

BIJDRAGE TOT DE KENNIS VAN HET BODEMADSORPTIEVRAAGSTUK

DOOR

D. J. HISSINK.

1. Wanneer een kleigrond met een oplossing van een neutraal zout, bijv. ammoniumchloride, geschud wordt, dan bevat het filtraat Ca, Mg, K en Na, terwijl het gehalte van de oplossing aan NH_4 afgenomen is. Er heeft dus blijkbaar een omwisseling van de Ca-, Mg-, K- en Na-ionen uit den bodem tegen NH_4 -ionen uit de oplossing plaats gevonden. Bij dit omwisselingsproces valt op te merken:

- 1^o. dat de anionen er niet aan deelnemen;
- 2^o. dat bij de gewone kleitypen de oplossing ook na de proef neutraal reageert, de omwisseling dus zóó plaats vindt, dat NH_4 -ionen in equivalente verhouding tegen Ca-, Mg-, K- en Na-ionen uitwisselen;
- 3^o. dat de omzetting omkeerbaar is: er treedt een bepaalde evenwichtstoestand in;
- 4^o. dat de omzetting met groote snelheid verloopt.

De kleisubstantie bevat dus los gebonden basen, die binnen zeer korten tijd tegen andere basen uitgewisseld kunnen worden.

Ook de humus in den bodem bindt basen, die waarschijnlijk voor een deel tegen andere uitwisselbaar zijn; ik beperk mij heden evenwel tot het minerale bodemcomplex, dat uitwisselbare basen gebonden houdt, tot de kleisubstantie dus.

Ik heb er nu geen bezwaar tegen deze uitwisselbare basen als adsorptief in de kleisubstantie gebonden te beschouwen, mits bij adsorptieve binding chemische werkingen niet worden uitgeschakeld ¹⁾.

Waar dus in het vervolg van het adsorptievermogen van de kleisubstantie gesproken wordt, zal daaronder verstaan worden de „verdrängende Ionenadsorption” ²⁾.

1) In dit verband zij hier herinnerd aan het feit, dat de zwak zure stoffen als As_2S_3 , bolus- en kleideeltjes zich negatief opladen, in tegenstelling met de zwak basische stoffen als de oxyden, de hydroxyden, de basische kleurstoffen, die in zuiver water positief geladen dispersoiden geven (zie o.m. FREUNDLICH, Kapillairchemie, p. 246).

2) Zie hierover o.m. FREUNDLICH en POSER, Kolloidchem. Beihefte VI, 317 e.v. De hoeveelheden, die gewone kleigronden alleen door adsorptie, dus door wat we kunnen noemen de „gewone” adsorptie, opnemen uit oplossingen van neutrale zouten, zijn uiterst gering in vergelijking met de hoeveelheden, die reeds in adsorptief gebonden vorm aanwezig zijn. Zie hiervoor bijv. R. H. BOGUE, Journ. Physic. Chem. 19, 665-695 (1915): The adsorption of potassium and phosphate ions by typical soils of the Connecticut Valley. Zie ook hetzelfde tijdschr. 20, 51 (1916).

2. Het gehalte aan uitwisselbare of adsorptief door de kleisubstantie gebonden basen kan bepaald worden door uitloogen van den bodem met een oplossing van ammoniumchloride. Blijkens een uitvoerig onderzoek zijn de uitwisselbare basen in 25 gr. kleigrond na de behandeling met één liter normale warme ammoniumchloride-oplossing practisch geheel door NH_4 vervangen.

Bevat de kleigrond koolzure kalk, dan wordt ook een deel van deze kalk door het ammoniumchloride in oplossing gebracht. In dat geval kan de uitwisselbare kalk bepaald worden door uitloogen met een keukenzoutoplossing.

Waar het hier gaat om de bepaling van soms zeer kleine hoeveelheden kali, verdient het aanbeveling van de methode-HAMBURGER gebruik te maken. Prof. HAMBURGER, die zoo welwillend was enkele bepalingen volgens zijn methode voor mij in zijn Instituut te laten uitvoeren, betuigt ik ook hier mijn dank.

3. Een zware kleigrond uit Utrecht bevatte de volgende gehalten aan uitwisselbare basen (in procenten op luchtdrogen grond): 0.98 % CaO, 0.12 % MgO, 0.06 % K_2O en 0.06 % Na_2O ; of in milligram-equivalenten op 100 gram grond: 35.0 - 6.0 - 1.3 - 2.6, totaal 44.9 milligram-equivalenten. Op 100 milligram-equivalenten uitwisselbare basen zijn dus aanwezig 78 CaO, 13 MgO, 3 K_2O en 6 Na_2O .

Dit beeld werd bij alle onderzochte normale kleigronden teruggevonden. Onderzocht zijn 16 kleigronden, afkomstig uit de Betuwe, Zuid-Holland, Utrecht en Groningen. Gemiddeld bevatten deze op 100 moleculen adsorptief gebonden basen:

moleculen	CaO	MgO	K_2O	Na_2O
	79	13	2	6
max.	88	18	3	15
min.	67	7	1	1

Uit dit onderzoek volgt, dat de kalk in de onderzochte gronden onder de uitwisselbare basen een domineerende plaats inneemt.

4. Ter verklaring van het feit, dat de kalk in de kleisubstantie onder de uitwisselbare basen de voornaamste plaats inneemt, ware misschien een verschil in de bindingssterkte van de verschillende basen door het bodemadsorbens aan te nemen.

Nu spreekt men in de bodemkunde ook inderdaad van het verschil in bindend vermogen van de kleisubstantie voor de verschillende basen. Over de volgorde van deze bindingssterkte bestaat evenwel verschil van meening. Zoo geeft RAMANN ¹⁾ op, dat kalium en ammonium

¹⁾ Bodemkunde, 1911, blz. 68.

het sterkst gebonden worden, dan volgt natrium en ten slotte magnesium en calcium. De volgende tabel geeft een overzicht van de afwijkende meeningen op dit gebied.

Volgorde in bindingssterkte.

RAMANN ¹⁾	K(NH ₄)	Na	Mg	Ca
STREMME ²⁾	K	Mg	Ca	Na
WIEGNER ³⁾	NH ₄ -K		Na	Ca

Men is het er blijkbaar over eens, dat kalium en ammonium het sterkst gebonden worden; ten opzichte van Na, Ca en Mg loopen de meeningen echter uiteen.

5. Het gehalte aan adsorptief gebonden of uitwisselbare basen neemt in den loop van de jaren in den bodem af, in hoofdzaak wel door de uitloogende werking van het regenwater, welke werking aanzienlijk versterkt wordt door het koolzuurgehalte van den bodem.

Gesteld nu, dat er inderdaad een verschil in bindingssterkte van de verschillende basen bestaat, dan ligt het voor de hand om aan te nemen, dat de sterkst gebonden basen het langst aan deze uitloogende werking van het regenwater weerstand bieden. Nu hangt natuurlijk de tegenwoordige rijkdom van den bodem aan uitwisselbare basen van verschillende omstandigheden af, bijv. van de samenstelling van het versche slib, maar het doet toch bij het eerste gezicht wel eenigszins vreemd aan, dat in de onderzochte Nederlandsche kleigronden de base, die dan algemeen als het sterkst gebonden bekend staat — dat is de kali — in slechts geringe hoeveelheid in den adsorptief gebonden vorm voorkomt, terwijl juist één van de zwakst gebonden basen — de kalk — onder de adsorptief gebonden basen de voorname plaats inneemt.

Ik laat nu voorloopig in het midden of inderdaad de verschillende basen in de een of andere volgorde meer of minder sterk door de kleisubstantie gebonden worden en wil thans in de eerste plaats het geconstateerde hooge gehalte aan kalk onder de uitwisselbare basen trachten te verklaren.

6. In verband met een studie over den invloed van keukenzout op de kleisubstantie — waarop grootendeels de nadeelige werking van een overstrooming met zeewater op kleigrond berust — leek het mij gewenscht, het verschil na te gaan tusschen den grond van een jongen zeepolder en van den kweldergrond, die zich opnieuw vóór

¹⁾ RAMANN, Bodenkunde, blz. 68.

²⁾ STREMME, Handbuch der Mineralchemie, Band II, Heft 6, blz. 84.

³⁾ WIEGNER Chem.-Zeitung 40, 684 (1916).

den dijk gevormd heeft. En ik heb voor dit doel uitgekozen grond van den jongsten Dollardpolder, omdat ik daardoor in de gelegenheid zou zijn, later — zoo noodig — het betreffende bodemvervormingsproces aan grond uit oudere Dollardpolders verder te bestudeeren.

Onderzocht zijn tot nu toe grond 1^o. van den Reiderwolderpolder, (ingedijkt in het jaar 1862) en 2^o. van den voorliggenden kwelder (Munnikeveen). Deze kwelder wordt nog geregeld door de hooge vloed en overstroomd.

Het onderzoek heeft zich voorloopig bepaald tot de gehalten aan uitwisselbare basen en aan CaCO_3 . Tabel I geeft het gehalte aan uitwisselbare basen aan, zoowel in procenten als in milligram-equivalenten. Behalve de Groninger gronden zijn in deze tabel ook twee Zeeuwsche gronden (uit den eersten Bath-polder) opgenomen, waarop ik nader terugkom.

TABEL I.
Gehalte aan uitwisselbare basen

Grondsoort.	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	1) 100 gram grond bevat dus 17.5 × 28 milligr. CaO, dat is 490 milligr. of 0.49% CaO.
	in procenten				
Kweldergrond, Groningen . . .	0.49	0.28	0.10	1.38	
Poldergrond, Groningen . . .	0.88	0.10	0.04	0.23	
Zeeuwsche grond, ziek . . .	0.52	0.14	0.04	0.32	
Zeeuwsche grond, gezond . . .	0.68	0.10	0.04	0.23	
	in milligr. equivalenten				Som
Kweldergrond, Groningen . . .	17.5 1)	14.0	2.1	44.5	78.1
Poldergrond, Groningen . . .	31.4	5.0	0.9	7.4	44.7
Zeeuwsche grond, ziek . . .	18.5	7.0	0.9	10.2	36.6
Zeeuwsche grond, gezond . . .	24.3	5.0	1.0	7.4	37.7

Direct valt het groote verschil op in de gehalten aan uitwisselbare kalk en natron tusschen den kwelder- en den poldergrond, vooral wanneer de equivalentcijfers ter onderlinge vergelijking op 100 totaal worden omgerekend. Op 100 moleculen adsorptief gebonden basen bevat de kweldergrond 57 moleculen Na_2O tegen slechts 22 moleculen CaO ; de poldergrond daarentegen 17 moleculen Na_2O tegen 70 moleculen

CaO. In de gehalten aan magnesia en kali treden nagenoeg geen verschillen op.

Het onderzoek moet nu in de eerste plaats worden aangevuld met een onderzoek van het Eems-slib, vóórdat het zeewater erop heeft ingewerkt en van het versche zeeslib, zooals het zich nog dagelijks bij den kwelder afzet. Maar toch kan wel reeds gezegd worden, dat door de inwerking van het keukenzout van het zeewater een kweldergrond ontstaan is, waarin de natron onder de adsorptief gebonden basen domineert; de uitwisselbare kalk neemt in de kleisubstantie van den kweldergrond een zeer bescheiden plaats in.

7. We zien dan verder uit den kweldergrond, met zijn hoog gehalte aan uitwisselbare natron, ongeveer 50 à 60 jaar na de indijking een poldergrond ontstaan, waarin de verhouding van de uitwisselbare basen vrijwel overeenkomt met die van de overige onderzochte kleigronden (70 CaO tegen 17 natron, 11 magnesia en 2 kali); alleen het gehalte aan uitwisselbare natron is nog vrij hoog, wat niet te verwonderen is, gezien de jeugd van den zee-polder.

Een verklaring voor de omzetting van wat we zouden kunnen noemen de natronklei van den kweldergrond in de kalkklei van den poldergrond, is gemakkelijk te geven, wanneer we letten op de cijfers van tabel II.

TABEL II.
Gehalte in procenten aan CaO.

Grondsoort.	in den vorm van:		Som.
	koolzure kalk.	uitwisselbare kalk.	
Kwelder	5.29	0.49	5.78
Polder	4.99	0.88	5.87

Bij den overgang van den kweldergrond naar den poldergrond neemt het gehalte aan koolzure kalk af — een trouwens zeer bekend feit — en stijgt het gehalte aan uitwisselbare kalk, iets waar tot nu de aandacht nog niet op gevestigd werd. Tusschen deze twee feiten moet verband bestaan. Blijkbaar is de koolzure kalk na de inpoldering door het koolzuurhoudende bodemwater in oplossing gebracht en in dezen vorm heeft de kalk een deel van de uitwisselbare natron — en waarschijnlijk ook iets van de uitwisselbare kali en magnesia — verdrongen. Een ander gedeelte van de uitwisselbare natron (kali, magnesia) is eenvoudig door het regenwater uitgespoeld. Immers de

som aan equivalenten basen (zie tabel I) daalt van 78.1 in den kweldergrond tot 44.7 in den poldergrond. Uit den sterk met basen verzadigten kweldergrond is de minder sterk verzadigde poldergrond ontstaan.

Het is natuurlijk toevallig, dat de som van de gehalten aan CaO in den vorm van CaCO_3 en in den uitwisselbaren vorm in polder- en kweldergrond nagenoeg dezelfde is. Over eenige jaren zal hier wel verschil optreden.

8. Aangezien het rivierslib door de inwerking van het zeewater niet aan uitwisselbare basen verrijkt wordt, doch alleen deze verandering ondergaat, dat uitwisselbare natron gedeeltelijk de plaats van uitwisselbare kalk, magnesia en kali inneemt, kan uit den rijkdom van den kweldergrond aan uitwisselbare basen de gevolgtrekking gemaakt worden, dat het versche rivierslib eveneens zeer rijk aan uitwisselbare basen moet zijn, m. a. w. dat het rivierslib een hoogen verzadingsgraad moet bezitten. Een nader onderzoek van het Eems-slib zal kunnen uitmaken of deze onderstelling inderdaad juist is.

9. In tabel I zijn nog opgenomen de resultaten van het onderzoek van twee Zeeuwsche gronden, afkomstig uit den Bathpolder (Zeeland bij Rilland-Bath). De onderzochte plekken liggen vlak naast elkander, bestaan uit vrijwel denzelfden kleigrond en hebben na de overstroming van 12 Maart 1906 evenlang onder zeewater gestaan. De eene plek — de zieke — ondervond in het jaar 1916 — dus 10 jaar later — nog steeds de nadeelige gevolgen van de overstroming, terwijl de gezonde plek op dat tijdstip deze gevolgen al vrijwel te boven was.

Het eenige verschil, dat tusschen beide plekken op te merken valt, is dit, dat de zieke plek in het jaar 1906 tijdens de overstroming geploegd gelegen heeft, terwijl de gezonde plek toen in stoppel lag. Nu heb ik bij een onderzoek van eenige gronden uit den Anna Paulowna-polder (Noord-Holland), die in Januari 1916 door een overstroming geteisterd werd, kunnen constateeren, dat gronden, die tijdens de overstroming geploegd lagen, meer keukenzout opnamen dan dichte gronden, die bijv. in stoppel lagen. Aannemende, dat dit in het jaar 1906 ook in den Bath-polder het geval geweest is, ligt de reden voor het verschillende gedrag van de overigens gelijke stukken grond voor de hand. De geploegde grond, die thans nog ziek is, heeft het meeste keukenzout opgenomen en tengevolge daarvan is in dezen grond ook meer kalk (magnesia en kali) door natron vervangen dan in den nabijgelegen niet-geploegden grond. Nadat het land droog gekomen is, is de gunstige werking van de koolzure kalk begonnen en is de adsorptief gebonden natron gedeeltelijk uit-

gedreven. Hoe lang deze verdringing van de adsorptief gebonden natron door de kalk van de koolzure kalk wel duurt, is op te maken uit het feit, dat de zieke grond thans nog meer uitwisselbare natron en minder uitwisselbare kalk bevat dan de gezonde grond (zie tabel I).

Intusschen ware het mogelijk, dat ook nog een tweede oorzaak de verwijdering van de adsorptief gebonden natron uit de gezonde plek bevordert heeft. Deze plek toch bevatte tijdens de overstroming meer organische stof dan de zieke, wat een grootere koolzuurproductie in den bodem tengevolge gehad kan hebben. Deze koolzuurproductie, die op zich zelf reeds gunstig op de physische structuur van den bodem inwerkt, bevordert bovendien nog de oplossing van de koolzure kalk en daardoor de verwijdering van de adsorptief gebonden natron.

10. *Conclusie.* Het feit, dat de kalk in onze kleigronden de voornaamste plaats onder het uitwisselbare basenmateriaal inneemt, zou dus als volgt te verklaren zijn.

Door de uitloogende werking van het regenwater neemt het gehalte aan uitwisselbare basen in de kleisubstantie af. Zoolang de kleigronden evenwel rijk aan koolzure kalk zijn, vindt er een vermeerdering van het gehalte aan adsorptief gebonden kalk plaats. De koolzure kalk toch gaat als bicarbonaat in het bodemwater in oplossing, deze kalkoplossing werkt op het bodemcomplex, dat de uitwisselbare basen bindt, in; verdringt daaruit gedeeltelijk de magnesia, de kali en de natron en gaat zelf op hun plaats zitten. Het gehalte aan adsorptief gebonden kalk stijgt dus ten koste van dat aan adsorptief gebonden magnesia, kali en natron.

Vóórdat dit omzettingsproces na de indijking van onze zee-aanslibbingen plaats kan vinden, is het slib door de inwerking van het keukenzout van het zeewater zóódanig veranderd, dat een kweldergrond ontstaat, die rijk aan adsorptief gebonden natron is. Uit den aard der zaak zal dit laatste stadium bij zoetwater-bezinkingen niet voorkomen.

Het hier medegedeelde onderzoek is nog niet volledig; het moet nog worden aangevuld met een onderzoek van het versche slib van verschillende rivieren.

Het onderzoek doet natuurlijk geen uitspraak in de vraag, of de basen in verschillend sterke mate door de kleisubstantie adsorptief gebonden worden. Want geheel onafhankelijk van de sterkte van deze binding moeten kleigronden, die rijk aan koolzure kalk zijn of waren, op zeker tijdstip het gevonden beeld vertoonen, dat n.l. de kalk onder de geadsorbeerde basen de voornaamste plaats inneemt. En dit ware zelfs het geval, wanneer de kalk inderdaad het zwakst

van alle basen door de klei gebonden zou worden. Voorloopige proeven, over dit punt aangezet, wijzen evenwel in andere richting.

11. Had ik thans nog tijd, ik zou uitvoerig stilstaan bij de gevolgen, die de vervanging van de uitwisselbare basen in de kleisubstantie — eerst door natron (onder invloed van het zeewater) en daarna door kalk (tengevolge van de inwerking van de koolzure kalk) — voor de bodemstructuur met zich meebrengt. Het is toch voor het kolloid-chemisch evenwicht in den bodem lang niet onverschillig, welke basen dit adsorbeerend kleimateriaal gebonden houdt.

Zoals ik reeds vroeger medegedeeld heb¹⁾, is het dispers systeem, dat we krijgen door schudden van klei met water, uiterst gevoelig voor de inwerking van elektrolyten en aangezien de deeltjes van een kleisuspensie negatief geladen zijn, wordt dus het uitvlokkingsproces beheerscht door de positieve ionen, die geadsorbeerd worden, waarbij de valentie van deze ionen een groote rol speelt. Wanneer we nu met elkander vergelijken twee kleisuspensie's, die alleen hierin verschillen, dat in de eene de kleisubstantie hoofdzakelijk kalk en in de andere hoofdzakelijk natron adsorptief gebonden houdt, dan zal de negatieve lading van de deeltjes van deze natronklei grooter zijn dan die van de kalkklei; de laatste zullen dus eerder tot uitvlokking komen²⁾. Ik schrijf nu de schadelijke gevolgen van het optreden van natronklei in den bodem in eerste instantie toe aan de peptisatie van deze natronklei, waardoor de grond dichtslibt. Tengevolge van deze dichtslibbing kunnen dan in tweede instantie allerlei andere processen, zoowel van chemischen als van bacteriologischen aard optreden. Een verbetering van kleigrond, die bijv. tengevolge van een overstrooming met zout water te veel natronklei bevat, kan alleen plaats vinden door vervanging van het teveel aan adsorptief gebonden natron door kalk. En aangezien deze omzetting onder invloed van de koolzure kalk van den bodem zeer langzaam verloopt, zal men goed doen dit omwisselingsproces na een overstrooming door bemesting met kalkzouten zooveel mogelijk te bevorderen. Vooral een bemesting met gips lijkt mij hier aan te bevelen.

Groningen, Maart 1918.

1) Zie dit Weekblad 1918, blz. 155.

2) NASCHRIFT. Misschien kan het zijn nut hebben — in verband met het aan de Nederlandsche Gresbuizenfabriek gebrachte bezoek — hier te wijzen op het gebruik van alkali in de ceramiek ter peptiseering van de klei. Zie hierover bijv. Wo. OSTWALD, Die Welt der vernachlässigten Dimensionen, 1916, blz. 156 e.v.