

# HET VERSLEMPINGSBEELD

## STRUCTURAL CHANGES IN SOIL WITH WETTING

door/by

**A. R. P. Janse**<sup>1)</sup> en **F. F. R. Koenigs**<sup>1)</sup>

### SAMENVATTING

Op basis van een systematische analyse van het verslempingsbeeld kunnen gronden worden ingedeeld. De optredende veranderingen in de structuur van de grond zijn kenmerkend en geven een betere benadering voor het ordenen van de gegevens die tot dusver uit andere, vooral fysische meetmethoden werden verkregen.

### 1. INLEIDING

Een beschouwing van een bodemstructuur naar zijn verschijningsvorm verschaft de nauwlettende waarnemer reeds een belangrijke hoeveelheid gegevens over de aard van de bodem. Zulk een opname dient niet alleen om de structuur op het moment van waarneming te beschrijven, maar vaak ook kunnen uit de vorm, de huidjes en de poriën conclusies worden getrokken over de reactie van de grond op andere weersomstandigheden dan die welke bij de monsterneming heersten (Jongierius 1958). Perioden van droogte en sterk toegenomen verdamping laten evenzeer hun sporen na als die van een sterke regenval. Zo geeft ook een langdurige eenzijdige bemesting een typerend structuurbeeld, terwijl de invloed van een grondbewerking bij een verkeerd vochtgehalte zeer lang nadien nog waarneembaar kan zijn. Het is echter vaak niet gemakkelijk uit de structuur het gedrag van de gronden t.o.v. klimatologische veranderingen af te leiden, b.v. omdat de kenmerken fossiel kunnen zijn. Bovendien zal men door drainage, beregening, bevoeiing of ontbossing vaak de omstandigheden willen wijzigen, in welk geval de bestaande structuur geen uitsluitsel kan geven.

Van de factoren, die de structuur van de grond beïnvloeden zijn de volledige bevochtiging en de indroging wel de belangrijkste en meest universele.

Ten eerste omdat zij niet te vermijden zijn, ten tweede omdat de veranderingen die tijdens de volledige bevochtiging optreden zeer groot zijn.

Het is daarom wenselijk direct en op eenvoudige wijze gegevens te verkrijgen over het gedrag van de structuur van een grond bij complete verzadiging. Experimenteel kunnen deze veranderingen eenvoudig worden nagegaan door het onderdompelen van enkele aggregaten van de grond in water. De veelvuldige wisselingen van het vochtgehalte in een onverzadigde grond zijn zonder twijfel ook van grote betekenis. Zij blijven hier echter buiten beschouwing, ten eerste omdat bij onvolledige verzadiging slechts zeer weinig wijzigingen in de bouw van de grond aflopend zijn; ten tweede, omdat de apparatuur voor het verrichten van waarnemingen binnen engere vochttrajecten aanzienlijk ingewikkelder zou moeten zijn en ten derde omdat slechts relatief grote veranderingen, zoals die bij onderdompeling optreden, visueel kunnen worden waargenomen.

<sup>1)</sup> Laboratorium voor Landbouwscheikunde van de Landbouwhogeschool.

Er kan daarenboven nog een praktisch argument worden aangevoerd. Voor de op de praktijk georiënteerde onderzoeker verdient het de voorkeur de reeds bestaande begrippen en uitdrukkingen over de eigenschappen van een bodem in een normaliserend schema onder te brengen. In de praktijk nu heeft men veelal de gronden benoemd naar hun eigenschappen bij volledige bevochtiging, zoals irreversibel indrogend en slempig. Het is dan ook zeker zinvol hiervan uit te gaan bij een nadere beoordeling. Men komt dan tot een samenhangend geheel; een reeks van verwante eigenschappen, die een indeling mogelijk maken en fysisch een reeks van definieerbare grootheden vertegenwoordigen. Deze gedachtengang ligt in hoofdzaak ten grondslag aan het indelingsschema, dat voorlopig alleen ten behoeve van studenten werd ontworpen. Hoewel de scheidingen niet altijd zeer scherp kunnen worden gemaakt blijkt de bruikbaarheid voldoende groot. Het schema is thans gedurende bijna drie jaar met succes op het bodem-fysisch practicum toegepast. Het schema werd als een determinatietabel ontworpen, die naar een typerende benaming leidt.

## 2. VERKLARING VAN DE OPTREDENDE VERSCHIJNSELEN

De proef is zo eenvoudig mogelijk gehouden, namelijk een onderzoek naar het gedrag van de grond bij verzadiging door onderdompeling. Gemakshalve werd onderdompeling gekozen daar het weinig uitmaakt of men de grond verzadigt door er water langs te laten stromen of door hem onder te dompelen. De belangrijkste verschijnselen waarop men moet letten zijn de volgende:

1. Bevochtiging;
2. Luchtexplosie;
3. Zwellings;
4. Stabiliteit.

### 2.1. *De bevochtiging*

Bevochtiging kan alleen plaatsvinden als de adhesie van het water aan de grond groter is dan de cohesie van het water zelf. Is de adhesie groot, dan zal de hoek die het water met het te bevochtigen voorwerp maakt klein zijn (het water wordt naar boven getrokken). Is de adhesie klein dan zal deze hoek groot zijn (het water wordt afgestoten).

Voornamelijk aan gronden die sterk ingedroogde zure ijzerhoudende humus bevatten zal de adhesie zeer gering zijn. Deze humus kan immers zeer sterk lucht adsorberen en het water kan door deze luchthuid, die bij onderdompeling duidelijk te zien is, de grond niet bereiken. De meniscus tussen grond en water is dan ook bolvormig en het kan bij deze gronden zeer lang duren eer het water wordt opgenomen. Door de snelheid van bevochtiging bij toenemende graden van indroging na te gaan (b.v. veldvochtgehalte, luchtdroog, stoofdroog) kan men een indeling maken van de mate van irreversibiliteit.

Daar de kluitjes in extreme gevallen van irreversibiliteit in het geheel niet bevochtigd worden, zullen zij, mits zij klein genoeg zijn, door de oppervlaktespanning van het water drijvende worden gehouden, aangezien de dichtheid van de aggregaten in een omgekeerd verband staat tot het humus-

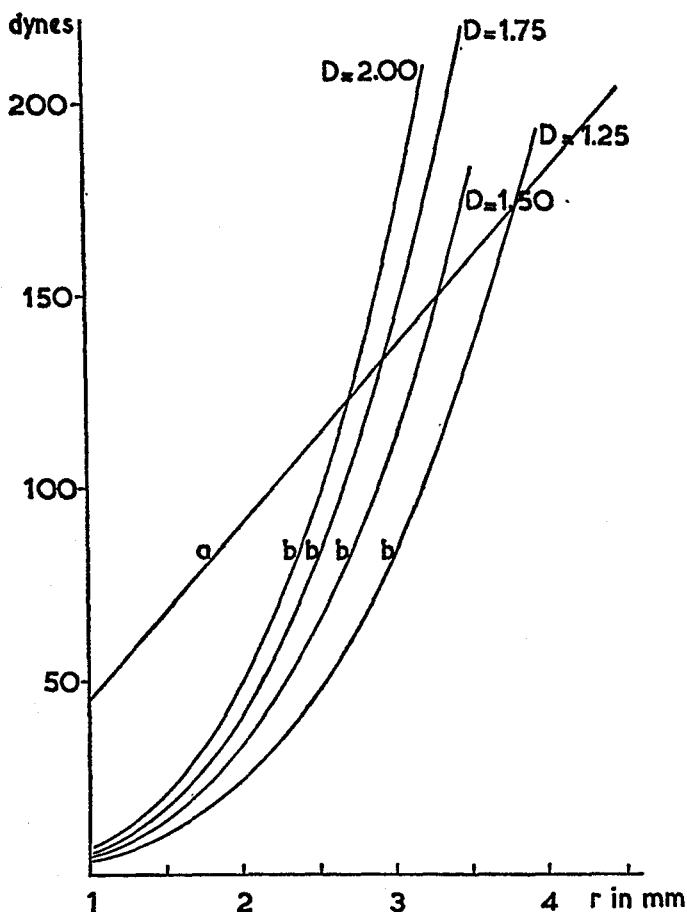


Fig. 1.  
 Het verband tussen de oppervlaktespanning en de straal van niet te bevochtigen kluitjes met een gegeven dichtheid.  
 Op de snijpunten van a (opwaartse druk van de oppervlaktespanning) en b (gereduceerde neerwaartse druk door de zwaartekracht) staat het kluitje op het punt te zinken.  
*The relation between the surface tension and the radius of „unmoistable” soil clods with given density. On the intersections of a (upward pressure of the surface tension) and b (reduced downward pressure of the gravitation) the clods are about to sink.*

gehalte, m.a.w., dat de diameter van de kluitjes die nog net zinken kleiner is naarmate het humusgehalte lager is. Men kan dus door het bepalen van de diameter van de kluitjes die nog net zinken een indruk krijgen van hun dichtheid en dus van hun humusgehalte. In de bovenstaande grafiek wordt aangegeven bij welke straal een niet te bevochtigen bol met een onderscheiden dichtheid zal blijven drijven. Het hydrostatische evenwicht wordt hierbij berekend met behulp van de oppervlaktespanning van het water. Aangenomen wordt daarbij, dat deze oppervlaktespanning van het grensvlak grond – water dezelfde waarde heeft als van het grensvlak lucht – water. De kromming van de waterspiegel wordt dan gelijk gesteld aan de kromming van de bol. De opwaarts gerichte kracht tengevolge van het indrukken van

het wateroppervlak zal maximaal zijn als de bol tot op halve hoogte in de vloeistof ligt. De kracht is dan gelijk aan

$$\frac{2\sigma}{r} \times \pi r^2 = 2\pi\sigma r.$$

De naar beneden gerichte kracht volgt uit het volume en de dichtheid vermindert met de dichtheid van de vloeistof ( $p = 1$ ), zodat deze gelijk is aan  $(d - 1/2) \cdot 4/3\pi r^3 \cdot g$ .

De snijpunten van de rechte met de kromme in de grafiek geven de grootte van de straal aan, waarbij een bol met een gegeven dichtheid nog juist niet zinkt.

Men ziet dat de invloed van de straal zeer groot is en de bepaling van de dichtheid van de grotere aggregaten, d.w.z. de nauwkeurigheid van de bepaling van het gehalte aan organisch materiaal dus klein is.

Als de adhesie van het water aan de grond groot is, zal het water in de grond dringen. Bij een gelijke bevochtigingshoek hangt de snelheid voornamelijk af van de porositeit en de grootte van de poriën.

Als men aggregaten van eenzelfde grootte neemt kan men, door de bevochtigingstijd te vergelijken, zeer globaal geïnformeerd worden over de onverzadigde doorlatendheid. (Hiervoor moet men de aggregaten niet onderdompelen, maar in een laagje water leggen.)

Neemt men meer aggregaten van eenzelfde grond dan kan men geïnformeerd worden over de inhomogeniteit. Zo komen in de bovengrond van periodiek drassig weiland soms grote en kleine aggregaten voor. De eerste waren goed bevochtigbaar, de tweede slecht. Dit kan komen doordat de dichtheid van de kleine aggregaten groter is, wat op zichzelf de bevochtigingssnelheid remt; bovendien zullen zij door hun grotere dichtheid langer anaëroob blijven, wat weer invloed kan hebben op de hoeveelheid en aard van de humusverbindingen, zie Janse en Hulsbos (1956).

## 2.2. *De luchtexplosie* (fig. 2 en 3)

Indien het water van alle kanten tegelijk de aggregaten binnendringt, kan de daarin aanwezige lucht, bij een uniforme poriëndiameter, aan de buitenzijde van de aggregaten, moeilijk of niet ontwijken. De lucht wordt door het water, dat onder invloed van de capillaire krachten binnenstroomt, samengeperst. De aldus verkregen druk is maximaal gelijk aan het verschil tussen de zuigspanning van de droge grond en die van het water waarmee de grond in contact is; de druk bedraagt dus maximaal enkele honderden atmosferen. Aangezien de samenhang in de bevochtigde grond vrij gering is, wordt het bevochtigde deel van het aggregaat losgeblazen. Voor het geval men met homogene (kunstmatige) aggregaten te maken heeft ziet men telkens concentrische lagen afspringen; stopt men de bevochtiging dan houdt men een afgeronde kern over. Bij natuurlijke aggregaten zal de bevochtiging niet overal even snel voortschrijden en de aggregaten zullen uiteenvallen langs de vlakken waar de weerstand het geringst is. Voor de landbouwkundige interpretatie is de grootte van de deeltjes waarin de kluit uiteenvalt, van veel belang. In het geval van een groot aantal elementaire deeltjes of deeltjes waarvan de afmetingen zo gering zijn dat zij bij indroging een samenhangende korst zullen vormen, is het verschijnsel uitermate

schadelijk. In de tabel wordt in dit geval de term „dispergeren” gebruikt, hoewel de deeltjes nog vele malen groter kunnen zijn dan de primaire.

Vallen de kluiten echter uiteen in blokjes van enkele millimeters, dan kan men het verschijnsel als gunstig beschouwen, daar in dit geval de grondwerking zo niet overbodig dan toch zeer gemakkelijk wordt.

Een voorwaarde voor de luchtexplosie is uiteraard dat er lucht in de fijne poriën aanwezig is. Dit zal het geval zijn als het vochtgehalte beneden het omslagpunt gedaald is. Het omslagpunt is het vochtgehalte waarbij de donkere kleur van de vochtige grond omslaat in de lichte kleur van de droge grond.

In sommige gevallen waar het niet duidelijk is of het uiteenvallen veroorzaakt wordt door de hierna te behandelen zwelling dan wel door een zwakke mate van luchtexplosie, kan men hier achter komen door de kluit eerst langzaam te verzadigen voordat men hem onderdompelt. Men legt de kluit op een stuk vloeipapier waarvan een slip in een 10 cm lager geplaatst bakje water hangt. Na bevochtiging legt men de kluit met vloeipapier en al in een bakje water.

### 2.3. De zwelling

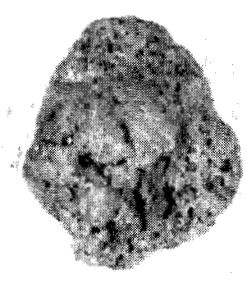
De zwelling is het bekende verschijnsel van de volumetoename van droge kleien bij toevoer van water. Het water wordt aan de oppervlakte van de kleideeltjes gebonden en deze komen aldus op een grotere afstand van elkaar te liggen.

De oorzaak van de adsorptie van water aan klei is de volgende. De kleiplaatjes zijn door substitutie in het mineraal-rooster negatief geladen; deze negatieve lading wordt altijd geneutraliseerd door geadsorbeerde kationen, die samen met het negatieve kleiplaatje de zogenaamde „dubbellaag” vormen. Bij onderdompeling van een droge klei in water zijn de kationen aan twee tegengestelde krachten onderworpen, enerzijds worden zij aangetrokken door het kleiplaatje, anderzijds zullen zij van het plaatje verwijderd worden onder invloed van het verschil in concentratie (moleculen/ml) tussen de ruimte vlak om het plaatje en het toegevoegde water. De evenwichtstoestand is geformuleerd door Schofield (1946) en door Bolt en Pech (1953).

Zolang de evenwichtstoestand niet is bereikt zal door het systeem water worden aangetrokken, hetgeen als zwellingsdruk gemeten wordt. Daar er bij bezetting met tweewaardige ionen maar half zoveel ionen aanwezig zijn als bij bezetting met eenwaardige is de maximale zwellingsdruk in het eerste geval ook slechts half zo groot. Verhoging van de zoutconcentratie van de uitwendige vloeistof betekent een vermindering van het verschil in concentratie en doet dus de dubbellaag inkrimpen en de zwelling verminderen. Verder wordt de zwelling tegengewerkt door London-van der Waalskrachten, rand-plaatzijde attractie (Van Olphen, 1951) elektrostatische krachten (Mac Ewan, 1954) door humusbindingen en allerlei kitstoffen.

Daar de zwellingsdruk bij natriumbezetting groter is dan bij calciumbezetting en daar de humus- en kitstoffen in de natriumvorm min of meer oplosbaar zijn, zullen de natriumgronden in zuiver water onbeperkt zwellen en de calciumgronden slechts een beperkte zwelling vertonen.

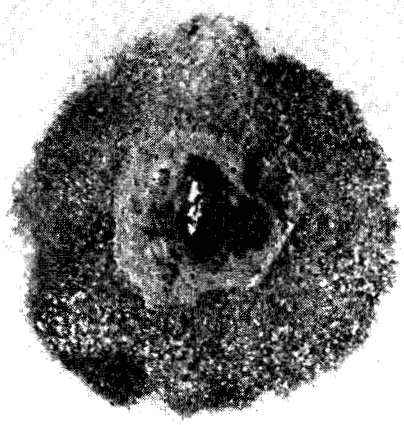
In het eerste geval is het eindstadium bereikt als de kleideeltjes hun samenhang verliezen en door de warmtebeweging in suspensie gaan. Dit disper-



a. droog / *dry*

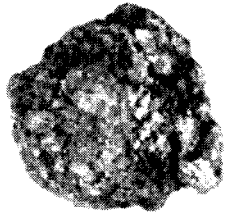


b. ondergedompeld / *immersed - 10 sec.*

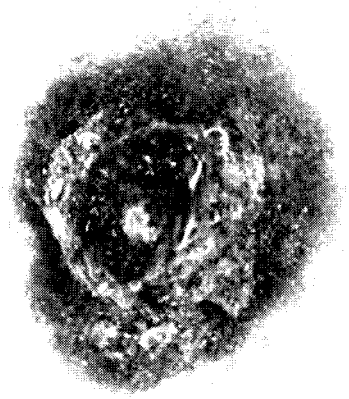


c. 20 sec.

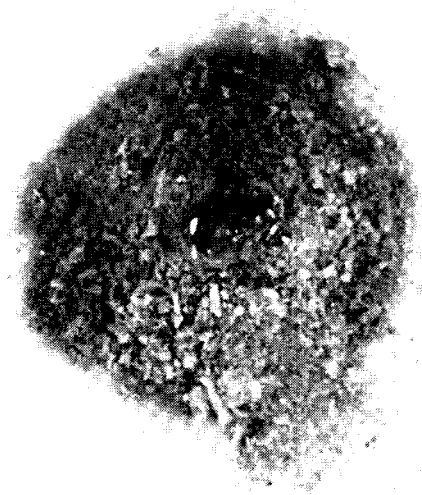
Fig. 2. Luchtexplosie (löss) / *Air explosion (loess)*



a. droog / *dry*



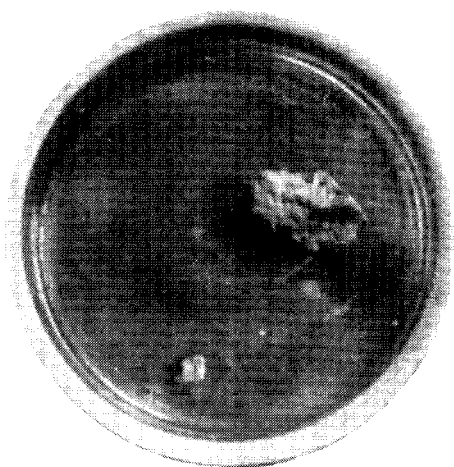
b. ondergedompeld / *immersed* - 10 sec.



c. 30 sec.

De grijze keileem valt minder sterk uiteen dan de rode.  
*The grey boulder clay deteriorates less than the red.*

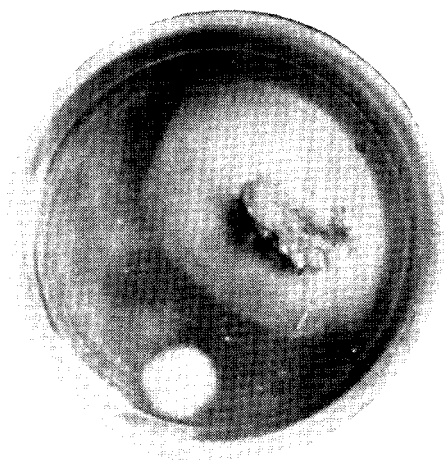
Fig. 3.  
Luchtexplosie (rode en grijsgevlakte keileem) / *Air explosion (red and grey stained boulder clay)*



a. droog / *dry*



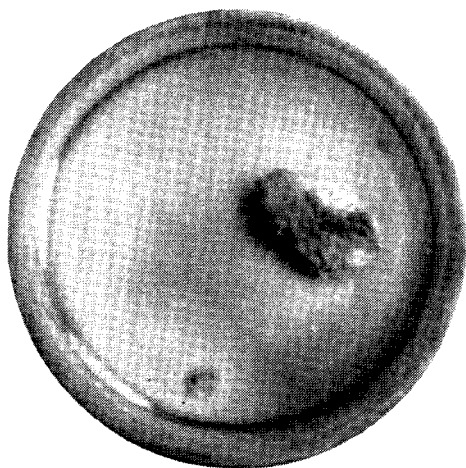
b. ondergedompeld / *immersed* – 5 min.



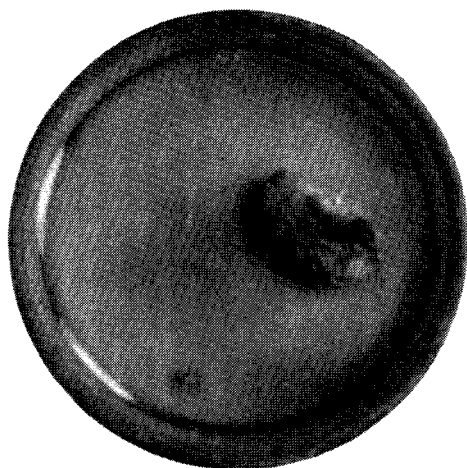
c. 10 min.

Fig. 4. Spontaan dispergeren (knipklei, Goeree) / *Spontaneous dispersion.*

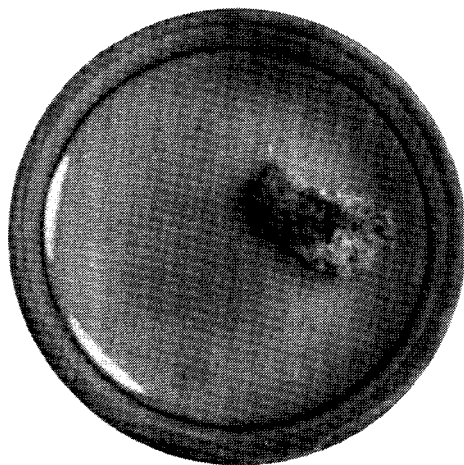




d. 20 min.



e. 40 min.



f. 14 uur / hours

geren is vaak een zeer langdurig proces. Als men de omtrek van grondschildertjes echter onscherp ziet worden en als de oppervlakte van de kluitjes lichter van kleur wordt zij men gewaarschuwd, dat het proces aan de gang is. Deze langzame dispersie treedt bij gedroogde monsters vaak niet meer op, daarom is het van belang deze proef ook aan verse monsters te verrichten, vooral als ondergronden bestudeerd worden. Tijdens het drogen van de monsters kunnen immers allerlei veranderingen, waaronder irreversibele, plaatsvinden. Soms kan men ook nog aan gedroogde gronden verschillen waarnemen, als men het verslempingsbeeld van een gekneet monster bepaalt. Door de intensieve mechanische inwerking van het kneden, bij voorkeur in de buurt van de kleefgrens, worden de invloeden van het drogen weer ten dele te niet gedaan.

Bij gronden bezet met tweewaardige ionen komt het zelden tot dispersie, maar al naar gelang de grootte van de zwelling zullen bij deze gronden tijdens de zwelling spanningen optreden, die de kluitjes uiteen doen vallen. Daar dit uiteenvallen soms niet erg duidelijk is (de stukken kunnen door wortelresten nog bij elkaar gehouden worden) beweegt men, nadat de zwelling is afgelopen, het schaalpje viermaal met matige snelheid heen en weer.

Zoals reeds gezegd heeft de zoutconcentratie een grote invloed op de zwelling. Het verdient dan ook aanbeveling juist die vloeistof te gebruiken, waarmee de grond in feite in contact komt of zal komen. Voor het onderzoek van de bovengrond in vochtige gebieden verdient regenwater (of gedestilleerd water) de voorkeur; voor de bovengrond in droge gebieden komt irrigatiewater in aanmerking (al dan niet verrijkt met gips).

Voor het onderzoek van ondergronden kiest men drain- of infiltratiewater.

#### 2.4. *De stabiliteit*

In het voorgaande hebben we de stabiliteit leren kennen als resultante van de samenbindende en afstotende krachten binnen het aggregaat, en speciaal de oorzaken die tot vernietiging van een aggregaat bij bevochtiging kunnen leiden werden behandeld. We komen door de onderdompelingstechniek te weten of de aggregaten of delen ervan tegen snelle bevochtiging bestand zijn; we weten echter nog niets van hun weerstand tegen mechanische invloeden. Dit is echter een belangrijk gegeven, want nadat de aggregaten bevochtigd zijn kunnen er in de natuur nog andere vernietigende krachten werken, bijvoorbeeld de regenval. Om althans een globale relatieve schaal van stabiliteiten te kunnen opstellen, bekijken we de reactie van de geheel verzadigde kluiten op een gestandaardiseerde mechanische invloed. We strijken met een kwast viermaal over de oppervlakte van de kluiten en nemen het uiteenvallen en de troebeling waar. Ook de snelheid van bezinken wordt in aanmerking genomen daar deze een ruwe maat voor de fijnheid van de losgemaakte deeltjes oplevert. Door vergelijking met een reeks standaardmonsters kan men een onbekende grond inpassen. Voor kwantitatieve gegevens zal men de stabiliteitsanalyse van Koenigs (1961) moeten toepassen, die hier verder buiten beschouwing blijft.

### 3. DE OPZET VAN DE PROEF EN DE DETERMINATIE

Voor de uitvoering van de proef heeft men nodig: plastic zakjes, petri-schalen (desnoods theekopjes), flessen met gedestilleerd-, regen-, drain- of

infiltratiewater, een kwastje, een goede loep en eventueel een droog-mogelijkheid (au-bain-marie). Het is dus geen veldproef, maar een keuken- of tentproef. De werkwijze is simpel: men plaatst het kluitje of de aggregaten in de recipiënt en giet er langzaam vloeistof naast totdat het monster geheel onder water staat. Daarbij en daarna beschrijft men de veranderingen welke men waarneemt en volgt de hierna vermelde determinatietabel. Het kan daarbij wel voorkomen, dat men niet geheel scherp kan scheiden tussen twee vermelde eigenschappen. Dit onderzoek beoogt echter een kwantitatieve interpretatie te geven, in tegenstelling tot de determinatie in een flora, waarbij overwegend kwalitatieve kenmerken moeten worden vastgelegd.

### Tabel bij het onderzoek van het verslempingsbeeld

(Liefst zowel luchtdroge als verse natuurlijke aggregaten,  $\varnothing < 1$  cm).

1. a. de aggregaten worden bij onderdompeling in water niet bevochtigd. (2)
- b. de aggregaten worden bij onderdompeling in water wel bevochtigd. (3)
2. a. de aggregaten drijven. *Irreversibele gronden, rijk aan organisch materiaal.*
- b. de aggregaten drijven niet. *Irreversibele gronden, arm aan organisch materiaal.*
3. a. de bevochtiging geschiedt langzaam, *moeilijk te bevochtigen gronden.* (4)
- b. de bevochtiging geschiedt snel, *gemakkelijk te bevochtigen gronden.* (4)
4. a. de aggregaten blijven intact of vallen uiteen langs reeds eerder gevormde zichtbare scheuren. (5)
- b. de aggregaten vallen uiteen. (7)
5. a. de aggregaten of grote delen ervan blijven bij schudden in water intact. (6)
- b. de aggregaten vallen bij schudden in water uiteen. (7)
6. a. de aggregaten zijn moeilijk te dispergeren met een kwast, *stabiele, niet-werkende gronden.*
- b. de aggregaten zijn gemakkelijk te dispergeren met een kwast, *onstabiele, niet-werkende gronden.*
7. a. de aggregaten dispergeren snel waarbij luchtballen vrijkomen. (8)
- b. de aggregaten vallen uiteen in kleine kluitjes (mm). Bij herhaalde droging en onderdompeling vallen deze weinig uiteen en vormen gemakkelijk te breken secundaire aggregaten na droging. (9)
- c. de aggregaten dispergeren langzaam, nagenoeg onafhankelijk van het oorspronkelijke vochtgehalte. (10)
8. a. de aggregaten dispergeren na onderdompeling in luchtdroge toestand. *Gronden, zeer gevoelig voor luchtexplosie.*
- b. de aggregaten exploderen bij onderdompeling in ovedroge toestand (vallen normaal in kleine kluiten uiteen). *Gronden, matig gevoelig voor luchtexplosie.* (9)
9. a. de kluitjes kunnen onder water moeilijk worden gedispergeerd met een kwast. *Stabiele, werkende gronden.*
- b. de kluitjes kunnen gemakkelijk worden gedispergeerd met een kwast. *Onstabiele, werkende gronden.*
10. a. het dispergeren gaat met een aanzienlijke volumetoename (van

- het nog niet gedispergeerde deel van het aggregaat) gepaard.  
*Na-kleien* (Montmorilloniet-houdend).
- b. het dispergeren gaat niet van een duidelijke volumetoename vergezeld. *Slempige gronden*.  
 (stofgronden, knipkleien).

Voorbeeld. Bovengrond van een humeuze komklei.

1. Tijdens het toevoegen van het water nemen we geen bolle meniscus waar en we zien ook geen luchtlagen tussen kluit en water.  
De grond wordt dus bevochtigd, we worden verwezen naar 3.
3. Als de grond onder water staat zien we zo nu en dan enige luchtbelllen ontwijken, dit duurt ongeveer 10 minuten, daarna nemen we geen verandering meer waar. We hebben te maken met een *gemakkelijk te bevochtigen grond* en worden naar 4 verwezen.
4. Enkele korreltjes aan de rand van de kluit zijn er afgevallen, de rest blijft één geheel. Naar 5.
5. Het zachtjes heen en weer schudden heeft geen effect. Naar 6.
6. We strijken met een kwast langs de oppervlakte van de kluit. Deze valt niet uit elkaar en het water wordt niet erg troebel. Ook de korreltjes die er in het begin afgevallen zijn hebben hun scherpe omtrek behouden. De kluit was dus afkomstig van een *stabiele, niet-werkende gemakkelijk te bevochtigen grond*.

#### 4. SLOTBESCHOUWING

Zonder twijfel kunnen uit de waargenomen verschijnselen voor de praktijk nuttige inzichten worden verkregen; een waardering van de gronden zal echter mede afhangen van de ligging en het gebruik dat ervan wordt gemaakt. Met de ligging is dan tevens bedoeld de hoogteligging ten opzichte van het freatisch niveau; met het gebruik naast de bewerkingsmethoden tevens het voorkomen van een open braak.

Ofschoon in de regel bij een geringe stabiliteit gemakkelijk structuurverval kan optreden, is een waardebeplating ook hier niet eenvoudig. Zeker is wel dat ligging en gebruik van de grond hierbij betrokken moeten worden. Als eis zal men moeten stellen dat de grond bij de gegeven variaties van het klimaat steeds voldoende lucht en water bevat en dat het aanrakingsoppervlak tussen lucht en water steeds voldoende groot is. Immers, de diffusiesnelheid van de zuurstof zal een functie zijn van de grootte van dit oppervlak. Bij slempigheid zal de waardering van de grond dus afhangen van de textuur, daar deze in dit geval de poriëngrootte zal bepalen, die op haar beurt weer de zuigspanning bepaalt waarboven lucht de grond kan binnendringen. Daar in ons klimaat alle gronden soms met water worden verzadigd, is het gedrag bij verzadiging een goede beoordelingsmaatstaf. Daar de mate van uitdroging in het veld echter ook afhangt van ligging en begroeiing, moet hiermede terdege rekening worden gehouden bij de vraag of de gevoeligheid voor de luchtexplosie als criterium mag worden gebruikt. Of „werkende” gronden hoger moeten worden gewaardeerd dan „niet-werkende” is vooralsnog een open vraag. Bij „werkende” gronden zal de ondergrond eerder dicht zwellen; de „niet-werkende” bezitten de eigenschap dat eenmaal ontstane grote kluiten door bevochtigen en indrogen moeilijk worden verkleind. Gronden, die gevoelig zijn voor luchtexplosie,

zullen niet mogen uitdrogen; de grens waartoe dit mag geschieden zal onder meer afhangen van het omslagpunt. Hun waarde zal ook afhangen van de hardheid van de korst die na luchtexplosie wordt gevormd en van de stabiliteit die ze boven het omslagpunt bezitten. Gronden, die spontaan in water dispergeren (fig. 4) of een zeer geringe stabiliteit bezitten, zullen in de praktijk de grootste moeilijkheden opleveren. Ook in dit geval moet de textuur bij de waardering worden betrokken.

januari, 1961

## 5. SUMMARY

Of the processes influencing soil structure (drying out, wetting, manuring, cultivation, etc.) wetting produces the greatest changes. This paper discusses these changes and it provides a scheme for systematically distinguishing and classifying differences between them. The wetting is achieved by immersing the soil in water, and it is combined with a standardized form of mechanical disturbance, which in this case consists of gently brushing the immersed material.

The changes produced this way in a soil fragment or aggregate fall into 4 groups. They are:

- (a) *The nature of the moistening on immersion.* The forces of attraction between the soil and water can vary considerably, and the rate and nature of the moistening differ accordingly. In a soil with an acid, dried out, iron-rich humus for instance, they are small, and the material is moistened only slowly and/or incompletely.

Where the forces of attraction between water and soil are big, the water enters the soil easily. The rate of entry here is determined by the number and size of the pores. It provides also a rough measure of unsaturated permeability.

- (b) *Fracturing from air explosion.* Water entering a soil (which has been sufficiently dried out) compresses any air present in the pores, and causes them to shatter to varying degrees. The size of the soil fragments produced this way is important to agriculture. When they are small, they may form a harmful crust on subsequent drying out. Where the soil peds formed are a few mm large, working of the land will be much facilitated.
- (c) *Swelling.* The wetting of a soil is associated to varying degrees with the swelling and dispersion. These changes are indicated by a softening of the contours of the soil units and by a lightening of their surface colour. The swelling results in tensions which may cause the soil fragments or peds to break apart. Dispersion is a feature of soils with a significant proportion of monovalent ions in the exchange complex. It is slow, and it may be inhibited by irreversible changes with drying. It should be studied therefore on both dried and freshly taken samples, especially where these come from subsoils. The salt concentration of the water exerts an important influence on this process, and the water used for the test should approximate that with which the sample normally comes into contact.
- (d) *The stability* of a soil fragment is the resultant of the forces of cohesion and repulsion acting on it once it is in equilibrium with water. It is measured by gently brushing the immersed soil material. It provides

an indication of the mechanical effect of rainfall etc. The properties observed include the degree of breaking up, and the rate of settling of the disrupted material.

These changes in soil behaviour (structure) with wetting and mechanical disturbance have been defined and ranged in a scheme. The latter provides a means for systematically describing and distinguishing them. Together with the topographical situation of a soil, its plantcover, land-use and its texture the schema can help to evaluate a soil for agricultural and engineering purposes.

## 6. LITERATUUR

- Bolt, G. H. and M. Peech*, 1953: The application of the Gouy Theory to soil water systems. S.S.S.A.P. Vol. 17, 210-213.
- Janse, A. R. P. et W. C. Hulsbos*, 1956: Influence de quelques plantes de couverture sur certaines propriétés physiques du sol. Agron. Trop., Nogent 11, 759-777.
- Jongerius, A.*, 1958: The morphological soil structure classification of the Dutch soil survey institute. Proc. of the Intern. Symposium on Soil Structure, Ghent 1958, 206-213.
- Koenigs, F. F. R.*, 1961: The stability of clay soils as influenced by the moisture conditions and some other factors. Proefschrift, Wageningen 1961.
- Schofield, R. K.*, 1946: Ionic forces in thick films of liquid between charged surfaces. Trans. Faraday Society B (1946), 219-225.