atomen tegen de kleideeltjes. Ook ten aanzien van het vriespunt en de viscositeit van het water ontstaan veranderingen in deze grenslaag. Genoemde verschijnselen zijn des te duidelijker waar te nemen, naarmate het adsorptievermogen van de grond groter wordt.

Gradwell (1955) heeft erop gewezen, dat de gemeten dichtheden van zeer fijn verdeelde stoffen afhankelijk zijn van de verplaatsingsvloeistof: die met de grootste dipoolmomenten geven de hoogste waarden.

Een grotere dichtheid van het water direct aan het oppervlak van de gronddeeltjes gebonden in het traject tussen kamertemperatuur en 105 °C kan oorzaak zijn van een hogere waarde voor de dichtheid dan uit het kristalrooster valt af te leiden. Men spreekt dan wel van een schijnbare dichtheid (di Gleria e.a., 1962). Bij gebruik van apolaire vloeistoffen treden deze grensvlakverschijnselen veel minder sterk of in het geheel niet op. De dichtheden hiermee bepaald worden wel als 'werkelijke dichtheid' aangeduid.

Een aantal (28) door ons uitgevoerde bepalingen met petroleum gaven vooral voor de hogere lutumgehalten systematisch lagere waarden voor de dichtheid dan die bepaald met water; de gemiddelde verlaging was echter niet aanzienlijk ( $\pm 0,015$ ). Daar het niet duidelijk is, hoe het humusgehalte hierin meespeelt, mag aan dit experiment geen grote waarde worden toegekend.

Volgens Deer e.a. (1962) varieert de dichtheid van illiet van 2,6 tot 2,9. Andere auteurs, zoals Bayer (1956) en Lambe (1960), geven eveneens hogere waarden voor bepaalde kleien.

In hoeverre de opbouw van het kristalrooster een verklaring kan geven voor de gevonden waarde van de lutumfractie zal nader worden onderzocht.

Voorlopig kan men met de bovenbeschreven waarden voor de dichtheden van lutum-, humus- en minerale restfractie tot een wat genuanceerder, uit de granulaire samenstelling te voorspellen waarde voor de dichtheid van rivierkleigronden komen.

Ook ten aanzien van de zeekleigronden in Nederland is onderzoek gaande.

De voorlopige resultaten wijken nog niet af van die van de rivierkleigronden, maar het materiaal is wat de spreiding betreft nog te gering om een duidelijke uitspraak te doen. Te zijner tijd zullen de resultaten worden gepubliceerd.

De betekenis van het invoeren van een hogere waarde voor de dichtheid van de lutumfractie moge blijken uit het volgende voorbeeld. Het betreft een theoretisch geval van een rivierkleigrond met een lutumgehalte van 50%, zonder humus. Stel dat de inhoud van een ringmonster van 100 cm<sup>3</sup> 132,5 g weegt. Gaat men uit van de onderstelling dat de minerale delen een dichtheid hebben van 2,65, dan is het poriënvolume 50%. Volgens de gegevens in dit artikel zal deze kleigrond echter een dichtheid hebben van 2,77. De vaste delen nemen dan 47,8 vol. % in en het poriënvolume is dan 52,2%. Dat is dus 2,2 vol. % meer.

#### SAMENVATTING

Van een honderdtal monsters van rivierkleigronden werd de dichtheid van de vaste delen bepaald. Er werd een duidelijk verband gevonden tussen deze dichtheid en het gehalte aan humus, lutum en zand + silt. Wanneer de dichtheid van elk van deze componenten wordt berekend, blijkt dat die van de lutumfractie hoger is (2,88) dan tot nu toe voor de Nederlandse kleigronden is aangenomen (2,65).

december 1974

#### SUMMARY

The analysis of some hundred river-clay samples shows clear relations between particle density on the one hand and percentages organic matter, lutum (= clay) and sand + silt + CaCO<sub>3</sub> on the other. The particle density of the lutum appears to be higher (2,88) than up till now accepted for clay soils in the Netherlands (2,65).

#### LITERATUUR

- Anderson, D. M. and Ph. F. Low*, 1958: The density of water adsorbed by lithium-, sodium- and potassium-bentonite. *Proc. Soil. Sci. Soc. of America* 22: 99-103.
- Baver, L. D.*, 1956: *Soil physics*. New York. 3d ed.
- Boekel, P.*, 1961: De bepaling van het soortelijk gewicht van grind. Rapport 9, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid.
- Deer, W. A., R. A. Howie and J. Zussman*, 1962. *Rock-forming minerals*. Vol. 3: Sheet silicates. London.
- Gleria, J. di, A. Klimes-Szmik and M. Dvoracek*, 1962: *Bodenphysik und Bodenkolloidik*. Budapest.
- Gradwell, M. W.*, 1955: The determination of specific gravities of soils as influenced by clay-mineral composition. *New Zealand Journal of Science and Technology* 37 (3).
- Grim, R. E.*, 1953: *Clay mineralogy*. New York-Toronto-London.
- Hauser, E. and D. S. le Beau*, 1938: Studies of Colloidal Clay. I. *Journal Phys. Chem.* 42: 1031-1050.

- Hooghoudt, S. B.*, 1945: Bijdrage tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 50 (13)A No. 9. Een gecombineerde zeef- en pipetmethode voor de bepaling van de granulaire samenstelling van gronden. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 50 (13)A. 's-Gravenhage.
- Lambe, T. W.*, 1960: Soil testing for engineers. New York and London.
- Low, Ph. F.*, 1961: Physical chemistry of clay-water interaction. Advances in Agronomy, vol. 13. New York.
- Nitzsche, W.*, 1940: On the structure of the hydration hull. of inorganic soil colloids. Kolloid-Zeitschr. 93: 110-115.
- Tscapek, W.*, 1934: The density of adsorbed water in soils. Zeitschr. Pflanzenernähr. Düngung und Bodenkunde 34: 265-271.
- Wit, C. T. de, and P. L. Arens*, 1950: Moisture content and density of some clay minerals and some remarks on the hydration pattern of clay. Transactions of the International Congress of Soil Science, Amsterdam. II.