

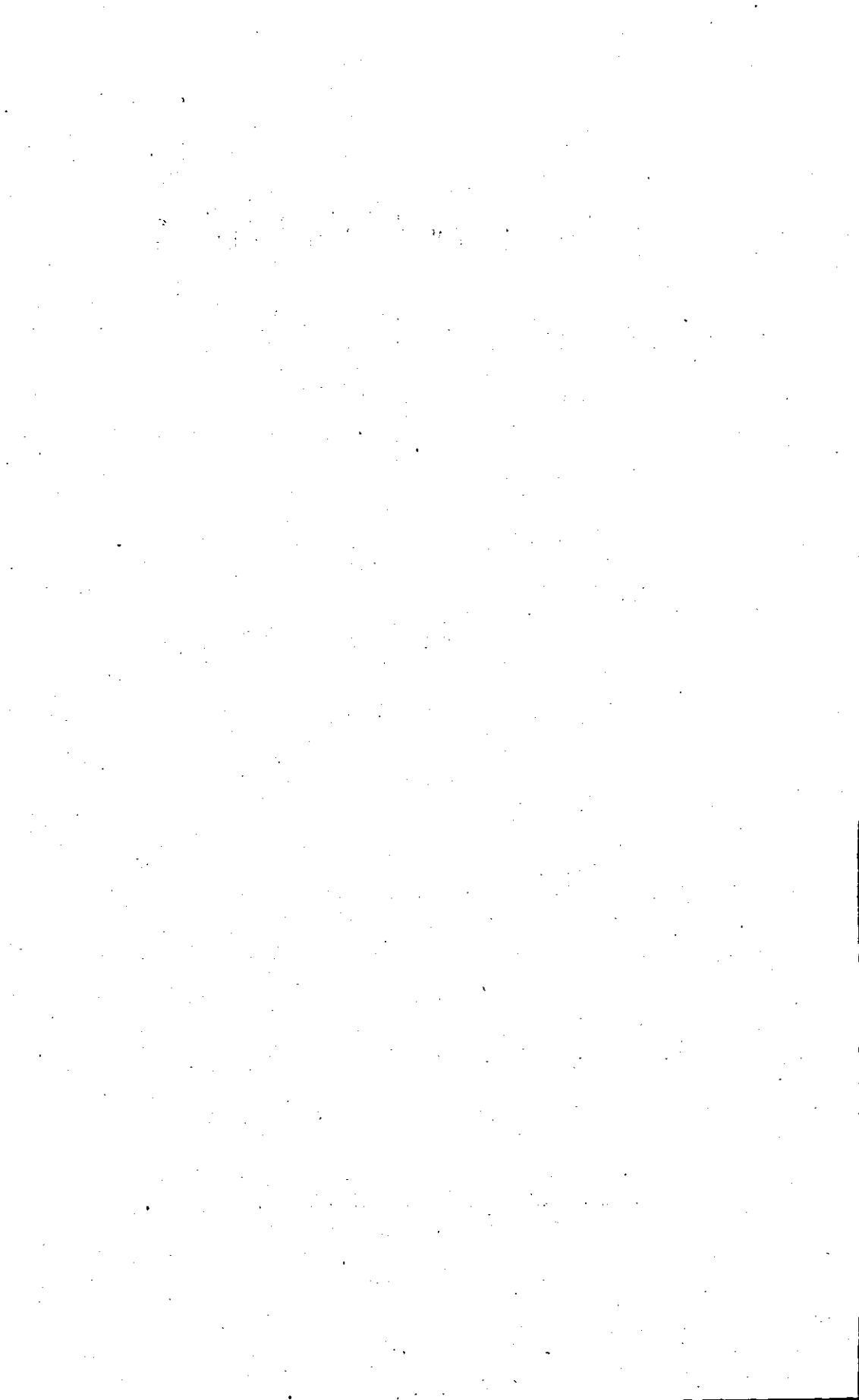
De natuurkundige en scheikundige veranderingen, die
kweldergronden na de indijking ondergaan

DOOR

Dr. D. J. HISSINK

Overgedrukt uit de „Verslagen van Landbouwkundige Onder-
zoekingen der Rijkslandbouwproefstations” No. XXIX, 1924.

's-GRAVENHAGE,
GEBRS. J. & H. VAN LANGENHUYSEN.
1924.



De natuurkundige en scheikundige veranderingen, die kweldergronden na de indijking ondergaan.

DOOR

Dr. D. J. HISSINK.

(Ingezonden 15 Maart 1924).

I. De natuurkundige en scheikundige eigenschappen van kweldergronden.

Voor eene goede behandeling van de gestelde vraag, welke natuurkundige en scheikundige veranderingen de kweldergronden na de indijking ondergaan, is het noodig vooraf vast te stellen, door welke natuurkundige en scheikundige eigenschappen de kweldergronden gekarakteriseerd zijn.

a. Natuurkundig.

Om den kweldergrond natuurkundig te kenmerken, is tot nu toe alleen het volumegewicht en het soortelijk gewicht bepaald en uit beide cijfers het poriënvolume berekend.

Onder *volumegewicht* (of schijnbaar soortelijk gewicht) wordt verstaan het gewicht van de droge stof van 1 d.M³. van den grond in zijn natuurlijke ligging in K.G. Voor de bepaling van het volumegewicht wordt gebruik gemaakt van cylindervormige ringen van bekenden inhoud, van boven en van beneden open. De gebruikte ringen waren van twee afmetingen, de kleinste met 70 c.M³. inhoud (3,5 c.M. hoog en middellijn 5 c.M.), de grootste met 200 c.M³. inhoud (4 c.M. hoog en middellijn 8 c.M.). De ring wordt met behulp van een opzet in den grond geslagen en daarna uitgegraven, waarna met een lang en dun, scherp mes de boven- en onderkant gelijk met de randen wordt afgesneden. Daarna wordt gewogen en het gehalte aan water (bij 105° Celsius) bepaald. Zoo werd bijv. voor het volumegewicht van een monster van den bovengrond van den kwelder Munnikeveen, gelegen vóór den jongsten Dollardpolder, gevonden 0,762; d. w. z., dat 1 d.M³. bevatte 0,762 K.G. droge stof. Met het oog op de grootte van de fout, die men maakt, zijn alle bepalingen minstens in triplo verricht.

Het *soortelijk gewicht* wordt bepaald door den fijngepoederden grond in een pycnometer te brengen en deze op de bekende wijze met water aan te vullen. Het komt hierbij vooral aan op het verwijderen van de lucht, die tusschen en aan de kleine gronddeeltjes hangen blijft. Men tracht dit te bereiken door den grond met water te koken en door den pycnometer, na vulling met grond en water, aan de zuigpomp te verbinden, teneinde de lucht zooveel mogelijk weg te zuigen. Ook het kloppen van den pycnometer tijdens dit leegzuigen bevordert de verwijdering van de kleine luchtbellen¹⁾. Wordt de lucht niet volkomen verwijderd, dan is het gevonden S.G.-getal te klein. Voor het soortelijk gewicht van den grond van den kwelder Munnikeveen werd gevonden 2,58.

Met behulp van deze cijfers (V.G. = 0,762 en S.G. = 2,58) laat zich het poriënvolume van den grond in zijn natuurlijke ligging berekenen. 1 d.M³. grond (natuurlijke ligging) bevat 0,762 K.G. droge stof. Deze 0,762 K.G. droge stof nemen in een volume van $0,762 : 2,58 = 0,295$ d.M³. De rest van de d.M³. (dat is $1 \text{ d.M}^3 - 0,295 \text{ d.M}^3 = 0,705 \text{ d.M}^3$) zijn dus de poriën, of per 100 d.M³. komen voor 70,5 d.M³. poriën. Het poriënvolume P, in volumeprocenten uitgedrukt, bedraagt 70,5 pct. Deze poriën zijn gedeeltelijk met water, gedeeltelijk met lucht gevuld.

In tabel I zijn de resultaten van het onderzoek op volume-gewicht, soortelijk gewicht en poriënvolume opgenomen. De B-nummers hebben betrekking op de verzameling grondmonsters van de afdeling voor grondonderzoek; de diepte is opgegeven in c.M. onder maaiveld. De monsters zijn afkomstig van de kwelders vóór den Reiderwolder- en den Engwierummerpolder (bij de Lauwerzee) en verder van de resp. in 1922 en 1923 ingedijkte kwelders in het Kreekrak, ten zuiden van den dam tusschen Noord-Brabant en Zuid-Beveland (Zeeland) en vóór den Zevenboerenpolder (Groningen). Naar men mij mededeelde, zal deze laatste polder den naam van Julianapolder gegeven worden; men spreekt ook van den Thomas van Seerattpolder.

Ter vergelijking zijn eenige oudere gronden opgenomen en wel in de eerste plaats eenige gronden uit den Anna-Paulownapolder, ingedijkt in 1847. De monsters zijn genomen in Januari 1917, ongeveer een jaar na de overstrooming van 1916. B 1327/60 is de bovengrond van een perceel onder Nieuw-Beerta, terwijl B 850 de zwarte klei uit Thesinge is²⁾. Aan het slot volgen

1) Volgens de jongste onderzoekingen van WIEGNER en BURGER zouden fijne suspensie's de laatste luchtdeeltjes hardnekkig vasthouden. „Es scheint“, schrijft Burger, „dass es durch Kochen und Evakuieren nicht möglich ist, alle Luft aus den feinen Poren der Bodenteilchen auszutreiben“. *Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden von Hans Burger, Mitt. der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchs-wesen, Band 13, Heft 1 (1922).*

2) Der schwarze Ton von Thesinge door CHR. BROCKMANN en D. J. HISSINK; *Verh. Geol. Mijnb. Gen., Geologische serie, Deel XI, 48-55 (1923).*

eenige cijfers, aan RUSSELL ontleend. Van sommige monsters is het soortelijk gewicht niet bepaald. Teneinde toch een indruk van het poriënvolume te verkrijgen, is voor deze monsters het gemiddelde S.G. van 2,6 aangenomen.

Tabel I.

Volumegewicht, soortelijk gewicht en poriënvolume.

No. B.	Diepte in c.M. onder maaveld.	Bijzonderheden, herkomst	Volume-gewicht.	Soortelijk gewicht.	Poriënvolume.
<i>Kweldergronden.</i>					
1920 795	Bovengrond	Munnikeveen (Dollard).	0,762	2,58	70,5
1190	2-7		0,697	2,563	74,7
1190	9-14	B 1190 en 1192, twee zeer kleiige plekken in den polder 1/2 dam	0,621	2,521	75,4
1192	2-7		0,586	2,555	77,1
1192	9-14	N. Brabant-Zuid-Beveland.	0,668	2,535	73,7
1207	2-7	B 1207 een vrij kleiige plek aldaar.	0,838	2,602	67,9
1207	12-17	B 1205, idem aldaar, de bovenste helft minder kleiig.	0,824	2,603	65,3
1205	2-7		1,211	2,646	64,2
1205	12-17		0,912	2,622	66,2
952	2,5-8,5		0,799	2,6	69,3
953	8,5-15	Kwelder vóór den Engwierummerpolder (Lauwerzee, Friesland).	1,071	2,6	58,8
954	15-26		1,141	2,6	54,2
955	26-38		1,221	2,6	53,0
1392	5-10	Twee plekken in den Juliana- of Thomas van Seerattpolder (Groningen), de eerste plek minder kleiig (ondergrond B 1393 iets kleiiger), de tweede plek wat kleiiger.	1,152	2,645	56,5
1392	10-20		1,406	2,665	47,2
1393	28-43		1,926	2,675	50,3
1394	5-10		0,985	2,613	62,3
1394	10-20		1,045	2,641	60,4
1395	23-38		1,242	2,665	53,4
<i>Poldergronden.</i>					
431	0-25		1,25	2,6	51,9
432	25-50		1,19	2,6	54,2
434	0-25	B 431 t/m B 441 zijn acht monsters uit den Anna Paulownapolder (Noord-Holland), telkens een monster bovengrond met den bijbehorenden ondergrond.	1,40	2,6	46,1
435	25-50		1,34	2,6	48,5
437	0-25		1,39	2,6	46,5
438	25-50		1,13	2,6	56,6
440	0-25		1,39	2,6	46,5
441	25-50		1,31	2,6	49,6
1327/60	5-25	Uiterdijkenpolder, Nieuw-Besta (Gron.)	1,252	2,6	61,8
850	50-65	Zwarte klei (Thesinge).	1,207	2,64	54,3
<i>Cijfers Russell. 1)</i>					
		Poor heavy loam	1,57	2,36	34,1
		Heavily dunged arable soil	1,46	2,31	33,2
		Pasture soil	1,17	2,22	47,3

Opvallend laag zijn de poriënvolumina, welke RUSSELL opgeeft. Voor een deel is dit toe te schrijven aan zijn lage S.G.-cijfers (2,22-2,36). Indien bijv. voor het S.G. van den dichten leemgrond van RUSSELL in plaats van 2,36 genomen wordt 2,67 (het hoogste door ons gevonden cijfer), verkrijgt men een poriën-

1) Soil conditions and plant growth, 104.

volume van 41 pct., in plaats van het door RUSSELL vermelde cijfer van 34,1 pct. Aangezien ik de juistheid van RUSSELL's cijfers niet beoordeelen kan, laat ik zijne resultaten thans verder buiten beschouwing en bepaal mij tot eene bespreking van de resultaten van mijne eigen onderzoekingen.

De S.G.-cijfers loopen slechts weinig uiteen; ze liggen tusschen 2,521 en 2,675 in, gemiddeld 2,6. De oorzaak van dit verschil staat waarschijnlijk met het humusgehalte in verband. De invloed van dit kleine verschil in S.G. op het poriënvolume is niet groot. B 434 met een volumegewicht van 1,40 geeft bij een S.G. = 2,521 een poriënvolume = 44,5 en bij een S.G. = 2,675 een poriënvolume = 47,7, gemiddeld 46,1 voor een S.G. = 2,6. Dit is het grootste verschil.

Zeer groot zijn de verschillen in de volumegewichten. Deze schommelen tusschen 0,586 (B 1192, bovenste helft) en 1,40 (B 434, bovengrond). Tengevolge van deze verschillen treden groote verschillen in poriënvolume op, liggende tusschen 76,7 en 46,1 pct. in. De poriënvolumina van de oudere gronden liggen tusschen 56,6 pct. en 46,1 pct. in; die van de kweldergronden tusschen 47,2 pct. en 76,7 pct. Poriënvolumina van ongeveer 55 pct. en hooger worden alleen bij de kweldergronden aangetroffen.

Kweldergrond. Alle kweldergronden zijn begroeid. Of het al of niet begroeid zijn van deze gronden van invloed is op het poriënvolume, kan dus niet uit de verkregen cijfers worden afgeleid. Verder kunnen de drie volgende factoren van invloed zijn: humusgehalte, klei-zandgehalte, diepte in c.M. onder maai-veld. Aangezien de gehalten aan humus en klei-zand nog niet bepaald zijn, beschik ik niet over nauwkeurige gegevens aangaande den invloed van elk van deze drie factoren. Ik beperk mij dus voorloopig tot de opmerking, dat de hoogere poriënvolumina bij de meer kleiige en de lagere poriënvolumina bij de meer zandige gronden voorkomen¹⁾. Ook krijgt men den indruk, wel ook het humusgehalte en het kleigehalte hun invloed uitoefenen. Opmerkelijk is het, dat het poriënvolume bij alle bovengronden uit den Anna-Paulownapolder kleiner is dan dat van den bijbehorenden ondergrond. Of dit een eigenschap is van alle oudere bouwgronden, zou door nader onderzoek moeten worden uitgemaakt. Het ware anders wel te verklaren.

Resumeerende kan men zeggen, dat de meer kleiige, begroeide kweldergronden door een zeer hoog poriënvolume (tot 76,7 pct. toe) gekenmerkt zijn, terwijl het poriënvolume van de minder kleiige gronden lager is, maar in den bovengrond toch altijd nog boven ongeveer 55 pct. blijft.

Oorzaak van de poreuse structuur van de kweldergronden. Het is een bekend verschijnsel, dat eene waterige kleisuspensie, welke dagenlang troebel blijven kan, onder invloed van sommige

¹⁾ Zie Naschrift, blz. 184.

electrolyten snel uitvlokt¹⁾. Zooals men bij eene vergrooting van ongeveer 900-maal zeer fraai kan waarnemen, vereenigen zich de kleine kleideeltjes na toevoegen van de electrolyt tot grootere vlokken²⁾. Ook de zouten van het zeewater oefenen deze uitvlokkende of coaguleerende werking uit. Bij het bezinken krijgt de uitgevlokte massa eene sponsachtige structuur. Het is duidelijk, dat er een verschil moet bestaan in het poriënvolume van de zoetwater- en de zoutwaterbezinkingen; onder overigens gelijke omstandigheden bezitten de eerste een lager poriënvolume dan de laatsten. Dat ook de plantenvegetatie, zoo deze zich op de slikken ontwikkelt, van invloed op het poriënvolume zal zijn, is te verwachten.

In het bovenstaande ligt ook de verklaring van het waargenomen verschijnsel, dat het poriënvolume met afnemend kleigehalte en toenemend zandgehalte afneemt. Het zijn immers de kleideeltjes en niet de zanddeeltjes, welke onder invloed van de zouten van het zeewater coaguleeren.

Physisch is de kweldergrond dus door een relatief hoog poriënvolume gekenmerkt. De invloed van verschillende factoren op het poriënvolume (klei-, zand- en humusgehalte, het begroeid-zijn van den grond, het zoutgehalte van het water, de diepte van de laag) moet nog onderzocht worden.

b. Scheikundig.

1. In scheikundig opzicht is de kweldergrond in de eerste plaats gekenmerkt, doordat het ijzeroxyde in sterke mate uit de klei wordt vrij gemaakt en overgaat in een meer lossere gebonden vorm. De grijze kleur gaat hierbij in een meer bruine tint over.

Dit verschijnsel is op de volgende wijze te verklaren. In grond, waarin de lucht goed kan doordringen, wordt de plantenmassa door de zuurstof van de lucht ontleed; de eindproducten van deze ontleding zijn koolzuur en water. Bij geheele of gedeeltelijke afsluiting van de lucht ontleemt de rottende plantenmassa de zuurstof, die zij voor hare ontleding noodig heeft, gedeeltelijk aan zuurstofrijke verbindingen van den bodem. Tot deze zuurstofrijke verbindingen behooren onder meer de ijzerverbindingen, die in de versche klei voorkomen. Deze gaan van den ferrivorm in den ferrovorm over en lossen in het koolzuurhoudend bodemwater als ferrobicarbonaat op.

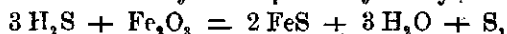
In zeewater komen sulfaten voor. De kweldergrond is met zwavelzure zouten gedrenkt. Ook deze zwavelzure zouten worden

¹⁾ Voor de uitvlokkung van kleisuspensie's door elektrolyten, zie o.a. *Chemisch Weekblad*, 15 (1918), 153-150; ook *Cultura*, Jrg. 32, 72 (1920).

²⁾ Uitvoerig vindt men deze waarnemingen beschreven in mijne verhandeling: *De methode van het mechanisch bodemonderzoek*, *Jaarboek van de Vereeniging „Studiebelangen” te Wageningen*, 1916/1917.

bij afsluiting van de lucht door de rottende plantenmassa gereduceerd. Dit volslagen anaërobe-proces wordt veroorzaakt door een reducerende spiril: *microspira desulfuricans* *Beyerink*. Hierbij wordt het gips gereduceerd tot H_2S .

Gezien de aanwezigheid van veel organische stof, de slechte aëratie in sommige perioden en de voortdurende aanvoer van sulfaathoudend zeewater, zijn dus de omstandigheden op de kweldergronden zeer gunstig voor de vorming van zwavelwaterstof. Dit gas werkt onmiddellijk in op het ijzeroxyde in de klei:



onder vorming van de zwart gekleurde verbinding van ijzer-sulfide (FeS) en onder afscheiding van elementaire S . Men treft dit zwavelijzer op alle kweldergronden aan; even onder de oppervlakte is de grond gewoonlijk donker gekleurd. Soms komen groote *inktzwarte* plekken voor. Wanneer het zeewater afloopt, treedt de zuurstof van de lucht in deze poreuse gronden plaatselijk weer toe. Er vindt eene zeer snelle oxydatie van het FeS plaats¹⁾. Over het verloop van de FeS -oxydatie loopen de meeningen uiteen. Volgens sommigen vormt zich direct $Fe_2O_3 + S$ en uit de vrije S langzamerhand H_2SO_4 . Ik heb altijd aangenomen, dat zich uit het FeS vormde $FeSO_4$ (ferrosulfaat). De kweldergrond nu is rijk aan $CaCO_3$, wat met het ferrosulfaat direct ijzeroxyde en gips vormt²⁾. Uit den aard der zaak treft men de ijzeroxyde-afzettingen bij voorkeur aan in de wortelgangen, waar de lucht snel kan binnendringen. Soms stuit men op heele plekken roodbruin ijzeroxyde.

2. *Omzettingen in den kweldergrond onder invloed van het keukenzout van het zeewater.* In eene vroegere publicatie³⁾ heb ik uitvoerig stilgestaan bij het voorkomen van basen (kalk, magnesia, kali en natron) in de klei- en humussubstantie van den grond in den zoogenaamd uitwisselbaren vorm en bij de rol, welke deze uitwisselbare basen in den grond spelen. Bij het onderzoek van een aantal Nederlandsche klei- en humusgronden is nu gebleken, dat de kalk onder deze uitwisselbare basen, zoowel in de kleigronden als in de humusgronden, het meest op den voorgrond treedt. Gemiddeld kwamen voor op 100 milligrammequivalenten basen in normale kleigronden 79 Ca, 13 Mg, 2 K en 6 Na en in humusgronden 76 Ca, 13 Mg, 3 K en 8 Na.

Geheel andere resultaten leverde het onderzoek van eenige kweldergronden op, waarin een opvallend laag gehalte aan uit-

1) Van de snelle oxydatie van het zwavelijzer in den grond bij toetreding van lucht kan men zich gemakkelijk overtuigen door gronden, die zwavelijzer bevatten, eenigen tijd uitgespreid aan de lucht te laten liggen. Zij verliezen dan binnen enkele uren een groot deel van hun zwavelijzer. Op het voorkomen van zwavelijzer moet men dus reageeren in den verschen grond.

2) Zie verder deze Verslagen, No. 24, § 4 (1920).

3) Deze Verslagen, No. 24 (1920).

wisselbare kalk gevonden werd, terwijl tegenover dit lage gehalte aan uitwisselbare kalk een betrekkelijk hoog gehalte aan uitwisselbare natron stond. Voor de betreffende cijfers kan ik naar mijne vroegere publicatie verwijzen¹⁾. Hier wil ik liever het lage gehalte aan uitwisselbare kalk in enkele kweldergronden aan eenige op andere wijze verkregen cijfers toelichten. Wil men de gehalten aan uitwisselbare kalk in verschillende kleigronden onderling met elkander vergelijken, dan doet men dit het beste door omrekening op kleigehalte. Onder klei wordt hier verstaan het gehalte aan deeltjes kleiner dan 0,02 m.M., dus fractie I en II²⁾. Zoo bevat bijv. de kweldergrond B 795 een gehalte van 0,345 pct. uitwisselbare kalk, terwijl het kleigehalte (I + II) 64,6 pct. is, beide cijfers op droge stof. In procenten op klei bevat deze grond dus $100 \times 0,345 : 64,6 = 0,53$ pct. CaO. Tabel II geeft meerdere cijfers van kweldergronden en van jongere en oudere poldergronden. In de kweldergronden is het gehalte aan kalk op klei gemiddeld 0,57 pct., in de jonge poldergronden bedraagt het ongeveer van 0,8—1,0 pct., alles in uitwisselbaren vorm. Het zal niet noodig zijn er op te wijzen, dat de kweldergronden en de jonge poldergronden naast deze gehalten aan kalk in de kleisubstantie nog soms vrij aanzienlijke hoeveelheden kalk in den vorm van koolzure kalk bevatten. Ik voeg hier tevens aan toe, dat de oude kleigronden, na de uitspoeling van de koolzure kalk, ook langzamerhand een gedeelte van hun „kleikalk” verliezen, zoodat men in oude kniklagen weer lage gehalten van ongeveer 0,3 à 0,4 pct. CaO op klei (I + II) aantreft³⁾.

Terwijl dus de gewone kleigronden als kalkklei zijn op te vatten, is de kweldergrond een natronkleigrond bij uitnemendheid. Dit is trouwens ook zeer goed te verklaren. Door de inwerking van de natriumverbindingen van het zeewater wordt de kalk uit de klei voor een gedeelte tegen natron uitgewisseld⁴⁾. Op het tegenovergestelde proces, de omzetting van de natronklei in kalkklei na de indijking, kom ik in het tweede gedeelte nader terug.

1) Deze Verslagen, No. 24 (1920).

2) In een onlangs te Utrecht gehouden voordracht over „Klei” (zie Landbouwkundig Tijdschrift, Maart 1924) heb ik gewezen op de wenschelijkheid de beide begrippen van klei als verweeringssilikaat (A + B) en als afslibbare deelen (I + II) goed uiteen te houden. Onder klei (I + II) wordt verstaan de som van de fractie's I + II, dus de deeltjes kleiner dan 0,02 m.M. middellijn.

3) Het groote verschil tusschen deze zeer oude en de jonge kleigronden zit hierin, dat de oude kleigronden in staat zijn aanmerkelijk grootere hoeveelheden kalk uit een kalkoplossing te adsorbeeren dan de jongere. De verzadigingstoestand (zie deze Verslagen, No. 24, § 10) van de oude kleigronden is kleiner dan die van de jongere.

4) Bij de inwerking van zeewater op de kleisubstantie moet men wel bedenken, dat zeewater ook Ca-ionen (resp. Mg- en K-ionen) bevat. Hieraan moet waarschijnlijk worden toegeschreven, dat niet alle uitwisselbare kalk (resp. magaesia en kali) in kweldergronden door natron vervangen wordt.

Tabel II.

Herkomst. (<i>b</i> = bovengrond).	No. B	Diepte in c.M. onder maaiveld.	Gehalten in procenten op droge stof aan:					Kalk (CaO) in pct. op klei (I + II).	
			Kool- zure kalk (Ca CO ₃)	Humus (bere- kend)	Klei (I+II)	Zand (III + IV)	Uitwis- selbare kalk (CaO) in de klei 1)		
Kweldergronden vóór den									
Reiderwolderpolder	795	<i>b</i>	8,3	4,1	64,6	20,5	0,345	0,53	
Westpolder	824	<i>b</i>	11,9	3,6	49,4	35,1	0,276	0,50	
Engwierummerpolder	952	2,5-3,5	5,0	10,8	47,8	36,4	0,204	0,61	
Toldergronden.									
Reiderwolderpolder (1862)	798	<i>b</i>	9,3	2,9	67,8	20,1	0,547	0,81	
Finsterwolderpolder (1819)	1459	<i>b</i>	9,3	0,6	74,0	15,5	0,784	1,05	
Oud-Nieuwlanderpolder (1665)	790	2,5-12,5	0,2	3,2	74,2	22,4	0,580	0,78	
Profiel West-Kapelle	1055	0-25	2,6	2,9	88,8	55,7	0,309	1,03	
(Walcheren);	1058	25-50	0,1	1,1	80,1	35,7	0,532	0,88	
de bovengrond is met woel- klei gemengd.	1057	50-75	0,1	0,3	70,8	28,3	0,678	0,95	
	1058	75-100	3,0	0,2	69,5	26,4	0,660	0,95	
Oude kniklagen.									
ten Oosten van den	N van de spoorlijn	459	52,5-77,5	0	0,4	78,6	21,0	0,370	0,47
Uitwierder									
Maar (Gr)	de spoorlijn	1458	90-100	0	0	83,0	17,0	0,274	0,33

Natronklei. In vroegere publicaties heb ik er reeds op gewezen, dat de natronklei eene schadelijke werking op de structuur van de kleigronden kan uitoefenen. Natronklei peptiseert gemakkelijk, d. w. z., dat natronklei met water aangerood gemakkelijk in kleine deeltjes uiteen valt. Het begrip peptisatie staat dus tegenover coagulatie. De peptisatie van de natronklei wordt evenwel door de coaguleerende werking van de zouten van het zeewater tegengehouden en komt in de kwelderperiode dus niet tot stand. Zoo gauw evenwel het zoute water door zoet water vervangen is, treedt de peptisatie op. Men kan dit met behulp van doorlaatbaarheidsproeven²⁾ zeer fraai laten zien; de peptisatie bij de vervanging van het zoute water door zoet water uit zich in een dichtslibben van den grond.

Recapitulatie. We kunnen dus de volgende beschrijving van kweldergronden geven, welke voorloopig alleen op de begroeide kweldergronden betrekking heeft. Fysisch is de kweldergrond

¹⁾ Op welke wijze de gehalten aan uitwisselbare kalk (CaO) in de klei (kolom 8) berekend zijn, zal uitvoeriger worden uiteengezet in eene publicatie, welke later verschijnt.

²⁾ Die Einwirkung verschiedener Salzlösungen auf die Durchlässigkeit des Bodens, Int. Mitt. für Bodenkunde, VI, 142-151 (1916). Ook Chemisch-Weekblad 1907.

gekenmerkt door een hoog poriënvolume, dat met het gehalte aan klei toeneemt. Er treden reductie- en oxydatieprocessen in de kweldergronden op, waardoor het ijzer uit de klei in beweging komt. Er vormt zich bij slechte aëratie zwavelijzer en andere ijzeroxyduleverbindingen, welke bij luchttoetreding snel in ijzeroxyd overgaan. De grond is rijk aan koolzure kalk, doch — in vergelijking met jonge poldergronden — arm aan uitwisselbare kalk in de klei. Daartegenover staat een hoog gehalte aan uitwisselbare natron. Kweldergrond is dus typische natronklei. Dat deze natronklei, welke in zoet water sterk peptiseert, dit tijdens de kwelderperiode niet doet, is aan de coagulerende werking van de zouten van het zeewater toe te schrijven. Het onderzoek zal nog over niet-begroeide slikken moeten worden uitgebreid.

De structuur van den kweldergrond. Als men zegt, dat de kweldergrond een mooie structuur bezit, dan bedoelt men daar praktisch in hoofdzaak mede, dat de kweldergrond licht ploegt en het water snel doorlaat, zoodat de lucht gemakkelijk binnedringen kan. Dat dit laatste in den kweldergrond inderdaad het geval is, toont de snelle oxydatie van de ijzeroxyduleverbindingen tot ijzeroxyd aan, zoo spoedig de grond droog ligt. Het zijn vooral de wortelgangen, waarin deze oxydvorming plaats vindt.

Tracht men het begrip structuur onder cijfers te brengen, dan blijkt dit geen gemakkelijke taak te zijn. Oorspronkelijk meende men, dat het poriënvolume alleen reeds voldoende inzicht gaf. Dit is onjuist. Het komt niet alleen op de grootte van het poriënvolume, doch ook op de afmetingen van de poriën aan en wel op de vraag, of de poriën van capillaire of van niet-capillaire afmetingen zijn. Zijn *alle* poriën van capillaire afmetingen, dan laat de grond geen water door; het water moet dan door verdampen verwijderd worden. Dat dergelijke gronden van zeer slechte structuur zijn, ligt voor de hand. Ik trof ze aan in den Anna-Paulownapolder, na de overstroming van 1916. Het is natuurlijk ook weer geen goede eigenschap van den grond, wanneer *alle* poriën van niet-capillaire afmetingen zijn, zooals bijv. in zeer grofkorrelige zanden vrijwel het geval zal zijn. Men tracht nu een scheiding tusschen de capillaire en niet-capillaire poriën te maken door den volkomen met water verzadigden grond, in den natuurlijken toestand, gedurende bepaalde tijd en op bepaalde wijze, te laten uitlekken. De niet-capillaire poriën laten dan hun water los. Het volume van deze niet-capillaire poriën, in volumeprocenten uitgedrukt, noemt men de *luchtcapaciteit* (L) van den grond; het capillair-gebonden water de *watercapaciteit* (W) van den grond. Het poriënvolume (P) is dus gelijk $L + W$. Bij het verdere onderzoek dienen ook deze grootheden bepaald te worden. Reeds zijn enkele onderzoekingen in deze richting gedaan. Zij vereischen evenwel vrij veel tijd,

ook al omdat zij op het veld verricht moeten worden en de overeenstemming tusschen de duplobepalingen niet groot is¹⁾.

II. De omzettingen, welke zich na de indijking in den kweldergrond afspeelen.

Na de indijking vindt plaats:

1. eene uitspoeling van de zouten van het zeewater door het regenwater. De snelheid van deze uitspoeling houdt met de afwatering en den regenval verband. Ook de doorlaatbaarheid van den grond zal van invloed zijn. De snelheid van uitspoeling van het zout wordt thans bij de bedijking in Zeeland (Kreekrak) en Groningen (Julianapolder) nagegaan. Daartoe wordt het gehalte aan chloriden bepaald, zoowel in den grond als in het water in de kreeken, plassen en greppels en bij de afwateringsluizen. Voorloopig kunnen de volgende gehalten aan keukenzout in het water uit den nieuwen Zeeuwschen polder (Kreekrak) worden opgegeven.

Tabel III.

Grammen keukenzout (NaCl) per liter in watermonsters in den nieuwen polder in het voormalige Kreekrak (Zeeland).

No. plek.	Omschrijving van de plek.	GENOMEN:			
		Juli - Aug 1922.	27/28 Juli 1923.	door tusschenkomst van den directeur der Bath-polders	
				einde Sept. 1923.	half Jan. 1924.
1	Dwarswegduiker-Noordkant	—	—	13,05	5,00
2	In een kreek in de nabijheid van den dwarsweg	14,38	17,30	—	—
3	Genivelleerde lijn—350—400 M.; ten Oosten van de hoofdkreek.	13,46	—	—	—
4	Genivelleerde lijn—540 M. Hoofdkreek	12,72	—	—	—
5	Hoofdweg, Noordelijke duiker.	16,82	20,82	—	—
6	Hoofdweg, Zuidelijke duiker	—	19,60	13,95	6,40
7	74 M. ten Westen van duiker sub 6	—	—	13,59	6,39
8	In een kreek in de nabijheid van den nieuwen dijk	15,21	—	—	—
9	Waterleiding bij dijkpaal 1.	—	—	11,73	3,79
10	Waterleiding bij dijkpaal 8.	17,40	15,76	13,60	5,93
11	Waterleiding bij de sluis.	—	—	12,75	5,93
12	Water, buitendijks uit de Wes- terschelde, bij laag water.	—	15,05	—	—

1) Voor het begrip „luchtcapaciteit” zie КОРКОВ, Die physikalischen Eigenschaften des Bodens, Int. Mitt. für Bodenkunde, V, Seite 138—180 (1914). In de publicatie van Dr. Hans Burger (zie noot blz. 171) vindt men belangrijke mededeelingen over deze grootheid.

Terwijl het zoutgehalte dus aanvankelijk hooger was dan dat van het Scheldewater bij het nauw van Bath, hetwelk ongeveer 14—16 gram NaCl per liter bedraagt¹⁾, was dit gehalte begin Januari 1924 al tot ongeveer 4—6 gram NaCl per liter gedaald.

Verder is uit onderzoekingen van overstromde polders gebleken, dat het zout het derde jaar na de overstroming practisch uit den grond verdwenen is²⁾.

2. In de tweede plaats dringt de lucht na de indijking den grond geregeld binnen. Daardoor vindt eene snelle oxydatie van het zwavelijzer en de andere ijzeroxyduleverbindingen plaats, waarbij zich tenslotte ijzeroxyde vormt. Bovendien krijgt de organische stof in den grond gelegenheid te ontleden. Deze ontleding wordt door het scheuren van de graszode bevorderd. Het is van belang de gevolgen van het scheuren van de graszode wat nader te bestudeeren. Het scheuren van de graszode is van ongunstigen invloed op de structuur van den grond, doordat de regens gelegenheid krijgen de grondkruimels stuk te slaan. Daartegenover staat, dat de gedeeltelijke ontleding van de groote massa organische stoffen gunstig op de structuur inwerkt. Bij volledige ontleding van de organische verbindingen vormt zich koolzuur, zoodat een gas de plaats van de organische stof inneemt. Aanvankelijk zal het poriënvolume niet of althans niet sterk dalen. Op den duur is dit wel het geval. De grond klinkt in.

De koolzuurvorming is nog uit een tweede oogpunt van het grootste belang. Het koolzuurhoudende grondwater lost de koolzure kalk op tot calciumbicarbonaat, hetwelk een tweeledige rol in den pas ingedijkten poldergrond speelt.

In de eerste plaats werkt het calciumbicarbonaat uitvlokkend op de klei in. Dit is een zeer gelukkige omstandigheid. We zagen, dat de peptisatie van de natronklei tijdens de kwelderperiode door de coaguleerende werking van de zouten van het zeewater werd tegengehouden. Het is dus een zeer gelukkig verschijnsel, wanneer het calciumbicarbonaat tijdens en na de vervanging van het zoute water door zoet water, deze coaguleerende rol overneemt en de peptisatie van de natronklei tegengaat.

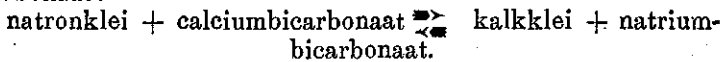
En in de tweede plaats speelt het calciumbicarbonaat een groote rol bij de omzettingen, welke de natronklei na de indijking ondergaat. Het is vooral het lot van de natronklei na de indijking, dat ons belang inboezemt.

De natronklei splitst in zoet water natron af, waardoor het natrongehalte vermindert. Verder werkt het calciumbicarbonaat

1) In 1906 vond ik van 13,5 tot 15,7 gram NaCl per liter water bij het Nauw van Bath; zie: Het zoutgehalte van de op 12 Maart ondergelopen Zeeuwsche polders, Witboekje (1907), blz. 31. Op aanvraag zijn nog exemplaren van dit geschriftje bij mij te verkrijgen.

2) Zie conclusie No. 7 van de artikelen van Ir. S. SMEDING in *Cultura*, Jrg. 32, blz. 66 (1920).

op de natronklei in; er vormt zich kalkklei en natriumbicarbonaat:



De dubbele pijltjes geven aan, dat deze omzetting in beide richtingen verlopen kan. Het is nu zaak de vorming van de kalkklei zooveel mogelijk in de hand te werken; anders gezegd het evenwicht in de bovenstaande vergelijking zooveel mogelijk naar rechts te verschuiven, wat bereikt wordt:

- a. door vermeerdering van de hoeveelheid calciumbicarbonaat, dus door bevordering van de koolzuurproductie;
- b. door verwijdering van het gevormde natriumbicarbonaat, daar dit anders gelegenheid zou krijgen de gevormde kalkklei weer in natronklei op te zetten.

Op de beide factoren *a* en *b* kunnen wij invloed uitoefenen door het gevallen regenwater zoo spoedig mogelijk af te voeren, door dus voor eene goede afwatering te zorgen. Daardoor wordt het gevormde natriumbicarbonaat verwijderd, terwijl bovendien de grond niet met regenwater verzadigd wordt, zoodat de lucht altijd goed kan binnendringen, hetgeen weer de koolzuurproductie — en diensengevolge de calciumcarbonaatvorming — bevordert. Hoe lang de omzetting van de natronklei in kalkklei — wat men den overgang van den kweldergrond in den poldergrond zou kunnen noemen — duurt, is mij onbekend¹⁾ en dient thans bestudeerd te worden. Natuurlijk dient bij deze studie ook gelet te worden op de overige natuurkundige en scheikundige veranderingen, die zich bij dezen overgang afspelen.

Ten overvloede zij hier nog eens gewezen op het groote belang van een goede afwatering, tijdens en na de bedijking, uit drieërlei oogpunt:

1°. de zouten van het zeewater worden verwijderd; dit is van belang, omdat ook deze zouten de gevormde kalkklei weer in natronklei omzetten;

2°. een goede afwatering bevordert de toetreding van de zuurstof van de lucht en daardoor de koolzuur- en de calciumbicarbonaatvorming;

3°. een goede afwatering verwijdert het gevormde natriumbicarbonaat.

Men kan dus niet genoeg den nadruk leggen op het groote

¹⁾ Uit eenige cijfers van de gehalten aan uitwisselbare natron en kalk (zie deze Verslagen No. 24, blz. 200—201) zou ik afeiden, dat de grond uit den Reiderwolderpolder in 1918, dus 54 jaren na de inpoldering, nog niet geheel in normale kalkklei was omgezet. Ook de cijfers uit tabel II wijzen eenigszins in die richting. Het gehalte aan uitwisselbare kalk op klei is in het monster uit den Finsterwolderpolder (B 1459) iets hooger dan in dat uit den Reiderwolderpolder (B 796). Een nauwkeuriger onderzoek over meerdere monsters uit meerdere polders is zeer gewenscht.

belang van eene goede afwatering, liefst *reeds tijdens de bedijking!* Dit is een levenskwestie voor den jongen polder.

Hoe zeer de afwatering ook door krachtige bemaling bevorderd wordt, zij zal alleen tot haar recht komen, zoolang de grond doorlatend is. Raakt de grond verstopt, dan helpt zelfs bemaling niet¹⁾. Nu bezitten de begroeide kweldergronden, waarover deze publicatie handelt, bij de indijking een goede doorlaatbaarheid en men dient er dus voor te zorgen, dat deze goede doorlaatbaarheid behouden blijft, vooral zoolang de natronklei nog bezig is zich in kalkklei om te zetten, dus tijdens de overgangsperiode van kweldergrond tot poldergrond. Het komt hierbij op een oordeelkundige wijze van ploegen aan. Hoofdzaak is den grond in drogen toestand en ondiep te ploegen. Door nat-ploegen wordt de structuur van kleigronden in het algemeen en vooral van kleigronden, welke natronklei bevatten, bedorven. Ploegt men de organische massa te diep onder, dan loopt men gevaar, dat de ontleding van deze massa langzaam verloopt. Dit zal vooral het geval zijn, wanneer de grond, die na het scheuren boven de ondergeploegde graszode gekomen is, door langdurige regens gaat peptiseeren en dientengevolge dichtslibt. De lucht kan dan moeilijk binnentreden, wat weer de koolzuurvorming tegengaat. Het ondiepe ploegen heeft nog dit voordeel, dat slechts een dun laagje de kans loopt een slechte structuur te krijgen. De daaronderliggende grond behoudt zijn doorlatendheid, althans vrijwel. Want men moet altijd bedenken, dat een gedeelte van de zeer kleine klei- en humusdeeltjes naar beneden sijpelen en de poriën van den ondergrond voor een gedeelte verstoppen.

In dit verband is het wel de moeite waard de twee verschillende wijzen van ploegen te vermelden, welke ik in den zomer van 1923 in Zeeland (Kreekrak) en in Groningen (Julianapolder) heb waargenomen.

In den Julianapolder ploegde men met een ploeg met een voorschuur, zoodat de graszode ter dikte van ± 6 c.M. gescheurd werd en daaroverheen de laag van 6—12 c.M. kwam te liggen. Men ploegde dus 12 c.M. diep. Daarna ging men over het land met een zoogenaamde kluitenbreker, waarna het koolzaad met de machine gezaaid werd.

In den Zeeuwschen polder scheurde men, ter diepte van 7—8 c.M., slechts ongeveer de helft van het land. De gescheurde strook, ter breedte van ongeveer 24 c.M., werd gekeerd op de

¹⁾ Dit verschijnsel heb ik eenige jaren na de overstrooming in den Anna-Paulownapolder kunnen waarnemen. De bovengrond van verschillende percelen liet geen water door (sterk gepeptiseerde natronklei); de plassen bleven op het land staan. Onderwijl waren de slooten vrijwel leeg. Prikte men met een roede door de bovenlaag heen, dan vloog het water door het kleine gaatje weg. Uit enkele bepalingen is mij gebleken, dat dergelijke gronden een zeer lage luchtcapaciteit (L) bezaten; in een enkel monster was L zelfs bijna gelijk 0. De poriën van dezen grond waren dus alle van capillaire afmetingen.

naastliggende strook van ± 37 c.M. breedte. Soms nam men deze laatste strook wat smaller. Ook is te bedenken, dat de voor schuin afloopt, van 8 c.M. tot bijna 0 c.M. Verdere bewerking vond in den Zeeuwschen polder niet plaats. Het koolzaad werd met de hand uitgezaaid.

In hoeverre de Zeeuwsche methode beter is dan de Groninger laat ik ter beoordeeling aan de praktijk over. Ik veroorloof mij slechts de volgende opmerkingen te maken. Te Groningen komt de zode vrij diep onder te liggen; de bovenste laag wordt daarna met de kluitenbreker fijn gemaakt, waarna de zaaimachine er over gaat. De kans bestaat — vooral bij aanhoudenden en krachtigen regenval — dat de bovenste laag dicht slijt. De zode zit onder en gaat onder die omstandigheden rotten. Ik heb ook al op sommige perceelen, waar men in het voorjaar 1923 gescheurd had, gehoord van plekken, waar de zode moeilijk verteerde. Verder is de Zeeuwsche methode goedkooper; men ploegt slechts de helft van het land en zaait dan met de hand het koolzaad. Tevens blijft bij de Zeeuwsche methode de helft van het land het eerste jaar in den oorspronkelijken, ongescheurden toestand liggen, waarvan men het tweede jaar profiteeren kan. Het tweede jaar ploegt men loodrecht op de richting van het eerste jaar. Natuurlijk zal men goed doen, bij beide methodes, slechts zeer geleidelijk aan elk jaar wat dieper te ploegen, teneinde zoo lang mogelijk van de goede structuur van den oorspronkelijken kweldergrond te blijven profiteeren.

Recapitulatie. Recapituleerende kan men dus zeggen, dat de scheikundige- en natuurkundige veranderingen van de begroeide kweldergronden na de indijking op het volgende neerkomen.

Het zout wordt door het regenwater uitgeloozd. Doordat de grond niet meer onder water komt, kan de lucht den grond geregeld binnendringen en de ijzeroxyduleverbindingen in ijzeroxyd omzetten. Bovendien vindt betere ontleding van de organische stoffen plaats. Ook het scheuren van de graszode bevordert deze ontleding. Bij de ontleding van de organische stoffen vormt zich bij gunstige omstandigheden koolzuur, waardoor een gedeelte van de koolzure kalk als calciumbicarbonaat in het grondwater wordt opgelost. Dit calciumbicarbonaat werkt uitvlokkend op de natronklei in, welke natronklei zich anders in het zoete water sterk zou peptiseeren. Bovendien zet de natronklei zich door de inwerking van het calciumbicarbonaat in kalkklei om.

Ook de physische toestand van de kweldergronden verandert na indijking. Met zekerheid kan gezegd worden, dat het poriënvolume na de indijking afneemt en uit den aard des te meer, naarmate het aanvankelijk grooter was. Er moet dus in dit opzicht verschil bestaan tusschen de meer kleiige en de meer zandige kweldergronden.

Ook de structuur van den grond verandert. De structuur is eene grootheid, welke nog niet onder cijfers te brengen is, doch

die waarschijnlijk met de afmetingen van de poriën, dus met de luchtcapaciteit (L) verband houdt. Nagegaan moet worden, welke veranderingen de luchtcapaciteit ondergaat en of deze veranderingen met de veranderingen in de structuur verband houden.

Uit praktische ervaringen weet men, dat de jonge poldergronden nog tientallen jaren na de indijking hun goede structuur kunnen behouden. De omzetting van de natronklei in kalkklei is gunstig voor het behoud van deze goede structuur. Snelle afvoer van het zoute water en van het gevormde natriumbicarbonaat bevordert de omzetting van de natronklei in de kalkklei. Wil de afwatering of de bemaling evenwel tot haar recht komen, dan moet de grond zijne goede doorlatendheid voor water behouden. Onoordeelkundig ploegen kan hier veel bederven. In het algemeen kan men zeggen, dat droog en ondiep geploegd moet worden.

Hiermede heb ik in korte trekken de natuurkundige en scheikundige veranderingen aangegeven, welke de kweldergrond na de indijking ondergaat. Men zal de opmerking maken, dat het medegedeelde voor een deel nog van beschouwenden aard is. Ik beschik nog slechts over weinig cijfermateriaal. Dit kan trouwens niet anders. Het cijfermateriaal is slechts te verkrijgen door onderzoekingen bij de indijking van de kweldergronden. De gelegenheid voor dergelijke onderzoekingen heeft gedurende de laatste jaren ontbroken. Nu zij zich voordoet, mag men haar niet verloren laten gaan, te meer niet, waar het betreffende onderzoek over meerdere jaren moet loopen. Mogelijk moet het natuurkundig- en scheikundig onderzoek met een studie van de veranderingen van het bacteriënleven worden aangevuld. Verder is het, vooral met het oog op de indijking van de Zuiderzeepolders, van belang, de onderzoekingen ook over onbegroeide slikken uit te breiden. Ik heb er vroeger reeds op gewezen¹⁾, dat de overgang tot poldergrond bij de onbegroeide slikken mogelijk anders verloopt dan bij begroeide kweldergronden.

Naschrift (zie blz. 173). Een intusschen ingesteld onderzoek naar de gehalten aan „zand” (fractie III + IV) heeft bevestigd, dat er verband tusschen het zandgehalte en het poriënvolume bestaat. Door het ontbreken van de gehalten aan humus, kunnen nog geen nauwkeurige cijfers worden medegedeeld. Ik geef voorloopig de volgende cijfers: zandgehalte ongeveer 11 pct. — poriënvolume ongeveer 74 pct.; 27 pct. — 66 pct.; 40 tot 50 pct. — 50 tot 60 pct.; 71 pct. — 47 pct.

¹⁾ Zie slot van een artikel in de Provinciale Groninger Courant van 15 October 1918.