Correcties

p. 38 ,	regel	9 v.b.	Invullen pag. 18
p. 42 ,	"	15 v.b.	32 moet zijn 32'
p. 45 ,	"	1 v.b.	Table XI moet zijn Tabel XI'
p. 46 ,	"	11 v.o.	(32) moet zijn (32, 32')
p. 53 ,	"	6 v.o.	(26, 32) moet zijn 26, 32, 32')
p. 56 ,	"	8 v.o.	(32) moet zijn (32, 32')
p. 60 ,	"	12 v.b.	(32) moet zijn (32, 32')
p. 73 ,	"	11 v.b.	(32) moet zijn (32, 32')
p. 77 ,	"	11 v.b.	(16) moet zijn (36)
p. 85 ,	"	10 v.o.	(32) moet zijn (32, 32')
p.101 ,	"	2 v.o.	(32, 44) moet zijn (32', 44)

DE INUNDATIES GEDURENDE 1944-1945 EN HUN GEVOLGEN VOOR DE LANDBOUW

DEEL VIII

"De microbiologie van de grond onder invloed van overstroming met zout water en de invloed ervan op de eigenschappen van de grond".

G.W. Harmsen.

Inhoudsopgave:

Inleiding.

Reeds eeuwenlang worden de lage landen in het Westen van Nederland geteisterd door overstromingen met brak of met zout water als gevolg van dijkvallen, dijkdoorbraken of opzettelijk gestelde inundaties. Soms werden slechts kleine polders en slechts voor korte tijd door het zeewater overspoeld, maar vaak waren uitgestrekte gebieden daarmede gemoeid en bleef het binnengedrongen water maandenlang op het land staan, deze grond diep en volledig impregnerend en zijn geaardheid in schier alle opzichten wijzigend. Nergens heeft men dan ook zoveel ervaring kunnen verzamelen betreffende de invloed van overstroming van cultuurgronden met zeewater als in Nederland. Uit de aard der zaak beperkte deze ervaring zich in vroegere tijden vrijwel uitsluitend tot waarnemingen van practische landbouwers, die bovendien slechts zelden werden opgeschreven. Veel van de oude ervaring heeft ons dan ook alleen als overlevering bereikt. Beter genotuleerde gegevens vindt men alleen bij Ponse (1,2).

Slechts zeer geleidelijk begon men in de loop der 19e eeuw het onderzoek naar de invloed van zeewater op de grond meer exact aan te pakken. Doch ook toen werd de funeste werking van zeewater op de cultuurgrond alleen gezocht in de directe schadelijke invloed der zeewater-zouten op de gewassen en in het verstikken der wortels door de anaërobie in de met water verzadigde grond, terwijl de ingrijpende wijzigingen, die het adsorptie-complex van de grond onder invloed van het zeewater onderging, slechts onvolledig werden begrepen. De rol der levende wezens, en meer speciaal der microben, in de grond in tijden van overstroming en gedurende de herstelperiode daarna werd zelfs volkomen veronachtzaamd. Toen echter door het baanbrekende werk van van Bemmelen ons inzicht in de processen, die zich tijdens en na inundatie in de grond afspelen, was verdiept, begon men zich rekenschap te geven van de zeer belangrijke rol der levende wezens. Doch ook nu nog legde men aanvankelijk te veel gewicht op de grote levende wezens - de planten, wormen, insecten en dergelijke - die alle door een zeewater-overstroming van enige duur volledig vernietigd

worden, zodat de gronden na het weer droogleggen der overstroomde polders volkomen dood heetten te zijn. Juist aan deze toestand werd voor een groot deel de traagheid van het herstel na de inundatie toegeschreven. De grond was niet meer doortrokken met wortels en gangen, gemaakt door wormen en insecten, redeneerde men; daardoor was zijn structuur bedorven en was hij te dicht en te ondoorlatend geworden (3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16).
Ontegenzeggelijk schuilt in deze, op waarnemingen berustende, redenering veel waarheid, maar toch is de vernietiging van het planten- en dierenleven in overstroomde gronden zeer zeker niet de voornaamste reden van het trage herstel der goede eigenschappen van de gronden. Het viel immers al spoedig op, dat niet de rijk doorwortelde en van veel gangen voorziene graslanden, doch juist de vaak vrijwel van alle macroleven gespeende bouwlanden het meest onder overstromingen met zeewater te lijden hebben en zich het traagst herstellen. Bovendien treedt het verval van de structuur niet vanzelf op, maar alleen onder invloed van krachten van buiten, zoals bewerking van de grond, regenval en dergelijken. De grond, die anders deze mechanische invloeden kan verdragen, verslempt nu daardoor onmiddellijk. Pas in recente tijden begon men een verklaring hiervoor te zoeken in de nadelige invloed van de overstroming op de microben. Ons inzicht in de chemische veranderingen in het adsorptie complex van kleigronden onder invloed van zeewater was n.l. gerijpt en men was vertrouwd geraakt met de voorstelling, dat tijdens de inundatie het voornaamste ion van het zeewater - het Na^{+}- de overige ionen (voornamelijk het Ca^{++}) verdringt,daardoor een klei opleverende, die na de ontzilting de neiging krijgt sterk te peptiseren en zeer onhandelbaar en dicht te worden. Daarmede zag men ook in, dat zulke gronden pas door een herstel van het oorspronkelijke hoge gehalte aan Ca-ionen in het adsorptiecomplex weer tot uitvlokking kunnen worden gebracht, waardoor zij tevens hun normale oorspronkelijke kruimelstructuur weer terug krijgen. Daarvoor is echter een vrij hoge concentratie aan Ca-ionen in het bodemvocht vereist om in het adsorptie-evenwicht het Na^{+} in de klei door Ca^{++} te

kunnen verdringen (10,12,13,19,20). In deze gedachtengang doorredenerende, zag men in, dat de oplosbaarheid van de in de meeste kleigronden in voldoende hoeveelheid aanwezige koolzure kalk hiervoor te laag is. Wil men dus de vereiste concentratie aan Ca-ionen doen ontstaan, dan moet door de inwerking van het door de ademhaling der microben ontstane koolzuur meer $CaCO_3$ in oplossing worden gebracht. Door het formuleren en proefondervindelijk bewijzen van het proces van structuurverval en het daarop volgende herstel ervan, was men zich nu bewust geworden van het grote belang van de microben en dus van de z.g. ademhaling van de grond voor de sanering van door zeewateroverstroming bedorven gronden.

De voorstelling, die men zich langzamerhand had gevormd van het verloop van het proces , was dus, dat de microben door het zeewater grotendeels vernietigd werden, omdat de microflora van cultuurland uit zout-gevoelige akker-vormen bestaat, en in tegenstelling tot de speciale microflora van schorren en kwelders, een overstroming dus niet overleeft. De grond blijft volgens deze redenering, na de overstroming dus vrijwel steriel of althans zeer microben-arm achter. Het gevolg hiervan is een zeer trage en onvoldoende omzetting van organische stoffen waardoor dus onvoldoende koolzuur wordt geproduceerd voor een krachtige oplossing van de koolzure-kalk-voorraden en de daaruit voortvloeiende omzetting van de z.g. Na-klei in Ca-klei. De klei blijft dus rijk aan Na in zijn ionen-bezetting en behoudt daardoor ook lange tijd de slechte structuur. Op haar beurt verhindert deze slechte structuur een voldoende binnendringen van de lucht in de grond, hierdoor de aëratie en de ontwikkeling der microflora tegenhoudend. Zo zou dus een vicieuze cirkel van de wisselwerking van onvoldoende microbenleven en van het behoud der verslempte structuur ontstaan, die zeer moeilijk te doorbreken is. Slechts een zeer voorzichtige en ondiepe bewerking van de grond en het verbouwen van overblijvende en diep wortelende gewassen, zoals lucerne of klaver, zouden in de loop van jaren geleidelijk de grond weer van wortelkanalen kunnen voorzien en ook zoveel koolzuur erin doen ontstaan, dat de Na-klei op de duur in Ca-klei over kan gaan, waarmede ook

de structuur en het microbenleven hersteld zouden worden.

Deze, hier schematisch weergegeven, redenering gaf een zeer plausibele verklaring voor het gehele verschijnsel en vooral voor de hardnekkigheid van het structuurverval en van de nog vele jaren na de overstroming waarneembare teerheid en gevoeligheid van kleigronden. Op deze redenering waren dan ook de bekende door de voorlichtingsdienst verstrekte adviezen voor de landbouwers in de getroffen gebieden gebaseerd, die trouwens volkomen overeenkwamen met de praktijkervaring uit vroegere overstromingen met zeewater.

Hoe logisch en hoe ogenschijnlijk verantwoord deze redenering ook was, zij berustte op onvoldoende waarnemingen. Slechts een deel der feitelijke gegevens en voorwaarden was inderdaad getoetst en aangetoond. Zo was het inderdaad een onlochenbaar feit, dat het adsorptie-complex tijdens de inwerking van zeewater op de grond sterk met Na-ionen wordt bezet, waardoor de structuur van zware gronden na het uitspoelen van de overmaat der electrolyten in het bodemvocht wordt bedorven, althans zodra deze grond de onvermijdelijke bewerkingen ondergaat. Ook was het aan geen twijfel onderhevig, dat deze ongunstige toestand zich daarna slechts zeer langzaam herstelt en de grond jarenlang dicht en gevoelig blijft. En tenslotte was het reeds in de jaren na de overstromingsrampen in 1906 en 1916 door Hissink (10, 13, 12, 19, 20, 14) aangetoond, dat door toediening van een overmaat Ca-ionen de Na-klei gemakkelijk in Ca-klei kan overgaan, daarmede de gepeptiseerde structuur in de gewenste kruimelstructuur veranderend. Dat het trage herstel van overstroomde gronden echter op een onvoldoende koolzuurproductie berust, dus op een koolzuurproductie, die geringer is dan die welke in dezelfde gronden vóór de overstroming heerste en dat deze vermindering het gevolg is van een sterk gedecimeerde microbenbevolking, waren slechts gededuceerde veronderstellingen zonder proefondervindelijk bewijs.

Zo was de toestand van onze kennis van de lotgevallen der micro-organismen in de grond bij zeewater-overstromingen, toen er in het najaar van 1939 door onze regering besloten werd

in de Kruininger en de Nieuw-Olzenderpolder op Zuid-Beveland inundaties te stellen als onderdeel van de aldaar aangebrachte verdedigingswerken. Het was dan ook een alleszins gelukkige gedachte om deze inundaties aan een diepgaand en veelzijdig onderzoek te onderwerpen, eensdeels ter vergemakkelijking van het latere herstel dezer gronden, anderdeels echter ook om ons inzicht in de bodemkundige problemen, verband houdende met zeewater-inundatie, te verdiepen. In het kader van dit onderzoek was het wederom zeer verheugend, dat ook aan het microbiologisch onderzoek daarbij de nodige plaats werd ingeruimd.

Dit microbiologisch onderzoek had eigenlijk een tweeledig deel: eensdeels was het bedoeld als een theoretisch onderzoek naar de gedragingen der microflora van de grond tijdens en na de overstroming, hiermede onze kennis en begrip van de rol der microben in geinundeerde gronden verdiepende, andersdeels echter was aan dit onderzoek de hoop niet vreemd, dat men een middel zou kunnen vinden om de activiteit der microorganismen na de inundatie spoedig zodanig op te voeren, dat de koolzuurvorming in de grond daardoor tot een voldoende hoog peil zou stijgen. Men verwachtte immers, dat de koolzuurproductie in de grond na de overstroming onvoldoende zou zijn.

Slechts weinigen konden in het najaar van 1939 bevroeden van hoe veel meer belang het gehele onderzoek naar de middelen van herstel der geinundeerde gronden in de komende jaren zou worden en welke uitgestrektheid de geinundeerde gebieden zouden verkrijgen tijdens het verdere verloop van de oorlog. Het eerste, bescheiden opgezette, onderzoek in de Kruininger en Nieuw Olzender-polders in het voorjaar van 1940, na het gedeeltelijke opheffen der in 1939 gestelde inundaties, was immers nog niet voltooid, toen er in de Meidagen opnieuw tot een overhaaste inundatie van dezelfde terreinen, en zelfs tot een hoger peil dan in de winter 1939-'40, moest worden overgegaan. Deze kortstondige maar zeer ingrijpende inundatie bood goede gelegenheid tot onderzoek, te meer daar zowel oude, grotendeels ontkalkte, gronden in de

Kruininger polder als ook jonge kalkrijke, in de Nieuw-Olzenderpolder, daarbij betrokken waren (21, 22, 23, 24, 26). Door een dijkval in de Wilhelminapolder bij Sas van Goes kreeg men in 1943 wederom gelegenheid tot verder onderzoek der inundatie-problemen, juist op het tijdstip, toen de terreinen bij Kruiningen als werkobject hun waarde begonnen te verliezen. Hierdoor kon schier zonder onderbreking met dit onderzoek worden voortgegaan tot aan de grote inundaties in de jaren 1944-'46, waardoor ons inzicht toen reeds aanmerkelijk was verdiept, zodat men beslagen ten ijze kwam in die kritieke jaren en de toen in overvloed geboden gelegenheid tot grootscheeps onderzoek ook beter kon benutten.

In het onderstaande zal de stof niet chronologisch naar de zojuist aangeduide opeenvolgende phasen der inundaties worden ingedeeld, doch naar onderwerpen. Bij de behandeling van elk der onderwerpen zal het soms echter onvermijdelijk zijn de loop van het onderzoek gedurende een kortere of langere periode te volgen.

De opzet van het microbiologisch onderzoek was, zoals reeds aangegeven, aanvankelijk toegespitst op het probleem van de verhoging van de activiteit der microflora na het weer droogleggen der gronden met als doel een versnelling van het structuurherstel der zware gronden, ook al was men zich toen reeds bewust van de mogelijkheid van het zich voordoen van nog onverwachte nieuwe problemen. Zulke nieuwe problemen met microbiologische facetten bleven inderdaad niet uit, hoewel zij pas in de latere jaren van het onderzoek, tijdens de grote inundaties, naar voren kwamen terwijl in de eerste jaren het onderzoek zich beperkte tot het probleem van de ademhaling en de invloed daarvan op de structuur van de grond.

De voornaamste van de andere problemen waren ten eerste een kwantitatief onderzoek naar de voorraden van sulfiden in de jonge slikken, die op Walcheren plaatselijk door het getij waren afgezet, vergeleken met die in oude grond; ten tweede een analoog onderzoek naar de hoeveelheid sulfiden, in de zode van verdronken grasland, tijdens de inundatie gevormd; en ten derde een poging om de abnormale stikstofrijkdom, die op vele

geinundeerde terreinen in het eerste jaar na het weer drooggevallen geconstateerd werd, te verklaren en de oorzaak er van te vinden, als ook om dit verschijnsel - het z.g. "Toleneffect" - kwantitatief te meten; en tenslotte een onderzoek naar de wenselijkheid van enting der vlinderbloemige gewassen bij de eerste verbouw na de inundatie.

Alvorens in de onderstaande hoofdstukken de aangegeven problemen achtereenvolgens te behandelen mag hier niet onvermeld blijven, dat dit gehele onderzoek uitgevoerd werd tijdens en onmiddellijk na de oorlog; en zo veelzijdig en leerzaam als de talrijke en uitgestrekte, toen gestelde, inundaties voor een diepgaand onderzoek ook waren, zo ongunstig waren de tijden. Voornamelijk de beginperiode in 1939 en 1940, die in de donkerste dagen van mobilisatie en overrompeling van ons land door de vijand viel, liet geen rustig en wel-opgezet onderzoek toe en de technische moeilijkheden, als resultaat van het verklaren van bepaalde delen van ons land tot verboden terrein, van ontredderde verbindingsmiddelen, van onvoldoende mogelijkheid van voorafgaand overleg met de autoriteiten, die bij de inundaties betrokken waren, maakten het zeer moeilijk om het onderzoek op de juiste wijze te doen verlopen. Om scherp te doen uitkomen hoe groot de moeilijkheden in de eerste jaren waren, kan o.a. vermeld worden, dat zowel tijdens de eerste als ook de tweede inundatie bij Kruiningen niet eens betrouwbare gegevens over het zoutgehalte van het water, dat op de grond stond, te verkrijgen waren. Slechts de gemiddelde zoutgehalten van het ingelaten water waren beschikbaar; deze zijn echter uit de aard der zaak steeds veel hoger, dan die van het met polder- en regenwater vermengde inundatie-water, zoals het op het land stond. Het microbiologisch onderzoek werd in die dagen trouwens nog speciaal gekortwiekt, door het onder de wapenen komen of door ziekte van nagenoeg het gehele personeel van het laboratorium. Alles diende dus met ongeschoolde hulpkrachten en tijdens enkele verlofdagen te geschieden. In de latere phasen van de oorlog, voornamelijk in de jaren 1944 en 1945, waren de moeilijkheden van andere

aard, doch niet minder ernstig. Toen waren het voornamelijk de directe oorlogshandelingen in de betrokken gebieden, de schaarste aan de meest elementaire hulpmiddelen op het laboratorium en bij het veldwerk en de zeer geringe medewerking van de bezettingsautoriteiten bij dat onderzoek. Met het oog op al het bovenstaande behoeft het dus niet te verwonderen, dat het gehele onderzoek niet zoveel heeft opgeleverd en niet met die efficiency kon worden verricht, die men bij het rijk geboden materiaal in gunstiger tijden had kunnen verwachten.

De bij dit onderzoek toegepaste methodiek behoeft hier niet nader te worden beschreven. Hiervoor kan worden verwezen naar het hoofdstuk III op pag. 106-122 van de publicatie: "De microbiologie van door zout water geinundeerde gronden" in de serie "Voordrachten over zoute gronden" in 1946 uitgegeven door de directie van de Wieringermeer. Daarin is een uiteenzetting gegeven van de wijze van monsterneming en van analyse der monsters (25).

Hoofdstuk I

Het microbenleven en de structuur van de grond tijdens de overstroming.

In de inleiding werd er reeds op gewezen, dat aanvankelijk bij de opzet van het werk het belang van een degelijk onderzoek van de toestand in de grond tijdens de overstroming niet voldoende werd ingezien. Het axioma, dat de microbenbevolking van de grond door de overstroming al spoedig voor het overgrote deel zou worden vernietigd, werd te kritiekloos aanvaard, daar men toen algemeen van mening was, dat het zoutgehalte van het zeewater de meeste normale akkermicroben zou doen afsterven, zulks te meer daar men bovendien verwachtte, dat de toestand in de overstroomde grond zich zeer snel in de richting van volkomen anaërobie met een hoge concentratie aan zwavelwaterstof zou ontwikkelen. Onder zulke condities was het voortbestaan van de normale microflora van akkergronden inderdaad ondenkbaar, zodat de veronderstelling dat reeds binnen enkele weken de rijke microflora van de grond grotendeels zou afsterven en zou worden vervangen door de speciale en veel individuen-armere halophytenflora van de zeebodem, zeker gerechtvaardigd leek. Hierdoor zou dus een actieve rijke microflora van meer dan 100 millioen levende kiemen per gram grond vervangen worden door een samenleving van hoogstens een paar millioen organismen [1]; ze zou dus terugvallen op een niveau van slechts enkele procenten van het oorspronkelijke. Het is duidelijk, dat daardoor ook de koolzuurproductie en alle andere uitingen van het microbenleven zouden moeten teruglopen tot een waarde die in het niet valt vergeleken bij de toestand vóór de overstroming.

Dit beeld, waarmede men vertrouwd was door de omvangrijke litteratuur over de microflora van de zeebodem, aanvaardde men ook voor de overstroomde gronden zonder dat het door exacte waarnemingen ooit was bevestigd. Voor zover schrijver dezes kan nagaan was er nog nooit iets gepubliceerd over de

1) Deze aantallen hebben betrekking op z.g. plaattellingen; de absolute aantallen zijn aanzienlijk hoger. Voor het vergelijkend onderzoek kan echter met plaattellingen worden volstaan.

lotgevallen van de microben in de grond bij overstroming met zeewater. Dit onderwerp, dat buiten ons land trouwens nauwelijks van practisch belang is, was tot nu toe volkomen verwaarloosd, zodat bij de opzet van het onderhavige onderzoek min of meer van een eerste verkenning kon worden gesproken. Het is dan ook achteraf bezien zeer te betreuren, dat men het belang van een onderzoek dezer eerste phase van de inundaties aanvankelijk niet voldoende inzag, zodat men de winter 1939-'40 onbenut heeft laten voorbijgaan en pas na het aflaten van het water in het vroege voorjaar van 1940 bij Kruiningen de eerste bemonsteringen verrichtte in de nog wel volkomen met water verzadigde gronden, maar toch pas meer dan een week na het weer droogvallen. Dit veronachtzamen van de periode van de eigenlijke inundatie werd in 1939-1940 nog in de hand gewerkt door de reeds gememoreerde moeilijkheden, voortvloeiende uit de speciale oorlogsomstandigheden, maar toch past het nu achteraf ruiterlijk te bekennen, dat het grote belang van een exact onderzoek in de maanden van de eigenlijke overstroming, niet van te voren werd erkend.

De eerste inundatie bij Kruiningen werd in November 1939 gesteld, doch vóórdat het water in Maart 1940 weer was afgelaten werden er zoals gezegd, niet eens regelmatige waarnemingen van het zoutgehalte van het inundatiewater verricht. Zo kon het gebeuren, dat in Maart 1940 bij het begin van het grondonderzoek in de Kruininger-, Nieuw-Oldezender en St. Pieterspolder zo goed als niets bekend was van het zoutgehalte tijdens de inundatie. Slechts het gemiddelde zoutgehalte van het ingelaten water was bekend. Voor het water der Oosterschelde, dat gebruikt werd voor de inundatie der beide kleine polders Nieuw-Olzende en St. Pieter, bedroeg het ongeveer 25 gram keukenzout per L, terwijl de Kruiningerpolder met het aanmerkelijk zoetere Westerscheldewater, met een zoutgehalte van slechts 10 tot 15 gram per L, werd overstroomd. Dit toch al niet zeer hoge zoutgehalte werd nog sterk verlaagd door vermenging met slootwater, aangezien het peil van het polderwater hoog was op het ogenblik

van waterinlaat en de grond nat door de toen overvloedige regens, terwijl het inundatieniveau niet hoog werd opgevoerd, zodat de slechts geringe hoeveelheid ingelaten zout water met veel zoet water werd vermengd. Zodoende zal het zoutgehalte van deze inundatie zeer waarschijnlijk nooit hoog zijn geweest, vooral niet in de Kruiningerpolder, doch exacte gegevens ontbreken. Gedurende de inundatie was de hoeveelheid neerslag hoog en werd het inundatiepeil bovendien geleidelijk verlaagd waardoor het zoutgehalte geleidelijk nog meer daalde en er op de aanvankelijk overstroomde, doch later boven waterniveau gelegen terreinen, zelfs enige ontzilting door het regenwater waarneembaar werd. De eerste exacte gegevens zijn de zoutgehalten van het bodemwater in de grondmonsters genomen door de landbouwvoorlichtingsdienst in Maart 1940, dus vlak vóór het aflaten van het water, op terreinen, die toen reeds drooggevallen waren, maar oorspronkelijk geinundeerd zijn geweest. In de bovenste 20 cm dezer monsters varieerde het zoutgehalte tussen 0 en 2 gr./L bodemvocht terwijl het in de ondergrond enigszins hoger was, doch in de regel ook slechts varierende tussen 1.5 en 3.5 gr/L. Iets hogere zoutgehalten werden gevonden in soortgelijke monsters in April 1940, genomen op de lager gelegen terreinen, die toen pas kort geleden waren drooggevallen. Daar werden gehalten tot ± 6 gr. in de bouwvoor en tot 8 gr. in de ondergrond gevonden, dus ook nog zeer lage waarden, duidelijk erop wijzende, dat men hier te doen had met een brak-water inundatie.

De eerste monsters voor het microbiologisch onderzoek werden genomen in de Kruiningerpolder op 23 Maart 1940, dus enkele dagen na het aflaten van het water. Er werden toen ook koolzuurbepalingen te velde verricht. Deze eerste serie bestond uit 4 monsters, van de laag van 0-20 cm. Drie dezer monsters waren afkomstig van één hellend, maar overigens vrij homogeen perceel, gelegen aan de Oostzijde van de "Lange weg", tussen het dorp Kruiningen en de z.g. "Nieuwe Haven", dus vlak bij de inlaatplek van het Westerschelde-water.

Monster 1 was genomen op het lage deel van het terrein, dat gedurende de gehele winter overstroomd was.

Monster 2 vertegenwoordigde het deel van het perceel, dat niet volkomen geinundeerd is geweest, maar vlak bij het waterniveau had gelegen, waardoor het door infiltratie en golfoploop toch sterk door het brakke water beinvloed is geweest.

Monster 3, tenslotte, was gestoken op het hoge deel van het terrein, dat buiten de invloed van het water was gebleven.

Het vierde monster van deze serie was afkomstig van een ander terrein, gelegen in het centrale deel van de Kruiningerpolder, ten N. van de Hoofdweg, vlak bij de hofstede "De Oude Moer", en wel van een laag perceel; het is dus te vergelijken met monster 1. Deze vier monsters vertegenwoordigen alle de oude, vrijwel ontkalkte en vrij humus-arme gronden van de Kruiningerpolder, die ook vóór de inundatie al vrij veel neiging hadden tot verslemping.

De voornaamste uitkomsten van het onderzoek dezer serie zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1. Eerste bemonstering Kruiningerpolder, Maart 1940.

Monster	1	2	3	4	Sample
Lutumgehalte	20,2	17,2	15,8	21,6	Lutumcontent
Humusgehalte	4,2	3,0	2,2	3,1	Humus content
$CaCO_3$-gehalte	2,6	0,0	0,0	1,6	$CaCO_3$ content
Vochtgehalte	25,6	21,8	21,0	24,5	Moisture content
Zoutgehalte	3,2	0,8	0,0	0,1	Salt content
Totaal aantal microben	67,6	60,7	42,8	79,0	Total numbers of microbes
Aantal nitrificerende organismen	2.000	6.000	800	800	Number of nitrifying organisms
CO_2-productie in de monsters	11.4	6.4	4.6	7.0	CO_2 formation in the samples
CO_2-productie te velde	1.3	1.5	1.95	1.2	CO_2 formation under field conditions

table 1. First series of samples from the Kruiningerpolder, March 1940.

Omtrent de eenheden, waarin de in deze en in de volgende tabellen vermelde grootheden uitgedrukt zijn, kan het volgende worden medegedeeld:
Lutumgehalte, humusgehalte, $CaCO_3$-gehalte, vochtgehalte en totaal N-gehalte in gewichtsprocenten van de droge grond.
Zoutgehalte als C-cijfer, d.w.z. in gr. NaCl/L. bodemvocht.
Aantallen microben als ware aantallen per gram grond in diens natuurlijke vochtgehalte. Alleen het totaal aantal microben, dat door plaattelling werd bepaald, werd in millioenen per gram grond uitgedrukt.
CO_2- productie te velde als gr. CO_2 per M^2 per uur.
CO_2-productie in de monsters als mgr. CO_2 per kg grond in zijn natuurlijk vochtgehalte per uur.
Het humus-gehalte is berekend uit het gehalte aan organische koolstof (C_t) door vermenigvuldiging met de factor 1,72. Het C_t-gehalte werd met de elementair-analyse bepaald.

The indication of the different values, mentioned in this and in the following tables, is as follows:
Lutum, humus, $CaCO_3$, moisture and total N as % by weight on the dry matter, Salt content as C-indexes (grams of NaCl/L moisture in the soil).
Number of microbes as true numbers per gram of soil. But the total number of microbes is expressed in millions per gram of soil. It is determained as plate-counts. CO_2 formation in the samples as mgr CO_2 per hour and per kg of the soil with its natural moisture-content. CO_2 formation under field conditions as gr. CO_2 per M^2 per hour.
The humus-content is derived from the organic carbon content (C_t) by multiplication with the factor 1.72. The C_t is determined by dry combustion.
"Lutum" is the fraction of soil-particles smaller than 2 μ.

Ten opzichte van de in deze tabel en ook in de meeste verdere tabellen vermelde getallen van het aantal microben, dient opgemerkt te worden, dat hier kortheidshalve alleen het totale aantal microben, gevonden op agarplaten met een universele voedingsbodem, en het aantal vertegenwoordigers van de bij uitstek aërophile en gevoelige physiologische groep

der nitrificerende organismen worden vermeld. In feite werden daarnaast nog enkele andere physiologische groepen geteld, o.a. de eiwit-splitsende en de cellulose-splitsende organismen en de Azotobacters. De daarbij gevonden getallen bevestigen alle echter volkomen de uitkomsten verkregen met het totaal aantal microben.

Dit eerste onderzoek leverde, zoals deze cijfers aantonen, meteen reeds een volkomen verrassing op doordat hierbij bleek, dat de langdurig overstroomde gronden van monsters 1 en 4 geen lagere microbengetallen vertoonden, doch juist hogere dan de niet of slechts gedeeltelijk overstroomde monsters 2 en 3. Zelfs de uitermate aërophile en gevoelige nitrificerende organismen bleken door de overstroming niet merkbaar te zijn geschaad. Ook de koolzuurproductie in de mengmonsters op het laboratorium bleek in overeenstemming hiermede door de overstroming niet te zijn geschaad: zij leek zelfs te zijn gestimuleerd. Alleen de productie van het koolzuur, gemeten te velde, scheen door de inundatie te zijn verlaagd. Dit laatste kon echter ook niet anders zijn, daar de grond op de lage overstroomde percelen een nagenoeg dichte ondoordringbare oppervlaktelaag vertoonde, terwijl de niet overstroomde delen van het perceel een meer kruimelige struktuur hadden. Dit verschil behoeft dus niet op een ingrijpende beinvloeding van de grond te wijzen, maar kan verklaard worden uit de zuiver mechanische verslemping van het oppervlaktelaagje. Een zeer lichte bewerking - slechts met het doel de oppervlakte-laag (van maar enkele millimeters dikte) te breken - zou vermoedelijk de lagere koolzuurproductie-cijfers hebben doen veranderen in even hoge of hogere dan op de niet geinundeerde percelen.

Dit op het eerste gezicht volkomen onverwachte en onbegrijpelijke resultaat kan wel enigzins geaccentueerd zijn geweest door de ongelijkmatigheid van het terrein en de daaruit voortkomende onvergelijkbaarheid der monsters zoals in de tabel te zien is aan de cijfers van lutum-, humus-, en $CaCO_3$-gehalten, die alle er op wijzen, dat de monsters 1 en 4

onder gewone omstandigheden een rijkere microflora zouden moeten vertonen dan de monsters 2 en 3. Zulke verschillen zijn trouwens niet beperkt tot deze serie monsters, in-tegendeel, het is een algemene regel, die in Zeeland en speciaal in de zeer oneffen oude Kruiningerpolder zeer sterk opgaat, dat hoge en lage percelen zeer uiteenlopende mechanische samenstelling, humusgehalte en soms ook koolzure-kalk-gehalte vertonen. Zodoende gaat bij ondiepe partiele overstromingen een langdurigere en diepere bedekking met water in de regel met grotere oorspronkelijke vruchtbaarheid en actiever microben leven samen. Hierdoor worden de dieper liggende percelen vaak in een gunstiger licht geplaatst tegenover de hoger gelegene dan met de werking der inundatie zou overeenkomen. Deze vergelijkbaarheid der monsters was een zeer hinderlijke factor bij het onderhavige onderzoek, temeer daar men niet beschikte over gegevens betreffende het microbenleven in de betreffende percelen vóór de inundatie. Hoe aanzienlijk deze verschillen echter ook mogen geweest zijn, zij kunnen toch nooit een volledige verklaring geven van de verrassend hoge microbenactiviteit in de overstroomde lage monsters 1 en 4, die cijfers vertonen, die de overeenkomstige getallen in echte zeebodem-monsters met bijna het honderdvoudige overtreffen. De algemene indruk, door deze eerste gegevens gewekt, dat de overstroming, zoals zij hier was verlopen, de microflora niet of slechts zeer weinig benadeeld heeft, kan hierdoor dus niet worden weggenomen.

Direct na het bekend worden van deze onverwachte resultaten werd op 12 april 1940 overgegaan tot het bemonsteren van de gronden in de beide jonge polders, die bij de inundatie van 1939-'40 betrokken waren - de Nieuw-Olzenderpolder en de St. Pierspolder. Deze beide polders waren geinundeerd van uit de Oosterschelde, dus met water van een aanzienlijk hoger zoutgehalte. Bovendien hebben zij als jonge polders een geringere waterberging en dus minder polderwater dan de grillige Kruiningerpolder. Men kon dus gevoegelijk aannemen hier met een inundatie met zouter water te maken te hebben. Helaas beschikt men ook hier niet over exacte gegevens be-

treffende het zoutgehalte tijdens de inundatie. Deze bemonstering is ca. 3 weken later uitgevoerd, dan die in de Kruiningerpolder, waardoor de hier verkregen uitkomsten minder betrouwbaar zijn, daar de grond zich in de tussentijd reeds enigszins hersteld kon hebben. Een merkbare ontzilting heeft toen zeer zeker reeds plaats gehad, vooral omdat het weer tussen het aflaten van het water en het nemen der monsters regenachtig was. Een belangrijke indroging van de grond had hierdoor echter niet plaats gehad.

Ook hier werden 4 monsters genomen:

1. Op een hoog gelegen perceel in de Nieuw-Olzenderpolder, onbeinvloed door de inundatie.
2. Op een laag gelegen perceel, dat gedurende de gehele inundatie overstroomd was, maar dat overigens zeer behoorlijk met het eerste vergelijkbaar is.
3. Op een vrij hoog perceel in de St. Pieterspolder, waar grond slechts licht geleden heeft door de inundatie.
4. Op een laag gelegen perceel in de St. Pieterspolder, waar de grond gedurende de gehele inundatie overstroomd is geweest.

De uitkomsten van het onderzoek dezer monsters zijn in tabel II bijeengebracht.

Tabel II. Eerste bemonstering Nieuw-Olzender- en St.Pieterspolder, April 1940.

Monster	1	2	3	4	Sample
Lutumgehalte	19.7	14.8	15.6	13.6	Lutum content
Humusgehalte	1.6	1.2	1.3	1.2	Humus content
$CaCO_3$-gehalte	4.8	6.2	7.0	7.6	$CaCO_3$ content
Vochtgehalte	22.2	23.6	23.9	22.9	Moisture content
Zoutgehalte	0.0	1.4	0.0	3.1	Salt content
Totaal aantal microben	99.0	92.5	114.0	109.0	Total number of microbes
Aantal nitrificerende organismen	10.000	8.000	20.000	1.000	Number of nitrifying organisms
CO_2-productie in de monsters	3.0	4.5	3.6	5.3	CO_2 formation in the samples
CO_2-productie te velde	0,98	0,85	niet bepaald (not determined)		CO_2 formation under field conditions.

Tabel II. First series of samples from the Nieuw Olzender and St.Pieterspolders, April 1940.

Deze cijfers zijn wel niet zo regelmatig en instructief als die van tabel 1, maar in grote lijnen bevestigen zij volkomen de in de Kruiningerpolder verkregen uitkomsten. Ook hier heeft het aantal microben in de grond niet noemenswaardig geleden van de overstroming, hetgeen ook blijkt uit het in de monsters geproduceerde koolzuur. Deze conclusie is in dit geval trouwens te meer gerechtvaardigd, daar hier, in tegenstelling tot de Kruiningerpolder, juist de hoge percelen (monsters 1 en 3) dank zij hun hogere gehalte aan humus en lutum vóór de inundatie vermoedelijk reeds een rijker microbenleven gehad moesten hebben. De zeer gevoelige nitrificerende organismen wijzen hier echter wel in de richting van enige beschadiging door de overstroming, terwijl de hogere koolzuurproductie te velde der niet overstroomde terreinen ook hier weer kan worden verklaard door de vorming van een zeer dicht en ondoordringbaar laagje op het oppervlak der geinundeerde gronden.

Recapitulerende kan dus worden gezegd, dat men na de eerste inundatie rondom Kruiningen reeds vrij sterk de indruk had gekregen, dat brakwater-inundaties, de microflora veel minder schaden, dan aanvankelijk werd aangenomen. Deze ondervinding was weliswaar niet voldoende om te generaliseren en alle overstromingen voor de microflora relatief onschadelijk te verklaren, maar betrekkelijk korte brakwater-inundaties in het koude jaargetijde bleken in ieder geval van veel geringere invloed op het microbenleven te zijn dan algemeen werd aangenomen. Bovendien viel het bij het steken der monsters op, dat de grond veel minder kentekenen van anaerobie vertoonde, dan men verwacht had: de karakteristieke zwarte kleur en de zwavelwaterstof-reuk waren niet of slechts pleksgewijze waarneembaar. Helaas beschikte men toen niet over dergelijke waarnemingen tijdens de inundatie, en de dagen of weken tussen het aflaten van het water en de eerste bemonstering konden reeds enige aërerende invloed hebben gehad.

De eerste inundatie te Kruiningen heeft dus reeds verscheidene belangrijke gegevens opgeleverd. In de Mei-dagen van

1940 werden de gronden rondom Kruiningen wederom geinundeerd en wel haastig en veel dieper. Door het droge weer vóór en tijdens de inundatie was er slechts weinig water in de sloten en in de grond. Het op de grond staande water had deze keer dus een veel hoger zoutgehalte dan bij de eerste inundatie. Deze inundatie duurde weliswaar slechts kort (10-20 dagen) maar het aanhoudend droge zonnige weer na het aflaten van het water veroorzaakte daarna een secundaire stijging van de concentratie van het zout in het bodemvocht en bevorderde het ontstaan van een zeer harde droge korst op de verslempte grond, vooral op die terreinen, welke in de voorafgaande winter reeds overstroomd waren geweest.

Het verloop dezer inundatie wettigde reeds het vermoeden, dat de microflora nu meer geschaad zou zijn, dan bij de eerste inundatie. Het werd daardoor van zeer veel belang geacht direct na het aflaten van het water een onderzoek in te stellen naar het microbenleven. Ook nu echter hebben de oorlogsomstandigheden de uitvoering van dit voornemen verijdeld. Pas 5 à 6 weken na het einde der inundatie, op 2 juli 1940, konden enkele monsters worden genomen. Terwille van de vergelijkbaarheid werden deze monsters genomen op hetzelfde terrein aan de Lange Weg waar ook de eerste 3 monsters in maart 1940 gestoken werden, op het hellende terrein. Nu was echter vrijwel het gehele perceel overstroomd geweest, op enkele kleine plekken na, die achter toch door het intrekken van het water enigszins beschadigd waren. Er werden dan ook slechts twee monsters genomen:

1. Op hetzelfde laagste deel van het perceel waar monster 1 van tabel 1 gestoken was, en 2. Op het hoogste slechts beschadigde, maar niet echt geinundeerde, deel van het perceel. Dit tweede monster komt dus min of meer van hetzelfde punt, waar monster 3 van tabel 1 was genomen. Deze monsters konden slechts aan een verkort onderzoek worden onderworpen, welke uitkomsten in tabel III zijn weergegeven.

Tabel III. Tweede bemonstering Kruiningerpolder, Juni 1940.

Monster	1	2	Sample
Vochtgehalte	22,3	23,6	Moisture content
Zoutgehalte	18.3	8.7	Salt content
Totaal aantal microben	58,5	43.7	Total number of microbes
CO_2-productie in de monsters	2,1	2,1	CO_2 formation in the samples
CO_2-productie te velde	2,17	4,51	CO_2 formation under field conditions

Table III. Second series of samples from the Kruiningerpolder June 1940.

In deze tabel valt het in de eerste plaats op, dat het aantal microben ook nu weer in het lage gedeelte van het perceel hoger is dan in het hoge, niettegenstaande het vrij hoge zoutgehalte in het lage deel van het perceel. De koolzuurproductie te velde was weliswaar op het hoge deel ruim twee keer zo hoog als op het lage, maar ook nu weer net als in het voorjaar, kon dit verschil volledig worden verklaard door de sterke verkorsting van het oppervlak op het lage perceel.

Dus niettegenstaande de veel ongunstigere omstandigheden waaronder deze inundatie verliep, heeft het microbenleven er vermoedelijk toch slechts weinig onder geleden. Een absolute zekerheid hierover kon men aan deze gegevens helaas niet ontlenen,daar de periode tussen het afslaten van het water en de bemonstering vrij lang was en stellig reeds een zeker herstel tot stand had gebracht. Voortgezet onderzoek in het latere deel van de zomer van 1940 kon in dit verband uit de aard der zaak nog minder gegevens opleveren. De inundaties nabij Kruiningen konden dus verder niets leren over de werking der overstroming op het microbenleven. Toen er echter in Mei 1943 in de Wilhelminapolder bij Goes een dijkval plaats vond, deed zich opnieuw de gelegenheid voor ervaringen over dit probleem op te doen. In hoge mate betreurenswaardig was het

dan ook, dat tengevolge van de oorlogsomstandigheden ook toen weer pas na het aflaten van het water met het onderzoek kon worden begonnen. Tijdens de inundatie konden dus geen veldwaarnemingen en geen monsteranalyses verricht worden, en zelfs na het leggen van de nieuwe dijk en het uitmalen van het water verliepen nog enkele weken, voordat in October de eerste serie monsters kon worden gestoken. Dat was in dit geval nog te meer betreurenswaardig, daar deze overstroming in menig opzicht van de beide bij Kruiningen verschilde. Met de tweede inundatie bij Kruiningen had zij gemeen, dat de overstroming in voorjaar en zomer plaats vond, zodat de temperatuur hoog, het microbenleven actief en de grond droog was, terwijl de sloten nagenoeg leeg waren. Het binnenstromende water werd dus zo goed als niet door polderwater verdund. Dat water had bovendien een veel hoger zoutgehalte (n.l. nagenoeg vol-zeewater), de duur der overstroming was veel langer dan bij de tweede inundatie bij Kruiningen en tenslotte had men hier te maken niet met een stagnerend water van constant niveau, als bij echte inundaties, doch met een twee maal daags plaats hebbende overspoeling van het terrein bij hoog tij. Mechanisch werd de grond hierdoor veel meer verslempt door de beweging van het op- en afstromende water (28) en ook kon het zoute water nu dieper de grond indringen, maar de afsluiting van de zuurstof was minder volledig en er had tijdens elk laag tij zelfs enige ontwatering naar de sloten plaats en drong lucht in de poriën van de grond.

De eerste microbiologisch onderzochte monsters, die hier genomen werd, omvatte 3 monsters die zoveel mogelijk gelijk en vergelijkbaar zijn in hun blijvende eigenschappen, zoals mechanische samenstelling, humusgehalte, koolzurekalkgehalte, reactie, en dergelijke, maar die ten opzichte van de overstroming uitersten vertegenwoordigden. Een der monsters was afkomstig van kavel 61, die gedurende de gehele overstroming (18 weken) overspoeld werd (1). Het tweede van kavel 55, die slechts de eerste 10 dagen van de overstroming overspoeld werd, doch daarna door een nooddijkje bescherming kreeg (2). Het derde tenslotte was als vergelijkingsobject genomen op de naburige kavel 17a, buiten het overstroomde

gebied (3); hier had de grond in het geheel niet geleden. De voornaamste uitkomsten van dit onderzoek zijn weergegeven in tabel IV.

Tabel IV. Eerste bemonstering in de Wilhelminapolder, October 1943.

Monster	1	2	3	Sample
Lutumgehalte	12,7	20,45	14,55	Lutum content
Humusgehalte	2,05	2,3	1,4	Humus content
$CaCO_3$-gehalte	8,85	10,2	9,6	$CaCO_3$ content
Vochtgehalte	17,9	16,8	14,0	Moisture content
Zoutgehalte	43,7	8,7	0,5	Salt content
Totaal aantal microben	39,6	65,8	71,3	Total number of microbes
Aantal anaërobe microben	103.200	52.100	28.480	Number of anaërobes
Aantal Azotobacters	360	740	820	Number of Azotobacters
CO_2-productie in de monsters	2,5	4,5	6,0	CO_2 formation in the samples

Table IV. First series of samples from the Wilhelminapolder, October 1943.

Deze overstroming heeft zodanig hoge zout-cijfers opgeleverd, dat nu de microflora wel merkbaar geleden heeft. Zowel het totale aantal aërobe microorganismen, als ook hun ademhaling (de koolzuurproductie) bleken wel degelijk door de overstroming gereduceerd te zijn, terwijl het verhoogde aantal der anaërobe organismen op een merkbare verslemping en verlaagde luchttoetreding wijzen. De gevolgen van deze overstroming beantwoordden dus al veel meer aan de verwachtingen, dan die voor de inundaties bij Kruiningen in 1940, maar ook hier bleek de beschadiging van de microflora nog veel geringer te zijn, dan vóór 1940 algemeen werd verwacht. Het aantal microben was zelfs door de 18 weken aanhoudende en aan getijbeweging

onderworpen overstroming immers slechts op ongeveer de helft van het oorspronkelijke teruggebracht, terwijl het zeer wel mogelijk is, dat de sterkste beschadiging pas ná de overstroming plaats vond, gezien het door het indrogen oplopen van het zoutgehalte in monster 1 tot ver boven dat in het zeewater ter plaatse.

Zo begon men dus in de oorlogsjaren reeds vertrouwd te raken met het feit, dat zee- en brakwater-overstromingen de microflora van akkergronden slechts zeer geleidelijk en dan nog maar voor een deel aantasten, terwijl de gronden bovendien ook morphologisch minder beinvloed worden, dan oorspronkelijk werd verwacht. Toch wachtte men toen nog op de gelegenheid om deze nieuwe ondervinding nader te bestuderen en te toetsen en wel door een onderzoek niet ná doch tijdens de overstroming. Deze gelegenheid deed zich tenslotte ruimschoots voor bij de uitgestrekte inundaties van 1944-'46. Weliswaar ging het jaar 1944 voor dit onderzoek eveneens onbenut verloren, doordat het niet mogelijk bleek te zijn regelmatige bemonsteringen en veldwaarnemingen te organiseren in de geinundeerde gebieden tijdens de bezetting, maar na de bevrijding van ons land in 1945 bleef Walcheren nog lange tijd overstroomd en bood daardoor ruimschoots gelegenheid de bij Kruiningen en in de Wilhelminapolder opgedane nieuwe ervaring te controleren. Helaas betrof het hier steeds aan getijbeweging blootstaande gronden, terwijl de meeste andere inundaties stagnerend en vaak enigszins vervuild water hadden. Hierdoor was het niet uitgesloten, dat de getijbeweging een zekere verversing van het water ook in de grond met zich mede zou brengen, waardoor tenslotte ook de aëratie op hoger peil gehouden zou worden, dan in gronden onder vervuild en stagnerend water. Vooruitlopende op de uitkomsten van het onderzoek kan hier reeds worden medegedeeld, dat dit vermoeden volkomen bevestigd is geworden. Het is dan ook niet uitgesloten, dat onder stagnerend water, ten tijde der overstroming nog anaerobere omstandigheden heersten met als gevolg misschien ook nog iets sterker gedeprimeerd microbenleven.
Doch waarschijnlijk zal deze invloed niet duidelijk zijn ge-

weest, aangezien in de loop van het onderzoek is gebleken,dat in de eerste periode na het droogvallen, wanneer de getijbeweging dus wegviel, de aëratiegraad in de dichte zware gronden in de regel aanvankelijk sterk terugliep, zonder dat het microbenleven een overeenkomstige achteruitgang vertoonde.

Een andere complicatie als gevolg van de getijbeweging op Walcheren was de sterke plaatselijke erosie van de grond en het afzetten van de afgeslagen grond als slibachtige verse grondlagen elders. Een deel van deze verse afzettingen was afkomstig van naburige afspoelingen, waarbij én de ligging naast erosieterreinen én de structuur der afzetting duidelijk op een zeer plaatselijke verspoeling van de grond wezen. In zulke gevallen kan men dus spreken van "verspoelde" grond, die dus wel een zeer sterke invloed van het zeewater heeft ondergaan en in zijn structuur volkomen is veranderd, maar die tich in beginsel dezelfde oude grond is gebleven. Op andere plaatsen ontstonden echter vaak uitgestrekte afzettingen van een fijn slik- of zandachtig karakter, die niet direct in verband met naburige afslag konden worden gebracht en die ook overigens volkomen het karakter van vers zeeslib hadden. In zulke gevallen sprak men dan van "slik". In het verdere verloop van dit verslag zal op deze gronden meermalen worden teruggekomen. Bij het onderzoek naar de toestand van de microflora tijdens en ook na de inundaties moest terdege rekening worden gehouden met de bijzonderheden van de "verspoelde gronden" en van de "slib-afzettingen", en moest men er tegen waken de in deze lagen aangetroffen toestanden ook in normaal overstroomde oude gronden te verwachten. In het onderstaande zal dus steeds aangegeven worden of men met een dezer grondtypen te maken heeft of niet.

Het eerste onderzoek, in October 1945 verricht in een drietal monsters afkomstig van een perceel aan de Molenweg nabij Veere (eigenaar P. Ceval), leverde meteen al in beginsel een bevestiging van de uitkomsten verkregen in de Kruiningermonsters in 1940. De monsters waren hier tijdens eb genomen en wel zodanig, dat monster 1. de ± 7 cm dikke

slappe sliklaag vertegenwoordigde, die hier een deel van het perceel bedekte en die uit van verre aangevoerd en hier in een relatief luw gebied afgezet vers zeeslib was opgebouwd; 2. de grond onder het slik, bemonsterd ter dikte van 20 cm; deze grond stelt dus de oorspronkelijke bouwvoor voor; 3. de grond afkomstig van het deel van het perceel, dat niet door slik was afgedekt; ook ter dikte van 20 cm bemonsterd. Het slik was over zijn gehele dikte intensief zwart gekleurd en verspreidde bij de bemonstering de specifieke zwavelwaterstof-reuk. Het verkeerde dus zeer zeker in anaërobe toestand, hetgeen ook begrijpelijk is, daar het volkomen dicht en ondoorlatend was. Slechts de bovenste millimeter en zeer dunne laagjes rondom enkele zeewormgangen (Nereis) en enkele scheuren waren bleek grijs tot bruinachtig gekleurd. De grond onder het slik en de grond op het niet door slik bedekte terrein daarentegen was niet zwart verkleurd en maakte ook overigens een volkomen normale indruk. Zoals vrijwel alle overstroomde gronden, had ook deze grond, afgezien van het iets dichtgeslempte oppervlakte-laagje, het normale voorkomen van gewone akkergronden met de aan deze eigen structuur en kleur. Slechts op plaatsen met een ophoping van vers organische materiaal traden blauwkleuring en H_2S-vorming op (rondom ongerooide bieten en dergelijken).

Het verschijnsel dat oude cultuurgronden bij overstroming, mits zij na het onder water raken niet op enigerlei wijze mechanisch worden geroerd, lange tijd hun normale uiterlijk behouden en ook zeer traag in de anaërobe toestand overgaan, kan trouwens regelmatig in de ondergrond der sawa's worden waargenomen. Een zeer duidelijke beschrijving hiervan wordt o.a. gegeven door: Shioiri en Tanada (29).

De uitkomsten van het onderzoek van deze drie monsters zijn bijeengebracht in tabel V.

Tabel V. Eerste bemonstering op Walcheren, bij Veere, October 1945.

Monster	1	2	3	Sample
Lutumgehalte	26,1	15,2	13,7	Lutum content
Humusgehalte	5,1	2,3	1,8	Humus content
Vochtgehalte	46,0	23,8	20,9	Moisture content
Zoutgehalte	27,9	25,5	25,5	Salt concent
Totaal aantal microben	1,5	11,3	9,6	Total number of microbes
Aantal Azotobacters	0	800	0	Number of Azotobacters
CO_2 productie in de monsters	5,6	3,3	2,3	CO_2 formation in the samples

Table V. First series of samples from Walcheren, near Veere, October 1945.

Over het algemeen heeft men hier dus reeds met fundamenteel andere toestanden in de grond te maken, dan bij de tot nu toe besproken overstromingen bij Kruiningen en in de Wilhelminapolder. Daar toch was de microflora nog nauwelijks door het zeewater beschadigd, terwijl hier het microbenaantal in de oude bouwvoor (monsters 2 en 3) reeds bleek te zijn teruggelopen tot ca. 10 millioen. Men kan aannemen, dat in deze gronden vóór de overstroming het aantal microben minstens 30 á 40 millioen per gram is geweest. Het is dus onder invloed van de ruim 1 jaar aanhoudende overstroming met getijbeweging tot 1/3 a 1/4 van het oorspronkelijke gedaald. Toch is het nog relatief hoog gebleven, in ieder geval veel hoger dan in alle echte zeebodemmonsters en zelfs veel hoger dan in het slik-monster (1) van hetzelfde terrein, dat overigens op grond van zijn hoger lutum- en humusgehalte zeer zeker een veel hoger aantal microben zou moeten bevatten. Zo bleek dus zelfs deze, al zeer drastische, overstroming nog geen volledige vernietiging van de oude microflora met zich mee te hebben gebracht. Zelfs de zeer tere en aërophile Azotobacters hadden in monster 2 nog ten getale van 800 per gram standgehouden en, zoals reeds werd vermeld, was de struc-

tuur nog geenszins vernietigd.

Een haast nog sprekender voorbeeld werd geleverd door een monsterpaar op 1 November 1945 genomen ten Zuiden van Vrouwepolder aan de Rijkcbuurtsweg tegenover de boerderij "Eendracht" van Adr. Tatenhove. Deze monsters werden gestoken in ondiep water juist enkele dagen vóór het droogvallen van het terrein, Dit lage gebied heeft ook vóór het sluiten van de gaten in de dijk, permanent onder water gestaan, al was er veel beweging in het water door het getij. Op het bemonsterde terrein was op de oorspronkelijke bouwvoor een laag van ca. 6 cm dikte van z.g. "verspoelde" grond afgezet, grond dus, die op de nabij gelegen hogere delen van hetzelfde perceel was afgeschuurd. en hier meteen weer in de luwte van een haag tot bezinking was gekomen. Het ene monster werd gestoken uit de opgeslibde laag "verspoelde" grond, het andere daaronder uit de oorspronkelijke bouwvoor. De verspoelde grond was zeer slap, structuurloos, zwart gekleurd en volkomen anaëroob, terwijl de oude grond daaronder zijn oorspronkelijke structuur nog volkomen had bewaard en ook nagenoeg niet zwart was verkleurd. De uitkomsten van het onderzoek dezer gronden zijn in tabel VI weergegeven:

Tabel VI. Bemonstering op Walcheren, Vrouwepolder, November 1945.

	Verspoelde grond	Oude bouwvoor daaronder	
Lutumgehalte	16,2	14,0	Lutum content
Humusgehalte	2,8	2,1	Humus content
Vochtgehalte	53,4	29,1	Moisture content
Zoutgehalte	21,4	22,2	Salt content
Totaal aantal microben	9,6	34,5	Total number of microbes
Aantal Azotobacters	257	4.660	Number of Azotobacters
CO_2-productie in de monsters	9,4	7,4	CO_2 formation in the samples
	Eroded and reprecipitated old soil	Original top soil beneath the latter	

Table VI. Samples from Walcheren, Vrouwepolder, November 1945.

Deze cijfers wijzen op een slechts geringe beschadiging van de microflora in de onverspoelde grond, die naar zijn geaardheid en ligging te oordelen vóór de overstroming onge- 50 á 60 millioen microben moet hebben bevat, en die na de overstroming en afdekking door de verspoelde grondlaag, nog steeds ruim 34 millioen bleek te bevatter. Uit de aard der zaak was het microbenleven in de verspoelde grond veel sterker beinvloed en beschadigd, maar toch bleek het veel rijker te zijn dan in jonge zee-slikken.

De beide bovenstaande monsterseries zijn bedoeld als illustratie van het gezegde. Verscheidene andere afzonderlijke monsters en stellen van twee of meer monsters werden echter in de loop van de wintermaanden van 1945 - '46 in het toen nog geinundeerde gedeelte van Walcheren genomer. Zij alle bevestigden de algemene stelregel, dat de zeer ingrijpende, van getijbeweging vergezelde, inundatie van Walcheren gedurende een periode van ruim een jaar de oude microbenbevolking van de bouwvoor nog niet volledig vermocht te vernietigen, noch de structuur van de grond merkbaar te beinvloeden, al was de beschadiging hier ook aanmerkelijk sterker, dan bij de eerder genoemde brakwater-inundaties bij Kruiningen of de relatief kortstondige overstroming in de Wilhelminapolder in 1943.

Resumerende, kan dus als uiteindelijke conclusie van het onderhavige onderzoek van door zee- of brakwater overstroomde gronden worden vastgesteld, dat de beschadiging van de microbenbevolking van de oude grond en haar verdringing door de veel schaarsere specifieke microflora van de zeebodem veel langzamer verloopt, dan tot voor kort algemeen werd aangenomen. Ook het structuurverval bleek zich veel langzamer te voltrekken. Zelfs bij langdurige, enkele jaren aanhoudende, overstromingen werd de oorspronkelijke microflora dus niet meteen volledig vernietigd. Integendeel, in de meeste gevallen is er slechts sprake van een onbeduidende beschadiging der microbenbevolking door overstromingen en inundaties.

Deze uitkomsten van het microbiologisch onderzoek der geinundeerde gronden waren zo onverwacht en zodanig strijdig met de tot voor kort gangbare opinie, dat al spoedig pogingen

werden aangewend om een beter inzicht te krijgen in de aëratiegraad van de gronden tijdens overstromingen, aangezien de aëratie de factor is, die allereerst door de overstroming wordt beinvloed en verder de toestand in de overstroomde grond bepaalt. Dit bleek echter een zeer moeilijk probleem te zijn, aangezien men niet beschikt over enigerlei methoden ter bepaling van de oxydatie-graad van de grond. Zo, zonder commentaar geponeerd, doet deze mededeling zeer onverwacht en bijna ongeloofwaardig aan, waar toch de aeratie-graad van de grond een van de belangrijkste maatstaven is ter kenschetsing van de toestand waarin een grond verkeert. Iedere bodemkundige en zelfs iedere ontwikkelde gebruiker van de grond voelt wat aërobie en wat anaërobie van de grond is en wat zij voor de grond betekenen. Men is dus volkomen vertrouwd met de begrippen en opereert ermede als met wel gefungeerde en vast-omlijnde grootheden. Toch ontbreekt ons nog ten enen male een betrouwbare werkwijze voor een kwantitatieve exacte bepaling van deze grootheid of dit complex van grootheden. Weliswaar is reeds door verschillende onderzoekers geprobeerd de reductie-oxydatiepotentialen in de grond te meten, als een aanduiding van de oxydatiegraad, maar men is daarbij op grote moeilijkheden gestoten en verkreeg in de regel weinig zeggende cijfers, die soms in tegenspraak leken te zijn met de algemeen waarneembare uitingen van een goede of een slechte aëratie van de grond, zoals kleur, reuk, samenstelling der microflora, etc.. Zodoende kon ook deze grootheid bij het begin van het onderhagige onderzoek in de geinundeerde gebieden niet als een betrouwbare gids dienen voor een exacte uitdrukking van de gevolgen der overstroming op de aëratie der gronden en op de levenskansen voor de microben. Toch werd de behoefte aan zulk een betrouwbare quantitatieve bepaling der Redox-potentialen en aan een goede interpretatie der verkregen uitkomsten steeds voelbaarder naarmate men meer en meer aanwijzingen kreeg, dat de inundaties de microflora der gronden veel minder beinvloeden dan men had verwacht, en dat daarbij de mechanisch door het water onbeinvloede gronden zich volkomen anders gedragen dan de verse afzettingen of de verspoelde gronden. Reeds gedurende de bezettingsjaren werd dan ook een onderzoek in-

gesteld naar de Redox-potentialen in de grond en werd gezocht naar een betrouwbare methode voor het meten dezer potentialen, daarbij speciale aandacht bestedende aan gronden, die in anaërobe of semi-anaërobe toestand verkregen door verzadiging met water.

De uitkomsten van dit, in wezen fundamenteel-methodische, onderzoek zijn neergelegd in een in 1947 gepubliceerde mededeling van Quispel (30). Hier kan dus naar deze publicatie worden verwezen en mag worden volstaan met een kort overzicht der voornaamste uitkomsten. Dit onderzoek is zeer vruchtdragend geweest en, hoewel het laatste woord in deze nog niet is gesproken, heeft het toch reeds geleid tot het onderkennen van de voornaamste moeilijkheden, verbonden aan de bepaling van Redox-potentialen in een zo complex milieu als grond. De gemeten potentialen bleken n.l. bepaald te worden door zeer uiteenlopende factoren: In goed geaëreerde "normale" gronden, die geen sulfiden en geen gemakkelijk oxydeerbare organische stoffen bevatten, die dus reletief arm zijn aan actieve zuurstof-acceptoren, wordt de redox-potentiaal grotendeels bepaald door de structuur van de grond en door de binnendringende atmospherische zuurstof. Daardoor zijn de hier gemeten potentialen vrij hoog; uitgedrukt als Eh, varieren zij tussen + 400 en + 800 mV. Maar deze potentialen zijn zeer labiel en kunnen binnen korte tijd markante verschillen ondergaan, afhankelijk van tijdelijke veranderingen van de aëratie van de grond daar zij vrijwel niet gebufferd zijn. Toch geven zij inderdaad de aëratiegraad van de grond aan en zijn dus bepalend voor de levensvoorwaarden in de grond. Deze veranderlijkheid, die gepaard gaat met een even grote veranderlijkheid van vele andere levensfactoren, zoals vocht-gehalte, temperatuur, etc. is zelfs een der meest karakteristieke byzonderheden van normale goed geaereerde gronden, vooral in de bovenste lagen der bouwvoor.

In gronden, die in min of meer anaërobe omstandigheden verkeren, echter, speelt de atmospherische zuurstof een geringere rol en worden de redoxpotentialen meer beheerst

door andere factoren. Vele dezer gronden zijn rijk aan sulfiden, die een zeer actieve zuurstofacceptor voorstellen en daardoor de potentialen sterk drukken en op een vrij laag niveau van ± 0 mV stabiliseren. Andere, in anaërobe omstandigheden verkerende, gronden bevatten weliswaar geen sulfiden, doch wel weinig aangetaste, gemakkelijk oxydeerbare organische verbindingen of nitriten of ammonium-verbindingen, die een analoge invloed uitoefenen. Toch zijn ook deze lage potentialen nog mede afhankelijk van het binnendringen van geringe hoeveelheden zuurstof. De sterkste buffering van de zuurstof-potentialen bleek hierbij te heersen in gronden met een hoog gehalte aan sulfiden.

Bij strikte anäerobie worden in vrijwel alle gronden - dus onafhankelijk van het gehalte aan sulfiden - zeer lage potentialen van - 250 tot-200 mV Eh gevonden. Deze zeer lage potentialen, die de hoogste graad der anaërobie aangeven en die fnuikend kunnen zijn voor plantenwortels en aërophile microben, zijn wederom uiterst gevoelig en verdragen niet de geringste hoeveelheden zuurstof. Zij zijn daardoor zeer moeilijk te meten, daar elke bemonstering zelfs elke handeling, verbonden aan het introduceren der electroden in de grond, onmiddellijk het labile evenwicht verstoort en plaatselijk een snel oplopen der potentialen veroorzaakt.

Uit het bovenstaande blijkt reeds, dat een juiste bepaling van de redox-potentialen in de grond een zeer moeilijk technisch probleem voorstelt. Het succes van het door Quispel uitgevoerde onderzoek is dan ook voornamelijk te danken aan het feit, dat hierbij afstand werd gedaan van de gebruikelijke wijze van bepaling in suspensie van de te onderzoeken gronden. Er werd overgegaan tot het meten der redox-potentialen in de grond in situ, dus te velde of in speciale monsters, geboord zonder verstoring der structuur en nagenoeg zonder aëratie. Slechts door het toepassen van deze, zoveel mogelijk geperfectioneerde, werkwijze kon men uitkomsten verkrijgen, die een reële betekenis hadden en waarbij niet alleen de potentialen werden gemeten, die het gevolg zijn van chemische redox-evenwichten, doch het volle

complex van alle factoren - ook van de werking van de atmospherische zuurstof - weergeven. Een tweede zeer gelukkige greep was het toepassen van "zwarte" (geplatineerde) electroden in plaats van blanke, waardoor de invloed van de zuurstof-spanningen zeer werd versterkt, terwijl de miswijzingen als gevolg van de vorming van een active oxydelaag op de electrode als overheersende factor werd vermeden.

Daar dit onderzoek tijdens de bezetting en onmiddellijk daarna werd uitgevoerd, beschikte men in ons land toen niet over recente buitenlandse literatuur. Daardoor meende men toen voor het eerst bruikbare uitkomsten verkregen te hebben, die inderdaad parallel liepen met de overige waarneembare kenmerken van anaërobie in de grond. Naderhand bleek men gedurende de oorlog in Amerika eveneens metingen in ongestoorde gronden in situ verricht te hebben, vaak met bevredigend resultaat, al werd daarbij een in wezen andere werkwijze gevolgd (31). Deze publicaties vormden dus een zeer welkome bevestiging van het onderhavige onderzoek.

In ieder geval was het nu mogelijk geworden redoxpotentialen in de grond te meten die ook inderdaad iets zeggen en geen artefacten zijn. Nu was dus de mogelijkheid geopend voor een vruchtbaar onderzoek van de redox-veranderingen in geïnundeerde gronden tijdens de overstroming en ook gedurende de regeneratie na het aflaten van het water. Helaas beschikte men in het begin van dit onderzoek, dus tijdens de inundaties bij Kruiningen in 1940 en bij de dijkval in de Wilhelminapolder in 1943 nog niet over deze methode, maar de inundaties op Walcheren konden in 1945 en 1946 onderzocht worden door het toepassen der redox-metingen op overstroomde gronden en juist daar beschikte men immers over de rijk gevarieerde grondsoorten: gronden in hun nog ongestoorde oorspronkelijke structuur naast andere, die door de getijstromingen verspoeld en verplaatst waren en naast jonge afzettingen van vers zeeslib.

Over het algemeen bleken de potentialen tijdens de inundatie in vrijwel alle gronden zeer laag te zijn, een hoge graad van anaërobie aangevende. Toch konden zeer markante

verschillen worden waargenomen tussen de verschillende terreinen en verschillende gronden. Allereerst valt het op, dat de jonge slik-afzettingen en de lagen verspoelde grond, die steeds zeer dicht en structuurloos waren, vrijwel overal ook zeer anaëroob bleken te zijn en in de regel de zeer lage potentialen van de strikt anaërobe gronden van ca.- 250 mV vertoonden. De oude, nog duidelijk gestructureerde, gronden daarentegen, bereikten deze minimale potentialen slechts in lage gebieden, die permanent overstroomd waren en niet bij eb droogvielen. Op deze terreinen vond er dus geen dagelijkse doorspoeling van alle kanaaltjes en scheurtjes van de grond met zeewater plaats en daardoor kon zich hier onder het dichte oppervlakte-laagje een waarlijk anaërobe toestand ontwikkelen. Zo werd deze toestand o.a. aangetroffen in de oude bouwvoor onder de laag verspoelde grond op de plaats der in Tabel VI vermelde monsters, waar een gemiddelde en zeer constante Eh van - 234 werd gevonden.

In hoger gelegen, twee keer per dag droogvallende, gebieden werd het ontstaan der extreem anaërobe toestanden voorkomen door de waterbeweging als gevolg van het getij. Slechts in grote, volkomen ondoorlatende, kluiten kon men ook hier vaak zeer lage Eh-waarden aantreffen; langs alle, zelfs de kleinste, kanaaltjes in de grond echter vond men hier aanzienlijk hogere en veel meer varierende potentialen. Zo nam men in de in Tabel V vermelde, hoog en dicht bij de instroomplaats bij Veere gelegen, aan een sterke getijbeweging blootstaande, gronden de volgende Eh-waarden waar:

Monster 1 (het slik)	:	- 203 en - 205
" 2 (onder het slik)	:	+ 353 en + 290
" 3 (zonder slik)	:	+ 378 en + 386

Deze gronden waren dus zeer zeker niet echt anaëroob, al had het structuurloze slik, dat grotendeels zwart gekleurd was, ook een lage potentiaal.

Een andere oorzaak van variatie in de Eh-waarden bleek gelegen te zijn in het gehalte der gronden aan sulfiden en aan organische reducerende stoffen. In omstandigheden van een strikte anaërobie worden weliswaar in alle gronden, ook in die

welke arm zijn aan deze stoffen, de zeer lage potentialen van -250 bereikt, maar in alle gevallen, waarbij enige aërerende factoren optreden, kunnen lage Eh-waarden zich alleen handhaven in gronden, die rijk zijn aan reducerende stoffen, zodat in die omstandigheden de Eh mede bepaald wordt door het gehalte aan deze stoffen. De jonge slikken danken dan ook aan hun hoge gehalte aan sulfiden en gemakkelijk aantastbare organische stoffen hun vaak lage potentialen, zelfs in omstandigheden, waarin de oude gronden slechts enigszins verlaagde Eh-waarden vertonen.

Voor de interpretatie van de levensvoorwaarden van de microflora in geïnundeerde gronden zijn de bovenstaande uitkomsten van het redox-potentialen-onderzoek van zeer grote betekenis, hoe onnauwkeurig en gebrekkig deze bepalingen ook mogen zijn verricht. Het blijkt n.l., dat zelfs de laagste potentialen van - 250 mV op kortere termijn niet dodelijk zijn voor de microben. Zulke lage potentialen werden immers aangetroffen in vrijwel alle grondsoorten in de permanent overstroomde gebieden op Walcheren, waar zij dus maandenlang ononderbroken heersten. Toch vond men daar vaak nog zeer hoge aantallen van microben, zoals bijv. in het in tabel VI aangegeven monster der oude bouwvoor onder de verspoelde grond, waarin nog ruim 34 millioen aërophile microben per gram geteld werden. In de andere inundaties, zowel in die van 1944-1945 buiten Walcheren als ook in die bij Kruiningen in 1940, waar steeds stagnerend water op het land stond, moeten stellig ook zulke volkomen anaërobe omstandigheden in alle grondsoorten hebben geheerst, en toch bleek de microflora in die gevallen vaak nauwelijks door de inundatie te zijn geschaad. Het verblijf in de zeer lage redox-potentialen wordt door de meeste aërophile microben in de grond dus verrassend goed verdragen.

Deze uitkomst moge op zichzelf al opvallend zijn, nog opmerkelijker is het, dat de overstroomde oude gronden enerzijds en de jonge slikken en "verspoelde" gronden anderzijds zelfs als zij nagenoeg dezelfde redox-potentialen vertonen, in vrijwel alle andere opzichten zeer verschillend zijn: de eerste herbergen nog een nagenoeg onbeschadigde rijke aërophile

microflora en maken visueel ook niet de indruk zeer anaëroob te zijn, terwijl de slikken en verspoelde gronden slechts een fractie van de microflora der eerste bezitten en in schier alle opzichten het uiterlijk van anaërobe gronden hebben. Het meest frappant komt dit tot uiting bij de "verspoelde" gronden, die door het feit, dat zij in het water gesuspendeerd en terstond daaruit weer als een structuurloos sediment werden afgezet, ineens in alle opzichten van karakter zijn veranderd. Zonder zich over enige verklaring van dit verschijnsel te willen uitspreken, kan toch worden vastgesteld, dat hierdoor duidelijk is komen vast te staan, dat niet de redox potentialen op zichzelf de levenskansen der microben in de grond bepalen, doch dat een geheel complex van factoren, waarvan de Eh er één is, daarvoor verantwoordelijk is.

De aanwezigheid van een vrij grote hoeveelheid reducerende verbindingen in actieve toestand schijnt n.l. een der voorwaarden te zijn voor het scheppen der toestanden, die karakteristiek zijn voor de echte anaërobe slikken.

In vele marine slikken fungeren de sulfiden naast de organische verbindingen als zulke zuurstofacceptoren, maar ook zonder aanwezigheid van hoge concentraties aan sulfiden, dus in zoetwater-afzettingen, zijn jonge slikken en in het algemeen alle nog nooit geaëreerde en verweerde gronden, voldoende rijk aan zeer gemakkelijk oxydabele organische verbindingen, om een sterke, reductief gerichte, redox-buffering te bezitten en daardoor bij het heersen van strikte anaërobie ook actief reducerend te werken, daardoor de meest aërophile organismen dodend. In oorspronkelijk goed en langdurig geaëreerde en aan de lucht verweerde gronden, echter, treft men noch sulfiden, noch voldoende gemakkelijk oxydabele fracties van de organische materie aan, daar deze stoffen tijdens het heersen der aërobe oxydatieve verwering reeds geoxydeerd zijn en de resterende organische stof zeker niet gemakkelijk aangetast zal kunnen worden door de veel minder effectieve anaërobe vergisting. Hier kan dus na de overstroming wel een even lage potentiaal ontstaan, maar deze is zeer labiel en nauwelijks gebufferd, terwijl er ook tijdens het proces van anaëroob

worden geen kwantitatief belangrijke reducties plaats vonden, zodat de aërophile organismen daarbij ook niet aan een sterke reductieve aantasting bloot stonden. In de " verspoelde", oorspronkelijk oude gestructureerde, gronden moeten tijdens en door het proces der verspoeling bepaalde gemakkelijk oxydabele verbindingen ontstaan, of met de zich weer afzettende grond van uit het water vermengd raken, waardoor deze gronden dan ineens een verhoogde reductieve buffering verkrijgen en ook het grootste deel hunner oorspronkelijke microflora verliezen. Het vrijkomen van oxydabele verbindingen uit bepaalde, voor microben vóórdien nauwelijks aantastbare, resistente klei-humus verbindingen als gevolg van het suspenderen en weer sendimenteren van de grond, kan zeer zeker als werkhypothese aangenomen worden, waar toch dergelijke activeringen van de organische stoffen in de grond onder invloed van de meest uiteenlopende, vaak zelfs zeer milde factoren reeds lang bekend zijn. Het bevriezen en weer ontdooien, het uitdrogen en weer bevochtigen, het stomen en weer afkoelen, behandeling door diverse antiseptica, ja soms zelfs alleen al het mechanisch vermalen van de grond zijn allemaal invloeden, die een zodanige uitwerking hebben.

Al is het methodische onderzoek van Quispel naar de bepaling van redox-potentialen in de grond succesvol geweest, de ondervinding opgedaan met de volgens deze werkwijze in de overstroomde gronden van Walcheren bepaalde redox-potentialen hebben dus terstond ook de beperktheid der waarde van deze metingen aangetoond. Deze potentialen en de reductiegraad zijn op zichzelf dus niet beslissend en zelfs niet primair gebleken te zijn bij het bepalen van het in leven blijven van aërophile microben. Deze levenskansen schijnen mede af te hangen van de hoeveelheid reducerende stoffen in de grond. Anders uitgedrukt zou dus niet de reële doch de potentiele reductiegraad in anaërobe gronden beslissend zijn voor het voortbestaan der microben. Een volledig inzicht in de anaërobie van een grond zou men dus vermoedelijk alleen kunnen verkrijgen door het bepalen van de redox-potentiaal naast het reductieve buffervermogen van de grond. Als de bovenstaande hypothese

juist is, dan is men door deze geleidelijk verkregen inzichten nu in staat een plausiebelere verklaring te geven van de aanvankelijk verrassend aandoende uitkomsten van het microbiologisch onderzoek der geinundeerde gronden. Het gehele complex van verschijnselen kan nu in 't kort als volgt worden samengevat en geinterpreteerd: Een rustige overstroming met min of meer stagnerend water is volstrekt niet terstond fataal voor de microflora al creëert zij ook de maximale anaërobie in de grond. Zelfs maandenlang aanhoudende overstroming verlaagt slechts zeer geleidelijk het aantal microben. Reeds ongunstiger wordt de toestand voor de oude aërophile microflora als de grond door getijbeweging dagelijks twee keer droogvalt en daarna weer overstroomd wordt of als hij zich juist op de rand van het overstroomde gebied met wisselende waterstanden bevindt, ook al worden daarbij minder extreme reductie-graden bereikt. Hierbij immers worden niet alleen de voorwaarden voor anaerobie geschapen, doch er verlopen dagelijks om beurten reductieve en oxydatieve reacties, waardoor een veel intensievere invloed op de microben wordt uitgeoefend. Nog ongunstiger worden de toestanden echter in gronden, die rijk zijn aan reducerende stoffen, zoals in, aan vers organisch materiaal rijke, verdronken graszoden, mesthopen, strobalen, etc. en ook in "verspoelde" gronden en verse zeeslikken. Slechts in zulke gronden kan men dus een drastische verlaging van het aantal microben verwachten reeds binnen enkele weken van overstroming, maar alle "normale" gronden verdragen overstromingen veel beter dan men meestal aannam. De meeste microben in zulke gronden overleven dan ook overstromingen verrassend gemakkelijk. De funeste gevolgen van zeewater-overstromingen van oude gronden mogen dan ook zeer zeker niet op rekening van de vernietiging der oude rijke microflora gesteld worden, daar deze microflora in de regel nagenoeg onbeschadigd blijkt te zijn aan het einde der overstroming en terstond weer haar volledige activiteit kan ontplooien.

Met het rijpen van dit inzicht werd de belangstelling verplaatst naar de periode nà de overstroming en speciaal naar het verloop der regeneratie en naar de lotgevallen der microben in die periode.

Hoofdstuk II

Het microbenleven en de structuur van de grond nà de overstroming.

In het voorgaande hoofdstuk zijn bijeengebracht de in de loop der jaren 1940-1946 verzamelde uitkomsten van het microbiologisch onderzoek der met zeewater overstroomde gronden. De voornaamste conclusie van dat onderzoek is, dat, niettegenstaande het heersen van de maximale anaërobie in vele overstroomde gronden, de microflora daarin slechts zeer geleidelijk wordt vernietigd, zodat slechts jarenlang aanhoudende overstromingen de microben tot op het peil van echte zeebodem kunnen terugdringen, zolang er geen "verspoeling" van de grond plaats vindt. Deze geringe beschadiging der microflora tijdens de inundatie kan dan ook niet verantwoordelijk worden gesteld voor de traagheid van het herstel van de normale structuur van de grond na het aanvankelijk ingetreden verval. Dit trage herstel wordt in het licht dezer uitkomsten dus minder begrijpelijk. Het werd immers verklaard uit een tekort aan koolzuurproductie in zulke, tijdens de overstroming van hun microflora beroofde, gronden, waardoor onvoldoende calcium-ionen in oplossing worden gebracht voor een tijdige omzetting van de natron-klei in kalk-klei (17,18). Er blijkt echter tijdens de overstroming nauwelijks van enige vermindering van het bacterieleven gesproken te kunnen worden en ook de activiteit der microben blijkt nog zodanig hoog te blijven, dat in de grond (onder het vaak verslempte oppervlaktelaagje) een minstens even hoge koolzuurconcentratie heerst als in normale niet overstroomde gronden.

Er bleef echter nog de mogelijkheid bestaan, dat de door de snel intredende ontzilting veroorzaakte peptisatie en verslemping van de klei de structuur ongunstig beinvloedt, zodat zich dus pas tijdens de periode van structuurverval de bekende vicieuse cirkel instelt, waardoor het gebrek aan microben en koolzuurproductie het herstel der structuur belemmert, terwijl de slechte structuur de microflora niet weer tot een normale ontwikkeling laat komen. Deze mogelijkheid voor een verklaring van de bekende hadnekkigheid van het structuurverval en van de traagheid der regeneratie der beschadigde gronden moest

dus nog onder ogen worden gezien. Daarvoor moest het verloop van de ontwikkeling der microflora worden nagegaan ná het weer droogleggen der overstroomde gronden, dus vóór en tijdens de verslempingsperiode tot in het begin der regeneratie. Het microbiologisch onderzoek werd dan ook niet beeindigd op het moment van het aflaten van het inundatiewater, doch nog lange tijd daarna voortgezet. Het overzicht van dit onderzoek in chronologische volgorde rangschikkende, kan men beginnen bij de inundatie rondom Kruiningen in 1939-1940. Op pag. en in tabel III werden reeds de uitkomsten van het onderzoek van twee monsters weergegeven, die op hetzelfde hellende terrein genomen werden, waar ook de eerste monstername in Maart 1940 plaatsvond. Dat tweede onderzoek had plaats pas op 2 Juli 1940 dus al 5 à 6 weken na het einde der tweede inundatie van de Kruiningerpolder. Het kan dus reeds als een onderzoek ná de inundatie gelden, al was de grond toen ook nog niet ontzilt en was het structuurverval ook nog niet ingetreden. Het microbenleven was toen nog steeds zeer actief en vrijwel normaal. De koolzuurproductie of juister gezegd de concentratie van koolzuur in de grond onder de verkorste oppervlakte was zelfs buitengewoon hoog bij het warme zomerweer, dat toen heerste. In ieder geval kon er toen nog niet worden gesproken van enige noemenswaardige beschadiging der microflora of van een gebrekkige koolzuurproductie in de grond.

De volgende bemonstering van ditzelfde terrein had plaats in de laatste dagen van augustus 1940, toen het terrein nog ongeveer in dezelfde conditie verkeerde als in juli - nog onbewerkt en onbegroeid tot op enkele opkomende onkruiden na. De toen op dezelfde twee monsterplekken gevonden getallen zijn weergegeven in tabel VII.

Tabel VII. Derde bemonstering Kruininger polder, Augustus 1940.

Monster	1(laag gedeelte)	2(hoog gedeelte)	Sample
Vochtgehalte	19,6	18,9	Moisture content
Zoutgehalte	15,0	5,2	Salt content
Totaal aantal microben	46,6	43,0	Total number of microbes
CO_2 productie te velde	1,20	1,68	CO_2 formation under field conditions
	1(low part)	2(high part)	

Table VII. Third series of samples from the Kruininger polder, August 1940.

Het aantal microben en de koolzuurproductie bleken nu wel iets lager te zijn dan in Juli, maar dat kan volledig op rekening van de normale daling tijdens droog zomerweer worden gesteld. Het vochtgehalte was immers ook aanmerkelijk gedaald. De ontzilting was uit de aard der zaak gedurende de zomermaanden nog niet ver gevorderd. Er was ook nog geen sprake van een duidelijke structuurverslechtering, afgezien van het reeds tijdens de overstroming ontstane oppervlakte-korstje.

Het volgende onderzoek had pas plaats midden october 1940, na een periode van vrij veel regen. De gronden in het inundatiegebied verkeerden toen dan ook juist in een intensieve ontzilting, hoewel het zoutgehalte nog geenszins normaal was geworden. Helaas bleek het perceel, dat nu reeds herhaalde malen voor onderzoek gediend had, kort geleden juist geploegd te zijn en nog wel aanzienlijk dieper dan het advies van de voorlichtingsdienst aangaf. Op het moment der bemonstering was er nog geen duidelijke verslemping te zien, ofschoon alle ploegkluiten reeds een enigszins eigenaardig witachtig uiterlijk vertoonden. De bemonstering was door de grof-kluitige oppervlakte zeer bemoeilijkt, zodat de uitkomsten, vermeld in tabel VIII, slechts als globale cijfers mogen worden opgevat.

Tabel VIII. Vierde bemonstering Kruininger polder, October 1940.

Monster	1(laag gedeelte)	2 (hoog gedeelte)	Sample
Vochtgehalte	23,8	20,9	Moisture content
Zoutgehalte	7,9	2,2	Salt content
Totaal aantal microben	68,7	53,1	Total number of microbes
	1(low part)	2 (high part)	

Table VIII. Fourth series of samples from the Kruininger-polder, October 1940.

De koolzuurproductie kon wegens tijdgebrek en het ruwe kluitige oppervlak helaas niet worden bepaald.

De ontzilting was nu dus reeds veel verder voortgeschreden, hoewel nog niet voltooid. Het aantal microben was met de verhoging van het vochtgehalte door de najaarsregens weer sterk toegenomen en kon nu zeer zeker als normaal voor de betreffende gronden worden beschouwd.

Hierna werd het onderzoek der gronden bij Kruiningen onderbroken tot het volgende voorjaar, dus tot na de strenge en sneeuwrijke winter 1940-41. De opeenvolgende bemonsteringen gedurende de zomer en het najaar van 1940 hadden echter duidelijk aangetoond, dat er toen nog geen sprake was van enige belangrijke beschadiging der microflora. Toen, na het ontdooien en enigszins opdrogen der gronden bij Kruiningen, dat gebied in April 1941 weer werd bezocht, was het structuurverval reeds volledig ingetreden. Reeds vanuit de verte was de volkomen verslempte en verkorste gesteldheid van de grond zichtbaar. Zeer scherp kon de abnormale gesteldheid van de grond worden waargenomen op de oneffen en relatief hoog gelegen percelen, waar alleen de lagere delen overstroomd zijn geweest. De afscheiding van het deel van het terrein, dat overstroomd is geweest, van de rest, die zich zeer demontratief door het terrein slingerde, alle oneffenheden volgende, kon reeds vanaf de weg of vanuit de trein worden vervolgd. De terreinen, die overstroomd zijn geweest, vertoonden nu reeds

Tabel VIII. Vierde bemonstering Kruininger polder, October 1940.

Monster	1(laag gedeelte)	2 (hoog gedeelte)	Sample
Vochtgehalte	23,8	20,9	Moisture content
Zoutgehalte	7,9	2,2	Salt content
Totaal aantal microben	68,7	53,1	Total number of microbes
	1(low part)	2 (high part)	

Table VIII. Fourth series of samples from the Kruininger-polder, October 1940.

De koolzuurproductie kon wegens tijdgebrek en het ruwe kluitige oppervlak helaas niet worden bepaald.

De ontzilting was nu dus reeds veel verder voortgeschreden, hoewel nog niet voltooid. Het aantal microben was met de verhoging van het vochtgehalte door de najaarsregens weer sterk toegenomen en kon nu zeer zeker als normaal voor de betreffende gronden worden beschouwd.

Hierna werd het onderzoek der gronden bij Kruiningen onderbroken tot het volgende voorjaar, dus tot na de strenge en sneeuwrijke winter 1940-41. De opeenvolgende bemonsteringen gedurende de zomer en het najaar van 1940 hadden echter duidelijk aangetoond, dat er toen nog geen sprake was van enige belangrijke beschadiging der microflora. Toen, na het ontdooien en enigszins opdrogen der gronden bij Kruiningen, dat gebied in April 1941 weer werd bezocht, was het structuurverval reeds volledig ingetreden. Reeds vanuit de verte was de volkomen verslempte en verkorste gesteldheid van de grond zichtbaar. Zeer scherp kon de abnormale gesteldheid van de grond worden waargenomen op de oneffen en relatief hoog gelegen percelen, waar alleen de lagere delen overstroomd zijn geweest. De afscheiding van het deel van het terrein, dat overstroomd is geweest, van de rest, die zich zeer demontratief door het terrein slingerde, alle oneffenheden volgende, kon reeds vanaf de weg of vanuit de trein worden vervolgd. De terreinen, die overstroomd zijn geweest, vertoonden nu reeds

alle kenmerken van de vernietigde structuur; de peptisatie was na de winter dus meteen ten volle ontwikkeld. Helaas bleek nu, na het intreden van het structuurverval, dat het tot nu toe bij voorkeur voor het onderzoek gebruikte hellende terrein aan de Lange weg, te laag gelegen te zijn. Zelfs de hoogste delen waren reeds enigszins beschadigd, hetgeen trouwens ook al te zien was geweest aan de tarwe in de zomer van 1940. Nu werd dan ook een ander terrein voor het onderzoek gebezigd, gelegen in een hoger deel van de polder, nl. aan de Kapelleweg en behorend tot het bedrijf van C. Geluk. Hier was het gehele middengedeelte van het vrij bolle perceel buiten de inundatie gebleven, terwijl de randen en enkele lagere stroken volkomen verslempt waren. Er werden nu twee monsters genomen, slechts ± 50 M van elkaar verwijderd, het ene (1) op het gepeptiseerde deel, het andere (2) op het onbeschadigde. Het gehele terrein was juist ingezaaid en geëgd. Het maakte een vrij regelmatige indruk, afgezien van het plaatselijke structuurverval. De uitkomsten van dit onderzoek zijn in tabel IX weergegeven.

Tabel IX. Bemonstering Kruininger polder, Kapelleweg, April 1941.

Monster	1	2	Sample
Lutumgehalte	17,8	14,8	Lutum content
Humusgehalte	2,6	2,0	Humus content
$CaCO_3$-gehalte	1,3	0,7	$CaCO_3$ content
Vochtgehalte	17,0	16,3	Moisture content
Zoutgehalte	1,5	0,0	Salt content
Totaal aantal microben	99,5	94,3	Total number of microbes
CO_2-productie te velde	1,52	1,16	CO_2 formation under field conditions

Table IX. Samples from the Kruininger polder, Kapelleweg, April 1941.

Onmiddellijk valt het bij het beschouwen van deze cijfers op, dat de microflora zeer rijk en actief was, zelfs exceptioneel rijk voor zulk een matig zware grond, hetgeen ver-

moedelijk toegeschreven moet worden aan het bevriezen en weer ontdooien in de afgelopen winter. Ook valt het op, dat wederom de microflora in het overstroomde deel (1) niet ten achter stond bij die in het niet overstroomde gedeelte (2). Deze eerste monstername, na het intreden van het structuurverval, heeft dus reeds overtuigend aangetoond, dat er ook nu, net zo min als tijdens de overstroming, sprake kon zijn van een beschadiging van de microflora door de overstroming of door de ten gevolge daarvan ingetreden verslemping van de grond.

Ongeveer ten tijde van het bemonsteren van het terrein aan de Kapelleweg bij Kruiningen, werd door de voorlichtingsdienst een tweetal proefvelden aangelegd voor het bestuderen van de werking van gips, zwavel en van enige soorten organische bemesting (18,26,32). Op deze proefvelden zal nog nader teruggekomen worden. Hier dienen zij echter reeds vermeld te worden, daar vanaf April 1941 het onderzoek van de ontwikkeling der microflora in het inundatiegebied van Kruiningen geconcenteerd werd op deze proefvelden. De onbehandelde percelen dienden daarbij als objecten, waarop men het "normale" verloop van de microben-ontwikkeling kon vervolgen.

Het ene proefveld bevond zich op zware, kalkarme oude grond in de Kruiningerpolder, het andere op lichtere, jonge en kalkrijke grond in de goed ontwaterde jonge Nieuw-Olzerder polder. De ligging der proefvelden op deze twee grondsoorten was opzettelijk gekozen om de verschillende reakties der beide grond-typen op de inundatie en op de saneringsmaatregelenen te kunnen vergelijken. Enkele karakteristieke eigenschappen der beide gronden zijn bijeen-gebracht in tabel X.

Tabel X. Enkele grootheden van de gronden der bemestingsproefvelden in de Kruininger- en Nieuw-Olzenderpolder.

	Oude grond Kruininger polder	Jonge grond Nieuw-Olzenderpolder	
Lutumgehalte	26,2	19,4	Lutum content
Slibgehalte	38,0	28,8	Silt content
Humusgehalte	3,75	1,7	Humus content
Koolzure kalk gehalte	1,4	5,75	Calcium carbonate content
	Old soil Kruininger polder	Young soil Nieuw Olzenderpolder	

Table X. Some properties of the soils of the field trials in the Kruininger- and Nieuw Olzender polder.

Het proefveld op jonge grond bleek goed gekozen te zijn. Het vertegenwoordigde zeer juist de lichte klei- of zware zavel-gronden der jonge polders in die streek. Het bevond zich op het bedrijf van de Heer de Koeier aan de Middenweg van de Nieuw Olzender-polder. Het andere proefveld, gelegen aan de Rijksweg ten Z.W. van het dorp Kruiningen op het bedrijf van de heer Hootegem, bleek echter zeer ongelukkig te zijn gekozen. Het vertegenwoordigde geenszins de normale bouwlanden van de oudere Kruininger polder, doch bevond zich op een uitzonderlijk laag gelegen en slecht ontwaterd perceel, dat vóór de inundatie ook al vaak last had van te hoge waterstand. Het werd dan ook niet als bouwland gebruikt doch als grasland. De zode was echter schraal en veronkruid. Blijkbaar heeft bij de keuze van dit terrein het streven voorgezeten een zeer ongunstig geval te kiezen als een scherpe tegenstelling tegen de relatief gunstige toestand op het proefveld in de Nieuw-Olzender-polder, waardoor men over het hoofd zag, dat onder zulke buitengewoon ongunstige omstandigheden het proefveld volkomen onhandelbaar zou worden en de verschillende behandelingen der afzonderlijke percelen nauwelijks uitgevoerd zouden kunnen worden. Bovendien was het adsorbtie-complex

van dit terrein vermoedelijk reeds vóór de inundatie ongunstig beinvloed door de herhaaldelijk weerkerende overstromingen met het brakke grondwater. Na de inundaties van 1939 en 1940 bleek de structuur hier dan ook zo hopeloos bedorven te zijn, dat aanleg en onderhoud van het proefveld eigenlijk onmogelijk was. Zelfs op de best behandelde percelen kon geen bruikbare structuur worden bereikt.

Tegelijk met de bemonstering aan de Kapelleweg in april (zie tabel IX) werden voor het eerst ook de onbehandelde vakken van deze beide proefvelden onderzocht. Beide verkeerden toen in een toestand van zeer duidelijk en karakteristiek structuurverval. Nadien werd het microbiologisch onderzoek van deze proefvelden met vrij korte intervallen gedurende 1941 voortgezet, en daarna werden zij nog één keer in 1942 en één keer in 1943 onderzocht. De uitkomsten van al deze bepalingen zijn verenigd in tabel XI. Helaas zijn de cijfers van het proefveld bij Kruiningen niet zo regelmatig en betrouwbaar als die van het proefveld in de Nieuw-Olzenderpolder, als gevolg van de zeer ongunstige toestand van de grond.

Tabel XI. Onderzoek der onbehandelde percelen van de proefvelden in de Kruininger- en Nieuw-Olzenderpolder

Datum monstername	Proefveld Kruininger Polder				Totaal aantal microben
	Koolzuurproduktie		Vochtgehalte	Zoutgehalte	
	te velde	in monster			
21 april 1941	1,39	4,7	24,6	1,3	37,0
11/12 juni 1941	1,09	3,5	24,5	1,3	55,2
16/17 juli 1941	0,94	2,8	13,5	4,3	53,4
24/25 sept. 1941	1,61	6,2	23,6	2,2	74,0
17 dec. 1941	-[1)]	7,2	32,6	1,0	111,1
9/10 juni 1942	0,97	1,4	18,7	1,3	72,4
15 juni 1943	1,20	1,9	20,1	0,9	63,0

	Experimental Field Kruininger Polder				
	CO_2-formation		Moisture content	Salt content	Total number of microbes
	under field conditions	in the samples			

Table XI. Analytical data of the untreated plots of the field trials in the Kruininger- and Nieuw-Olzenderpolder.

Date of sampling	Proefveld Nieuw-Olzenderpolder				
	Koolzuurproductie te velde	in monster	Vocht-gehalte	Zout-gehalte	Totaal aantal microben
21 april 1941	1,27	5,9	18,6	2,6	42,0
11/12 June 1941	1,44	1,6	18,4	4,4	24,7
16/17 July 1941	1,32	2,4	11,6	10,0	42,9
24/25 September 1941	1,37	5,9	17,6	2,4	27,6
17 December 1941	- [1]	5,8	23,5	1,1	64,4
9/10 June 1942	0,96	2,0	15,1	1,7	36,8
15 June 1943	1,06	2,4	15,6	0,4	39,2

	Experimental field Nieuw-Olzenderpolder				
	CO_2 formation under field conditions	in the samples	Moisture comtent	Salt content	Total numbers of microbes

1) Kon niet worden bepaald daar de grond te nat en te kleverig was.
Het proefveld in de Kruiningerpolder stond zelfs volkomen blank.

Ook de in deze tabel vermelde getallen verraden niets van een beschadiging der microflora of van een verlaging van de activiteit der microorganismen. Over het algemeen zijn immers zowel de aantallen microben als ook de koolzuurproduktie volkomen normaal voor de betreffende grondsoorten. Weliswaar varieren de getallen soms zeer sterk in de opeenvolgende bemonsteringen, maar dat is een algemeen verschijnsel ook in gronden, die niet overstroomd zijn geweest. De veranderlijke invloeden van weersgesteldheid en jaargetijdewisseling veroorzaken in ons klimaat nu eenmaal zeer scherpe reacties in de microflora van de grond. Geen der gevonden getallen is echter beslist ongewoon en zeer zeker zijn zij gemiddeld niet beneden het normale.

Als gevolg van dit onderzoek werd het dan ook reeds in de jaren 1941-'43 duidelijk, dat niet alleen de overstromingsperiode zelf, maar ook de daaropvolgende, door structuurverval gekarakteriseerde periode, door de microben doorstaan wordt zonder noemenswaardig eronder te lijden. Dit feit was des te opvallender, doordat de gronden rondom Kruiningen in die jaren - voorzover zijn niet door behandeling met gips snel werden gesaneerd - in een zeer slechte structuurtoestand verkeerden; het verwachte en van vroegere zeewateroverstromingen zo goed bekende structuurverval deed zich n.l. inderdaad in volle hevigheid voor. Direct na de eerste winter 1940-'41 was de verslemping reeds volop aan de gang en zo bleef het op de onbehandelde percelen ook gedurende 1941 en 1942; pas in 1943 begon een zeer geleidelijke spontane verbetering merkbaar te worden(32). Het ergst was hierdoor getroffen de zware en zeer ongunstig gelegen grond van het proefveld bij Kruiningen, waar het grondoppervlak volkomen verslempt, "strandig" was geworden en na elke regenbui en gedurende het gehele koude jaargetijde smerend en ondoorlatend bleef. In droge perioden droogde de grond tot een steenharde korst of tot kluiten op met vaak diepe scheuren ertussen. Op de lichtere en kalkrijkere grond van het proefveld in de Nieuw-Olzenderpolder verliep het structuurverval minder stormachtig, doch ook daar waren alle specifieke kenmerken van het structuurverval duidelijk waar-

neenbaar met alle gevolgen van dien. Vrijwel alle gronden in het inundatiegebied verkeerden toen dus in een zeer slechte structuurtoestand, de zware en laag gelegen gronden zelfs in een opvallend slechte toestand, die zeer zeker verwacht kon worden funeste gevolgen te zullen hebben voor het microbenleven. Toch bleek de microflora er nagenoeg niet onder te lijden.

Na het weer droogleggen der in 1944-'45 op grote schaal geinundeerde gronden had men wederom ruimschoots gelegenheid de juistheid der bovenstaande conclusie uit de jaren 1940-'43 te controleren. Het toen op vrij grote schaal verrichte onderzoek is te omvangrijk om hier volledig te worden weergegeven. De algemene tendens kan echter worden gedemonstreerd aan de hand van enkele voorbeelden.

Daar het water in de meeste geinundeerde gebieden pas na de bevrijding, dus op Tholen in het najaar van 1944 en op Schouwen en Duiveland, St Philipsland en op de Zuid Hollandse eilanden in het voorjaar van 1945 afgelaten werd, bleef het zoutgehalte er gedurende het zomerhalfjaar 1945 hoog en trad er ook nog geen structuurverval op. In deze periode, waarin men zoutbeschadiging der microben kon verwachten, werden zeer wisselende uitkomsten gevonden, die inderdaad op plaatselijk vrij sterke zoutschade wezen. Het aantal microben was toen n.l. meestal het laagst en ook de koolzuurproduktie het geringst op de meest uitdrogende terreinen met daardoor sterk oplopende zoutconcentraties (27). Nog in September 1945 werden in enkele op Duiveland bij Dreischor genomen monsters de in tabel XII weergegeven getallen gevonden:

Tabel XII. Eerste bemonstering op Duiveland, bij Dreischor, september 1945.

	Middelzwaar kalkhoudend bouwland		Middelzwaar kalkhoudend grasland		
	laag gelegen deel van perceel, vochtig	hoog gelegen deel van perceel, ingedroogd	laag deel vochtig	hoog deel droog	
Lutumgehalte	18,6	14,0	18,3	20,8	Lutum content
Humusgehalte	2,2	1,5	5,3	6,1	Humus content
$CaCO_3$-gehalte	4,9	3,6	3,3	3,8	$CaCO_3$ content
Vochtgehalte	18,2	11,0	22,0	15,6	Moisture content
Zoutgehalte	28,2	46,6	25,1	32,1	Salt content
Totaal aantal microben	20,6	7,0	56,8	40,1	Total number of microbes
CO_2-productie in de monsters	5,4	1,2	6,6	5,0	CO_2 formation in the samples
	Moderately heavy calcareous soil arable land		Moderately heavy calcareous soil grassland		
	low (wet) part of the plot	high (dry) part of the plot	low (wet) part of the plot	high (dry) part of the plot	

Table XII. First series of samples from Duiveland, near Dreischor, September 1945.

Het met enkele zoutplanten begroeide hoge gedeelte van het bouwland had een door verdamping sterk opgelopen zoutgehalte van 46,6 gr. NaCl per liter bodemvocht, dus ver boven de concentratie van zeewater. Hier schijnt de microflora dan ook inderdaad merkbaar beschadigd te zijn geweest, getuige het zeer lage aantal microben van slechts 7.000.000 en een eveneens zeer lage koolzuurproductie. In de andere drie monsters echter, met toch nog zeer hoge zoutconcentraties, trof men vrij normale of slechts enigszins verlaagde aantallen microben aan.

Deze toestand hield echter maar korte tijd aan en de

winterregens brachten in hetzelfde jaar reeds een geleidelijk herstel der microflora in nagenoeg alle gronden, die in het voorjaar of de zomer waren drooggelegd. Dit herstel trad dus in, toen het structuurverval zich begon te manifesteren. Op dezelfde monsterplekken, waar in begin van September de in tabel XII aangegeven getallen gevonden waren, vond men in October reeds sterk verlaagde zout-cijfers, maar op de plaatsen waar de bijzonder hoge zoutconcentraties gedurende de zomer een sterke beschadiging der microflora hadden veroorzaakt, nog lage microbengetallen; het herstel was er toen dus nog niet ingetreden (Zie tabel XIII).

Tabel XIII. Tweede bemonstering op Duiveland, bij Dreischor, oktober 1945.

	Middelzwaar kalkhoudend bouwland		Middelzwaar kalkhoudend grasland		
	laag deel	hoog deel	laag deel	hoog deel	
'ochtgehalte	31,2	20,0	31,6	26,2	Moisture content
;outgehalte	16,5	28,3	14,7	21,1	Salt content
'otaal aantal ıicroben	36,7	9,0	78,0	52,6	Total number of microbes
:O_2-productie ı de monsters	7,7	2,3	9,0	10,2	CO_2-formation in the samples
	Moderately heavy calcareous soil arable land		Moderately heavy calcareous soil grassland		
	low part	high part	low part	high part	

able XIII. Second series of samples from Duiveland, near Dreischor, October 1945.

In de loop der volgende maanden zette dit proces echter krachtig door, zodat in Febr. '46 reeds de in tabel XIV vermelde cijfers op dezelfde monsterplekken werden gevonden.

Tabel XIV. Derde bemonstering op Duiveland, bij Dreischor, februari 1945.

	Middelzwaar kalkhoudend bouwland		Middelzwaar kalkhoudend grasland		
	laag deel	hoog deel	laag deel	hoog deel	
Vochtgehalte	32,7	24,6	34,1	29,0	Moisture content
Zoutgehalte	6,4	5,7	3,8	2,2	Salt content
Totaal aantal microben	60,6	46,0	102,4	93,8	Total number of microbes
CO_2-productie in de monsters	6,3	5,0	8,7	8,2	CO_2 formation in the samples
	Moderately heavy calcareous soil arable land		Moderately heavy calcareous soil grassland		
	low part	high part	low part	high part	

Table XIV. Third series of samples from Duiveland, near Dreischor, February 1945.

Nu vond men dus reeds volkomen " normale " aantallen van microben en koolzuurproducties. Weliswaar liepen de zoutconcentraties in de loop van de zomer 1946 vaak weer vrij hoog op, maar zij bereikten toch niet meer het critieke niveau waarbij een merkbare beschadiging der microflora zich gaat manifesteren. De zout-beschadiging der microflora in de eerste maanden na het droogleggen der geïnundeerde gebieden bleek dus slechts plaatselijk en ook maar kortstondig op te treden. Deze voorbijgaande verlaging der koolzuurproductie kon dus zeer zeker niet aansprakelijk worden gesteld voor de hardnekkige structuurverslechtering, die na de ontzilting in de meeste gronden tot ontwikkeling kwam.

Gedurende de periode van het structuurverval deden zich ook op deze monsterplekken geen waarneembare beschadigingen der microben meer voor. Het is onnodig hier cijfers uit die tijd aan te halen daar zij alle ongeveer gelijk zijn aan de op de beide proefvelden bij Kruiningen in 1941-'43 gevonden getallen. Het microbenleven was en bleef gedurende die jaren nagenoeg normaal en vertoonde ook normale jaargetijde- en weers-schommelingen, zelfs al was de structuur ook nóg zo slecht. Alleen het ontwijken van koolzuur bij de veldbepalingen was soms enigszins gestagneerd door een nagenoeg

hermetische verkorsting van het oppervlak tijdens droog weer na een regenperiode. Onder de harde korst in de grond was het koolzuurgehalte der bodemlucht echter in zulke perioden vaak juist zeer hoog.

De vertraagde drooglegging van Walcheren bood in 1946-1947 nogmaals gelegenheid om het verloop van het herstel der gronden te observeren, en weer deed men dezelfde ondervinding op, n.l. dat de microflora, die de langdurige overstroming met de dagelijkse getijbewegingen vrij goed had doorstaan, zich daarna zeer snel en bevredigend herstelde, afgezien van plaatselijk en tijdelijk optredende beschadigingen door sterk oplopend zoutgehalte in droge perioden in de zomer. De verlaging van het aantal microben tot op de helft of een derde van het normale tijdens de overstroming (Zie tabellen V en VI) werd dus op Walcheren op de meeste gronden zeer snel ongedaan gemaakt na het drooggleggen. Alleen de verspoelde gronden en nog meer de vers afgezette jonge slikken, met hun zeer lage microben-getallen,gaven een tragere ontwikkeling van het microbenleven te zien, die deed denken aan die in jonge, pas voor het eerst drooggelegde gronden, zoals o.a. bij het inpolderen van de Wieringermeer.

Enkele in tabel XV weergegeven waarnemingen van het aantal microben kunnen het bovenstaande illustreren.

'abel XV. Totaal aantal microben (plaatsstelling), in millioenen, in enkele grondsoorten nabij Meliskerke (Walcheren).

	Oude bouwvoor			Verspoelde grond	Jong zwaar zee-slik	
	Onveranderd	Geërodeerd terrein	Afgedekt door verspoelde grond			
laart 1946	52,1	40,3	35,0	9,3	6,3	March 1946
eptember 1946	43,2	26,2	68,3	19,8	15,7	September 1946
.pril 1947	88,0	55,1	83,9	67,0	143,1	April 1947
	Original top soil			Eroded and reprecipitated old soil	Young heavy marine silt	
	Unchanged	Partly removed by erosion	Covered by reprecipitated soil			

able XV. Number of microbes (plate counts), in millions, in some soil types near Meliskerke (Walcheren).

Deze getallen hebben betrekking op een perceel bij Meliskerke met middelzware kalkhoudende grond, dat vóór de inundatie als bouwland gebruikt werd. Zijn lutum-gehalte was in de bovenste 20 cm 17,2% en het humusgehalte 2,3%. Deze waarden gelden alleen voor de onveranderde en de door verspoelde grond afgedekte gronden, terwijl voor de geërodeerde terreinen en voor de verspoelde grond de overeenkomstige grootheden niet werden bepaald, wel echter voor het jonge slik, dat hier zwaar was en een lutumgehalte van 21% had, bij een humusgehalte van 4,1%.

Zoals de in deze tabel weergegeven getallen aanduiden, werd er in dit, in October 1945 drooggelegde, deel van Walcheren in Maart van 1946 reeds een vrij normale microflora aangetroffen met uitzondering van de verspoelde grond en het jonge slik. Eén winter bleek dus reeds voldoende te zijn geweest om ook in de Walcherense gronden de beschadigde microflora te doen herleven. Het zoutgehalte was toen trouwens ook reeds teruggelopen tot een C-cijfer van 8,8 in de onveranderde bouwvoor. Na het voorjaar van 1946 hield het herstel der microbenbevolking aan, zodat in het voorjaar van 1947 zelfs zeer hoge aantallen van microben werden gevonden, nietegenstaande het feit dat het structuurverval juist in de jaren 1946 en 1947 op deze terreinen tot ontwikkeling kwam. Ook in het jonge slik ontwikkelde zich nu een zeer rijk microbenleven, zelfs rijker dan in de oude grond. Wederom is er dus niets gebleken van enigerlei stagnatie van het microbenleven in de zich herstellende gronden. In geen enkele periode van dit herstel had men dus temaken met langdurig noemenswaardig verlaagde koolzuurproductie in de gronden.

De uitkomsten van het in deze herstelperiode voortgezette onderzoek van de aëratietoestand bleken volkomen in overeenstemming te zijn met het verloop van het microbenleven in die jaren: De lage redoxpotentialen van uit de tijd der inundatie verdwenen snel, zodat binnen enkele maanden na het aflaten van het water in ongeroerde oude gronden reeds potentialen van+ 400 à 700 mV gemeten werden, en op sommige gronden was het tempo van de aëratie zelfs zo snel, dat reeds enkele weken na het droogleggen, de gronden vrijwel volledig bleken te zijn geaëreerd. De volkomen structuurloze en dichte verspoelde

gronden en jonge slikken behielden de relatief lage potentialen langere tijd. In sommige zeer waterrijke slikken kon men zelfs vele maanden na het aflaten van het water nog ongeaëreerde (zwart gekleurde) plekken vinden in het centrum der grote kluiten, die zich bij het scheuren van het indrogende slik vormden. In zulke ongeaëreerde kernen van de kluiten kon men dan vaak nog potentialen aantreffen van - 100 tot + 100 mV. Deze langzame verkruimeling en daardoor vertraagde aëratie der slikken en verspoelde gronden zal vermoedelijk ook verantwoordelijk zijn geweest voor het tragere verloop der regeneratie van de microbenbevolking in deze gronden, zoals o.a. is weergegeven in tabel XV. In maart van 1946 was de gemiddelde Eh in het jonge zeeslik van tabel XV ca + 150 en in de verspoelde grond ca + 270, terwijl in de drie andere gronden toen reeds hoge potentialen van + 500 tot + 700 werden aangetroffen. Waren zulke gronden echter eenmaal volledig verkruimeld en geaëreerd, dan herbergden zij vaak juist exceptioneel hoge aantallen microben, die soms tijdelijk tot boven 200.000.000 per gram opliepen. In oude niet verspoelde gronden verliep de aëratie steeds veel sneller, enerzijds doordat daarin minder redox-buffering van sulfiden en gemakkelijk oxydabele organische stoffen aanwezig was, anderzijds echter ook ten gevolge van de nog bestaande poreuse structuur, die van vóór de inundatie dateerde. Vooral als het, vaak aanwezige, zeer dunne oppervlaktekorstje door lichte oppervlakkige bewerking verbroken werd, drong de aëratie snel tot diep in de grond door. Zelfs als zulke gronden afgedekt waren door slik of verspoelde grond, verliep de aëratie vrij gemakkelijk, daar de lucht hen door de wijde scheuren tussen de grote kluiten van het indrogende slik kon bereiken (26, 32). In de ook op het oppervlak niet verslempte graslanden, was het verloop der aëratie bijzonder snel en gemakkelijk.

Het bovenstaande heeft betrekking op de periode tussen het droogleggen en het scherpe verval der structuur. Met het intreden van de verslemping na de ontzilting, ging

in vele gronden de aëratiegraad weer merkbaar achteruit, zo zelfs, dat in natte tijden in zwaar verslempte gronden Eh-waarden van minder dan + 50 werden gemeten. Maar op de ontwikkeling van de microflora had deze secundaire verslechtering nauwelijks enige invloed, waarvan o.a. de in de tabellen XIV en XV weergegeven getallen van 1946/1947 getuigen.

Tenslotte moet hier nog even worden gewezen op de invloed van de inundaties op de wortelknolletjes-bakterien van de vlinderbloemige gewassen (= Rhizobium-stammen). Het was op grond van het onderzoek in de Proefpolder bij Andijk en in de Wieringermeer bekend, dat pas drooggelegde zeebodem nauwelijks Rhizobia bevat (33). In die polders was het dan ook gewenst in de eerste cultuurjaren alle vlinderbloemige gewassen met gekweekte reine cultures van de bijbehorende Rhizobia te enten, daar zich anders geen of althans onvoldoende knolletjes op de wortels vormden en de gewassen dus onvoldoende van stikstof werden voorzien. Deze ervaring deed vermoeden, dat ook in de geinundeerde gronden de wortelknolletjes-bakterien zouden ontbreken of althans tot onvoldoende aantallen zouden zijn gereduceerd. In 1946 werd dan ook meteen een onderzoek hiernaar ingesteld. Aangezien een rechtstreekse telling der Rhizobia in de grond zeer moeilijk en onbetrouwbaar is, was men in de omstandigheden van die jaren aangewezen op veld- of pot-proeven, waarbij de te onderzoeken gronden bezaaid werden met de betreffende vlinderbloeimige gewassen zodat men de vorming van wortelknolletjes en de stikstof-voeding der gewassen kon waarnemen. In 1946 was men hiervoor vooral aangewezen op het reeds grotendeels ontzilte Tholen, maar ook op voldoende ontzilte en niet te zeer verslempte percelen op Schouwen-Duiveland, Overflakkee en Voorne werden kleine perceeltjes naast elkaar ingezaaid met geënt en niet geënt zaad van de belangrijkste vlinderbloemige gewassen (rode en witte klaver, lucerne, hopperups, erwten en Vicia en Phaseolusbonen). In 1947 kon dit onderzoek op een groter aantal percelen van de meest uiteenlopende typen grond worden herhaald, nu ook Walcheren in dit onderzoek betrekkende.

Het resultaat van dit onderzoek was wederom enigszins verrassend: nergens bleek de inundatie de Rhizobia merkbaar te hebben geschaad. In sommige gevallen was de vorming van wortelknolletjes bij niet enten weliswaar onvoldoende, maar steeds alleen in gevallen, waarbij ook in niet geinundeerde gronden meestal een gebrekkige beknolling optreedt. Zo trof men een onvoldoende vorming van wortelknolletjes aan op sommige zure voormalige graslanden en op percelen lichte grond met verdrogingsverschijnselen, dus onder voor de Rhizobia zeer ongunstige omstandigheden. Dit zijn omstandigheden waarbij altijd kunstmatige enting gunstig werkt. Ook bleek de vorming van wortelknolletjes bij lucerne en hopperus in de regel enigszins onvoldoende te zijn, maar dat is een algemeen verschijnsel. De Rhizobium-stammen van deze gewassen onderscheiden zich van die van de klavers, erwten en bonen door een geringer vermogen zich in de grond te handhaven bij afwezigheid van de hospes-plant, zodat zij in alle grondsoorten - ook de gunstigste - steeds tot zeer lage aantallen afzakken zodra het gewas er niet op wordt verbouwd.

Generaliserend kan dus worden gezegd, dat de enting van vlinderbloemige gewassen in de inundatie-gebieden alleen gewenst was op terreinen, waar dat ook vóór de inundaties het geval was. Er was dus geen merkbare beschadiging der Rhizobia opgetreden. Deze waarneming is in overeenstemming met de algemene ervaring, dat de inundatie de microflora veel minder heeft beinvloed dan was verwacht. Pas jarenlange overstroming met zeewater zou vermoedelijk ook de wortelknolletjes-populatie geleidelijk tot het zeer lage peil van zeebodem hebben teruggebracht, zoals dat was waargenomen in de inlagen van uiteenlopende leeftijden ten opzichte van de algemene microflora. Na relatief kortstondige overstromingen met zeewater behoeft men dus niet tot enting der gronden over te gaan.

van de beide gronden vermeld, terwijl in de tabellen XVI en XVII de schema's der beide proefvelden zijn weergegeven.

Tabel XVI. De op het proefveld op ontkalkte grond in de Kruininger polder (bedrijf van van Hotegem) toegepaste behandelingen (kg per ha).

1.	Onbehandeld Untreated			
2.	4.000 kg gips 4.000 kg gipsum			
3.	10.000 kg gips 10.000 kg gipsum			
4.	20.000 kg gips 20.000 kg gipsum			
5.	2.000 kg CaO (poederkalk) 1) 2.000 kg CaO (lime flour)			
6.	5.000 kg CaO (poederkalk) 5.000 kg CaO (lime flour)			
7.	5.000 kg CaO (silicakalk) 5.000 kg CaO (silica lime)			
8.	5.000 kg CaO (poederkalk) + 2.000 kg bloem van zwavel 5.000 kg CaO (silica lime) + 2.000 kg sulphur flour			
9.	5.000 kg CaO (poederkalk) + 35.000 kg stalmest 5.000 kg CaO (lime flour) + 35.000 kg farm manure			
10.	5.000 kg CaO (schuimaarde) + 35.000 kg stalmest 5.000 kg CaO (scums) + 35.000 kg farm manure			
11.	5.000 kg CaO (poederkalk) + 10.000 kg gehakseld hooi 5.000 kg CaO (lime flour) + 10.000 kg chopped hay			
12.	5.000 kg CaO (silicakalk)	+ 5.000 kg gips	+ 200 kg bloem van zwavel 35.000 kg stalmest	
	5.000 kg CaO (silica lime)	+ 5.000 kg gipsum	+ 200 kg sulphur flour + 35.000 kg farm manure	
13.	5.000 kg CaO (poederkalk)	+ 5.000 kg gips	+ 200 kg bloem van zwavel + 35.000 kg stalmest	
	5.000 kg CaO (lime flour)	+ 5.000 kg gipsum	+ 200 kg sulphur flour + 35.000 kg farm manure	

Table XVI. The treatments applied in the field trial on the old soil in the Kruininger polder (kg per ha).

1) Er was geen analyse van de aangewende Landbouwkalk beschikbaar, doch zoals steeds zal een belangrijk percentage niet als $Ca(OH)_2$ doch als $CaCO_3$ aanwezig zijn geweest.

Voor het onderhavige onderzoek zijn alleen die objecten van belang, welke de een of andere vorm van organische bemesting hebben ontvangen, dus op het Kruininger proefveld de objecten 9, 10, 11, 12 en 13 en op het proefveld in de Nieuw Olzenderpolder, de objecten 2, 3, 4, 12 en 13. Als organische bemesting werden slechts enkele voor de praktijk belangrijke stoffen aangewend, n.l. stalmest, groenbemesting, gehakseld hooi en schuimaarde. Het werd belangrijker geacht elk object in enkele herhalingen aan te leggen, dan om meer verschillende organische stoffen toe te passen. De aangewende hoeveelheden waren vrij hoog, stellig hoger, dan de praktijk in staat zou zijn geweest te geven, maar toch van dezelfde orde van grootte. Het markante verschil in proefschema tussen de beide proefvelden berust op het feit, dat op de kalkloze grond van het Kruininger proefveld steeds de een of andere vorm van bekalking moest worden gegeven.

Dank zij de overvloed van beschikbare terreinen konden de veldjes van deze proefvelden vrij groot worden genomen - 10 x 10 M - en kon ook elk object in 3 of 4 voud worden aangelegd (zie de figuren 1 en 2).

De opzet van het onderzoek der organische bemesting was om enerzijds vast te stellen of de aangewende hoeveelheden organische stof merkbaar stimulerend werken op de microflora en op de koolzuur-vorming, en anderzijds door middel van empyrische waarnemingen te velde het effect der bemestingen op de structuur en op de ontwikkeling der gewassen te vervolgen. Op de betreffende veldjes werd dus aanvankelijk met korte, later met steeds langere intervallen de koolzuurproductie te velde met de klokmethode bepaald, en werden monsters genomen voor de bepaling der potentiele koolzuurproductie en voor de plaattelling der microben. Gelijktijdig werd ook de structuur empyrisch geschat en tijdens de vegetatie-perioden werden de gewassen volgens een puntenstelsel geboniteerd. Daar een betrouwbare exacte methode voor het aangeven van de structuur van grond nog steeds ontbreekt, vooral als het te velde moet worden gedaan, moest de structuur empyrisch worden

geschat, afgaande op kenmerken als: het uiterlijk van de grond, zijn kleur, de al of niet aanwezigheid van een korstje op het oppervlak, de eventuele uitspoeling van het witte meel-zand, de geringere of sterkere vorming van scheurtjes, het eventuele uiteenvallen van de grond tot kruimels bij droog weer, de versmeerbaarheid en de doorlatendheid van de grond bij nat weer, de eventuele vorming van plassen na regen en het lang troebel blijven of snel helder worden van het water in zulke plassen. Ook het zacht of stug en hard aanvoelen van de grond bij het er overheen lopen was een betrouwbaar kenmerk. In dit verband kan verder worden verwezen naar de nauwkeurige uiteenzettingen van de bepaling der structuur door Domingo (32). Bovendien moet erop worden gewezen, dat het empyrische beoordelen van de structuur zeer sterk afhangt van de toestand van de grond op dat moment. Onder een dicht gewas is het haast ondoenlijk een indruk van de structuur te verkrijgen. Ook een vers geploegde grond geeft geen duidelijk beeld. Zeer scherp en sprekend komen de verschillen tussen een gezonde en een door zoutwater-inundatie bedorven grond echter tot uiting als op een vers bewerkte grond een regenbui is gevallen. Over het algemeen is het natte jaargetij gunstiger voor deze beoordeling dan het droge.

Om subjectieve afwijkingen en onwillekeurige beinvloeding der waarnemers door de bekendheid met het proefveldschema zoveel mogelijk te vermijden werden de schattingen van de structuur en van de stand der gewassen steeds door méér dan een persoon onafhankelijk van elkaar verricht en wel "blind" d.w.z. zonder het proefveldplan daarbij te raadplegen. Pas achteraf werden de gemiddelde uitkomsten der verschillende waarnemers met het plan vergeleken. Zodoende verkreeg men relatief betrouwbare schattingen, die echter toch alleen de duidelijke verschillen met zekerheid aangaven, daar de parallel-veldjes vaak onderling sterk verschilden, zodat kleine verschillen niet als met zekerheid aangetoond mogen worden beschouwd. De uitkomsten der veldkoolzuurbepalingen en de monsteranalyse konden wel met behulp van exacte analysemethoden worden uitgevoerd maar zij hadden

te lijden onder het feit, dat niet op alle parallel-veldjes de klokken opgesteld en de monsters gestoken konden worden zonder de gewassen te zeer te beschadigen. Slechts op één van de 4 parallel-veldjes konden deze werkzaamheden worden uitgevoerd, zodat de verkregen uitkomsten alleen op dat ene van de 4 veldjes betrekking hebben, terwijl de structuur- en de gewassenschattingen de gemiddelden van alle parallel-veldjes weergeven. Er werd bij de voor dit onderzoek in aanmerking komende objecten steeds een vierde parallel-veldje ingelast, terwijl de andere objecten slechts in drie-voud werden aangelegd.

Naast deze limiteringen van de waarde van het onderzoek moest men zich ook nog de beperking opleggen, dat niet alle organisch bemeste objecten in het onderzoek konden worden betrokken. Wegens gebrek aan tijd en aan vervoersmogelijkheid werden slechts de meest representatieve objecten bemonsterd en onderzocht, daarbij ter vergelijking ook enkele niet organisch bemeste objecten voegende. Zo werd op het Kruiningerproefveld het aantal microben bepaald in de objecten: 1 (onbehandeld), 4 (20.000 kg gips), 6 (5.000 kg CaO), 8 (5.000 kg CaO + 2.000 kg bloem van zwavel) en9 (5.000 kg CaO + 35.000 kg stalmest), terwijl de koolzuurproductie, zowel te velde als ook in de monsters, alleen in de objecten 1 en 9 werd gemeten. Op het zuster-proefveld in de Nieuw Olzenderpolder werd het microbenaantal vastgesteld in de objecten: 1(onbehandeld), 2(35.000 kg stalmest), 4 (10.000 kg gehakseld hooi), 7 (4.000 kg bloem van zwavel) en 10 (20.000 kg gips), terwijl op de objecten 1, 2, 4 en 10 de koolzuurproductie in de monsters en te velde werd gemeten en alléén te velde bovendien nog in het object 7. De schattingen van de structuur en van de stand der gewassen omvatten echter alle percelen en objecten. Het onderzoek strekte zich uit over de periode vanaf de aanleg der beide proefvelden in het voorjaar van 1941 tot het najaar van 1943. Van groot belang waren echter alleen de eerste anderhalf jaar. De uitkomsten van het onderzoek zijn weergegeven - voorzover het de schattingen der structuur en van de

stand der gewassen betreft - in de tabellen XVIII en XIX, overigens - dus de microbenaantallen en de koolzuur-producties omvattende - in de graphieken fig. 3 tot 7. Niet alle bepalingen zijn in deze tabellen en figuren opgenomen, doch alleen die uit de representatieve perioden. De bepalingen van het microbenleven en van de koolzuurproductie waren vanaf het aanleggen van het proefveld belangrijk en vertoonden juist gedurende de eerste maanden de meest instructieve schommelingen terwijl de werking der diverse behandelingen op de structuur uit de aard der zaak niet terstond tot uiting kon komen en eigenlijk pas in het natte jaargetij tegen het najaar van 1941 sprekend werd. In de graphische weergave der gevonden microbenaantallen en koolzuurproducties zijn niet de absolute grootheden weergegeven, doch de relatieve waarden, de onbehandelde percelen op alle monsterdata gelijk 100 stellende. Hierdoor werden de zeer storende sterke jaargetijde- en weersgesteldheid-schommelingen geëlimineerd. Deze werkwijze had echter het nadeel, dat de gevonden verschillen in het verloop der curven alleen dán reëel zijn, als de absolute waarden niet te klein zijn, vergeleken bij de oncontroleerbare strooing der waarnemingen. In de critieke begin-periode van het onderzoek, tijdens de sterk verhoogde microben-aantallen en koolzuurproducties op de organisch bemeste percelen, verkreeg men betrouwbare en sprekende uitkomsten, in de latere phasen van het onderzoek, echter, zonken sommige grootheden soms tot zodanig lage waarden, dat alle gevonden verschillen tussen de diverse objecten volkomen onreëel werden en uitsluitend aan toevallige schommelingen moesten worden geweten. In zulke perioden zijn de lijnen in de betreffende graphieken dan ook slechts volledigheidshalve doorgetrokken en dan vaak als dunnere lijnen. Voor de taxaties der structuur werd de schaal zodanig gekozen, dat de slechtste op het betreffende proefveld ooit waargenomen structuur met 0 aangegeven werd, terwijl de voor deze grond normale gezonde structuur de aanduiding 10 verkreeg. De stand der gewassen werd aangeduid met de in de landbouwpraktijk gebruikelijke cijfercode.

Tabel XVIII. Geschatte structuur op het proefveld op oude ontkalkte grond in de Kruininger polder.

Behandeling (kg/ha)	structuur			
	24-9 '41	17-12 '41	24-3 '42	29-10 '42
	gerst		voederbieten	
1. Onbehandeld Untreated	1	1	2	2
2. 4.000 kg gips 4.000 kg gipsum	5	4	3	3
3. 10.000 kg gips 10.000 kg gipsum	5	6	4	4
4. 20.000 kg gips 20.000 kg gipsum	7	7	7	6
5. 2.000 kg CaO (poederkalk) 2.000 kg CaO (lime flour)	1	2	2	3
6. 5.000 kg CaO (poederkalk) 5.000 kg CaO (lime flour)	0	1	2	2
7. 5.000 kg CaO (silicakalk) 5.000 kg CaO (silica lime)	0	1	2	3
8. 5.000 kg CaO (poederkalk) + 2.000 kg bloem van zwavel 5.000 kg CaO (lime flour) + 2.000 kg sulphur flour	1	4	2	2
9. 5.000 kg CaO (poederkalk) + 35.000 kg stalmest 5.000 kg CaO (lime flour) + 35.000 kg farm manure	2	3	3	3
10. 5.000 kg CaO (schuimaarde) + 35.000 kg stalmest 5.000 kg CaO (scums) + 35.000 kg farm manure	1	2	3	3
11. 5.000 kg CaO (poederkalk) + 10.000 kg gehakseld hooi 5.000 kg CaO (lime flour) + 10.000 kg chopped hay	? 1)	2	3	2
12. 5.000 kg CaO (silicakalk) + 5.000 kg gips + 200 kg bloem van zwavel + 35.000 kg stalmest 5.000 kg CaO (silica lime) + 5.000 kg gipsum + 200 kg sulphur flour + 35.000 kg farm manure	3	3	2	3
13. 5.000 kg CaO (poederkalk) + 5.000 kg gips + 200 kg bloem van zwavel + 35.000 kg stalmest 5.000 kg CaO (lime flour) + 5.000 kg gipsum + 200 kg sulphur flour + 35.000 kg farm manure	2	3	3	3
Treatment (kg/ha)	barley		fodder beets	
	structure			

Table XVIII. Estimated structural condition on the field trial upon the old soil of the Kruininger polder.

1) Niet te beoordelen, daar uit het ondergeploegde hooi zoveel opslag van graszaad was opgekomen, dat deze percelen geheel vergrasd waren.

Tabel XIX. Geschatte structuur en stand der gewassen op het proefveld op de jonge kalkhoudende grond in de Nieuw-Olzender polder.

Behandeling (kg/ha)	Structuur			Stand gewassen		
	24-9 '41	17-12 '41	24-3 '42	29-10 '42	10-6 '42	2-6 '43
	gerst		vlas met rode klaver		vlas	rode klaver
1. Onbehandeld Untreated	0	2	2	3	2	6
2. 35.000 kg stalmest 35.000 kg farm manure	3	2	3	3	2 1/2	6
3. Groenbemesting Green manure	?[1]	?[1]	3	3	4 1/2	6
4. 10.000 kg gehakseld hooi 10.000 kg chopped hay	?[2]	?[2]	2	3	2 1/2	4 1/2
5. 1.000 kg bloem van zwavel 1.000 kg sulphur flour	3	2	3	4	3	6 1/2
6. 2.000 kg bloem van zwavel 2.000 kg sulphur flour	3	5	5	6	3	7 1/2
7. 4.000 kg bloem van zwavel 4.000 kg sulphur flour	4	5	7	9	5	8
8. 4.000 kg gips 4.000 kg gipsum	4	3	4	4	4 1/2	6
9. 10.000 kg gips 10.000 kg gipsum	6	7	9	8	5 1/2	7 1/2
.0. 20.000 kg gips 20.000 kg gipsum	7	8	10	10	5 1/2	7
.1. 2.000 kg CaO (silicakalk) 2.000 kg CaO (silica lime)	0	1	3	3	2	6
.2. 5.000 kg CaO (silicakalk) + 5.000 kg gips + 200 kg bloem van zwavel + 35.000 kg stalmest 5.000 kg CaO (silica lime) + 5.000 kg gipsum + 200 kg sulphur flour + 35.000 kg farm manure	2	2	3	4	3	6 1/2
3. 5.000 kg CaO (poederkalk)+ 5.000 kg gips + 200 kg bloem van zwavel + 35.000 kg stalmest 5.000 kg CaO (lime flour)+ 5.000 kg gipsum + 200 kg sulphur flour + 35.000 kg farm manure	3	3	3	4	4 1/2	6 1/2
Treatment (kg/ha)	barley		flax undersown by red clover		flax	red clover
	Structure				Development of the crops	

able XIX. Estimated structural condition on the field trial upon the young calcareous soil of the Nieuw-Olzender polder.

1) Niet te beoordelen wegens de dichte begroeiing met klaver.
2) Niet te beoordelen wegens welige opslag uit het hooizaad.

In de loop van dit onderzoek bleek het proefveld op de ontkalkte oude grond in de Kruiningerpolder, dat, zoals reeds op pag. 43 werd aangegeven, op een te laag perceel aangelegd was, vrijwel waardeloos te zijn. Het hol liggende terrein was zeer ongelijkmatig. De randpercelen verkeerden in een veel gunstigere toestand dan de lage middenpercelen, welke laatste volkomen onhandelbaar bleven zelfs bij een behandeling met de hoogste giften van gips en kalk. Na elke regen stonden zij blank en het bleek ondoenlijk te zijn daarop enigerlei gewas tot kieming en groei te brengen. Van het schatten van de stand der gewassen moest daar dan ook worden afgezien en ook de structuurschattingen zijn er van beperkte waarde, daar slechts op de randpercelen de werking der bemestingen kon worden waargenomen, de middenpercelen echter waren alle zeer slecht en drukten de gemiddelde schattingen sterk. Vandaar dan ook, dat zelfs de hoogste giften van gips er veel minder structuurverbeterend bleken te werken, dan op het andere proefveld.

Overziet men de uitkomsten van deze proeven, dan wordt men allereerst getroffen door het feit, dat de organische bemestingen inderdaad de verwachte invloed hebben gehad op de ontwikkeling van het microbenleven en op de koolzuurvorming. Zelfs op het Kruininger proefveld bleek de toediening van stalmest een sprekende opbloei van het aantal microben te weeg te brengen (fig. 3.). Op het proefveld in de Nieuw Olzenderpolder bleek de gunstige invloed der organische bemesting nog sprekender te zijn: de stalmest heeft het aantal microben meer dan verdubbeld, en het gehakselde hooi zelfs bijna verdrievoudigd (fig. 4.). Hierdoor werd dus het algemeen bekende feit bevestigd, dat zelfs niet bijzonder hoge, realiseerbare bemestingen met organisch materiaal de ontwikkeling van het microbenleven in de grond zeer sterk stimuleren: het bleek dus alleszins mogelijk te zijn hierdoor de voorwaarden voor een verhoogde koolzuurproductie te scheppen.

Een tweede feit, dat deze microbentellingen aantonen, is echter, dat de verhoogde microbenontwikkeling slechts kortstondig was en reeds binnen het eerste jaar weer terugliep tot nagenoeg normale aantallen, en wel bij de stalmest sneller

dan bij het hooi, dat door zijn grotere resistentie en lager / stikstofgehalte iets langer standhield. De groenbemesting (niet in de figuren opgenomen) had gedurende het eerste jaar - dus tijdens de groei van de klaver - nagenoeg geen invloed gehad. Maar ook na het onderploegen ervan in het najaar van 1941 werd in december van dat jaar slechts een geringe invloed ervan op het aantal microben waargenomen en in de daaropvolgende zomer was deze geringe stimulans al weer geheel verdwenen. De op deze proefvelden toegepaste groenbemesting is dus verre infeieur gebleken te zijn aan flinke giften van stalmest of hooi. Nog geringer was de werking van de schuimaarde op het aantal microben (niet in de fig. opgenomen).

Ten derde hebben deze proefvelden duidelijk aangetoond, (zie de afbeeldingen), dat het aantal microben door de minerale behandelingen (gips en bloem van zwavel), die een zeer snelle en sprekende verbetering van de structuur tot stand brachten, niet merkbaar werd verhoogd. Deze waarneming is in overeenstemming met de in de vorige hoofdstukken vermelde ervaring, dat de slechte structuur en de verslemping van de grond geen nadelige invloed hadden op het microbenleven, dat zelfs een maandenlange inundatie zonder veel schade verdroeg. Het microbenleven bleek dus over het algemeen veel minder afhankelijk te zijn van de structuur van de grond dan men verwachtte.

De bovenstaande feiten werden ook door de koolzuurproductie-bepalingen bevestigd. De potentiele koolzuurproductie in grondmonsters bleek n.l. vrij nauw aan te sluiten bij de microbengetallen (fig. 5 en 6). Te velde, echter, was alleen op het proefveld in de Nieuw Olzenderpolder een goede en logische werking der bemestingen op de koolzuur-vorming waarneembaar, waarbij wederom het hooi de hoogste waarden leverde, gevolgd door de stalmest (fig. 7.).

Uit de figuren 5, 6 en 7 kan men zien, dat de verhoogde koolzuurproductie, net als de verhoogde microben-aantallen, slechts korte tijd aanhield en in 1942 al was verdwenen.

In fig. 7 moet nog worden gewezen op de weliswaar slechts zeer kortstondige, maar toch duidelijke stimulering der kool-

zuurproductie te velde in juli '41 door de hoge gipsgift. Dit is het enige geval in het gehele onderzoek, waarbij het microbenleven op enigerlei wijze heeft gereageert op de structuurverbetering. Het is niet duidelijk, waarom deze werking zich juist toen even heeft gemanifesteerd, om daarna weer volkomen te verdwijnen, terwijl het structuurverschil zowel daarvóór als daarná zeer sprekend bleef.

Generaliserend kan dus worden geconstateerd, dat de organische bemestingen, zoals zij op de proefvelden bij Kruiningen toegepast werden, zeer zeker een gunstige invloed op de microben hadden en ook de koolzuurproductie sterk stimuleerden, al was het dan ook slechts gedurende een periode van ½ tot 1 jaar. A priori kon men dus ook een gunstige werking van deze bemestingen op de structuur van de bedorven grond verwachten. Toch is deze verwachting niet uitgekomen en bleken de organische bemestingen nauwelijks gunstig te hebben gewerkt, terwijl het gips en de bloem van zwavel zeer sprekende successen boekten (zie tabellen XVIII en XIX). Volkómen onwerkzaam schijnen de organische bemestingen wel niet te zijn geweest, daar op beide proefvelden de daarmede behandelde percelen wel een iets betere structuur bleken te bezitten, of juister gezegd op een vroeger moment een geringe verbetering der structuur vertoonden, maar nergens werd een belangrijke verbetering tot stand gebracht. Zonder gips of bloem van zwavel werd tegen het najaar van 1942 nog nergens een structuurpeil van meer dan 3 bereikt, terwijl gips en zwavel, mits in voldoende hoeveelheid toegediend, soms reeds een volledig herstel der structuur tot stand hadden gebracht, en het structuurpeil van 9 à 10 hadden bereikt.

Het is door dit onderzoek dus duidelijk geworden, dat zelfs een zeer behoorlijke stimulering van het microbenleven en de daaruit voortspruitende verhoogde koolzuurproductie niet voldoende zijn voor het in oplossing brengen van de voor het structuurherstel benodigde calcium-ionen. Blijkbaar is de oplossende werking van in het grondwater voorkomende concentraties van koolzuur op de koolzure kalk steeds gering, en valt zij in het niet vergeleken bij de calcium-ionen-concen-

tratie, die door bemestingen met gips en bloem van zwavel wordt bereikt. De uitkomsten der bovenbeschreven proefvelden wijzen althans zeer sterk in de richting van deze conclusie.
Een strict bewijs van de juistheid dezer rednering kan uit de aard der zaak slechts geleverd worden door een exact onderzoek naar de koolzuurconcentraties in het bodemvocht bij verschillende koolzuurspanningen in de bodemlucht en naar de daardoor in verschillende grondsoorten optredende concentraties van calcium-ionen. Zulk een laboratorium-onderzoek zou de vereiste sluitsteen zijn voor het gehele onderzoek naar de mogelijkheden van structuurherstel van door overstroming met zeewater bedorven gronden. Helaas is een onderzoek in deze geest nog niet uitgevoerd, hetgeen betreurenswaardig is, daar men nu nog steeds aangewezen blijft op empirische waarnemingen en op daarop gebaseerde deducties met onbewezen veronderstellingen. Deze leemte kan echter te allen tijde alsnog worden aangevuld, daar het een laboratoriumonderzoek betreft, dat niet afhankelijk is van het beschikken over overstroomde gronden.

De bovenstaande redenering en conclusie mogen dan niet volledig zijn bewezen, de practische ervaring, dat, door binnen de perken van de economische mogelijkheid vallende, bemestingen met organische substantie geen noemenswaardig structuurherstel te bereiken is, is door deze proeven zodanig aangetoond, dat men dit probleem als opgelost mag beschouwen. Men moet dus het feit aanvaarden, dat het nutteloos is te trachten een snel herstel der structuur te bereiken door toepassing van organische bemestingen. Slechts kunstmatige verhoging der calcium-ionen-concentratie door aanwending van oplosbare calcium-zouten kan in deze helpen. De geleidelijke verbetering van de structuur door de verbouw van overjarige, wortelrijke gewassen - het remedie bij uitnemendheid in vroegere jaren - moet dan ook vrij zeker voornamelijk berusten op een directe mechanische werking en niet op een verhoging der koolzuurspanning in de bodemlucht door de ademhaling der wortels. Bovendien

heeft zelfs in onbehandelde gronden, die dus nóch een speciale calcium-bemesting, nóch een behandeling met organische stoffen ondergaan, een geleidelijk structuurherstel plaats. Ook in de tabellen XVIII en vooral XIX is dat duidelijk te zien, want zelfs zonder enige speciale behandeling werd de structuur in de loop van de twee jaren der proefneming al merkbaar beter en steeg het structuurpeil der onbehandelde percelen van 0 tot 2 à 3. Op de lange duur werken dus zelfs de lage koolzuurspanningen in de onbehandelde grond in op de calciumvoorraden en herstellen zij geleidelijk het normale gehalte van geadsorbeerde calcium-ionen in de klei en de humus van de gronden. Zonder deze langzame werking zou immers geen spontaan herstel mogelijk zijn, en dat herstel voltrekt zich steeds in de loop van de jaren, zelfs bij de meest foutieve behandeling der gronden.

De bovenbeschreven proefnemingen strekten zich uit over de jaren 1941 en 1942. Tegen het tweede jaar was het reeds duidelijk, dat de behandeling van de grond met organische stoffen geen noemenswaardige verbetering van de structuur te weeg bracht. Daarna kon dus niet veel meer van deze proefvelden worden verwacht, zodat zij - al werden zij ook nog in 1943 geobserveerd en al werden toen nog enkele bepalingen van het aantal microben en van de koolzuurproductie uitgevoerd - geleidelijk als proefvelden werden afgeschaft. Tegen die tijd was het probleem van de sanering der gronden met behulp van organische bemesting dus reeds opgelost, maar de conclusies waren gebaseerd op slechts dit ene tweetal proefvelden en op oude praktijkervaringen, hetgeen een enigszins magere basis is voor een zo belangrijke en verstrekkende conclusie. Toen er dan ook door de grote inundaties in de jaren 1944 - 1946 wederom vele door zout water bedorven gronden ter beschikking kwamen, werd het wenselijk geacht nogmaals soortgelijke proeven te nemen, daarbij meerdere grondsoorten in het onderzoek betrekkende en naast normale ook abnormaal hoge giften van organische stoffen toepassende.

Het onderzoek leverde wederom sprekende uitkomsten, die bevestigingen zijn van de resultaten der beide Kruininger

proefvelden uit de jaren 1941/42. Het is dan ook overbodig een gedetailleerde behandeling te geven van deze proefvelden. Slechts volledigheidshalve zullen de opzet der proeven en de voornaamste uitkomsten kort worden gereleveerd. Het onderzoek werd verdeeld over drie proefvelden, alle gelegen op Schouwen en Duiveland en aangelegd in het voorjaar van 1946, toen zich op Schouwen juist een zeer sprekend structuurverval manifesteerde. Het ene proefveld lag op zware grond bij Dreischor op een zeer sterk verslempt terrein met zodanig structuurverval, dat de grond vrijwel ondoorlatend was geworden en er na elke regen grote plaasen op de grond bleven staan. Het perceel was oud bouwland met matige ontwatering. Het kalkgehalte was er nog vrij hoog.

Het tweede proefveld, gelegen bij Gouwe Veer, vertegenwoordigde een middelzware grond, eveneens met veel koolzure kalk. Dit terrein - ook oud bouwland - was goed ontwaterd.

Het derde proefveld, tenslotte, was aangelegd op nog lichtere zavelgrond, die bovendien reeds vrij vergaand ontkalkt was, het was gelegen op zeer behoorlijk ontwaterd terrein nabij Ellemeet.

Enkele gegevens over de grondgesteldheid dezer proefvelden zijn bijeengebracht in onderstaande tabel XX.

Tabel XX. Enkele grootheden van de gronden der bemestingsproefvelden op Schouwen, 1946.

	Zware grond (Dreischor)	Middelzware grond (Gouwe Veer)	Lichte grond (Ellemeet)	
Lutumgehalte	45,3	25,8	21,1	Lutum content
Humusgehalte	3,2	2,1	1,8	Humus content
$CaCO_3$-gehalte	9,1	8,0	1,3	$CaCO_3$ content
Totaal N-gehalte	0,20	0,12	0,10	Total N content
Zoutgehalte	3,1	2,9	6,3	Salt content

	Heavy soil (Dreischor)	Moderately heavy soil (Gouwe Veer)	Light soil (Ellemeet)

Table XX. Some properties of the soils of the field trials on Schouwen, 1946.

De opzet der proefvelden was deze keer zeer eenvoudig gekozen, slechts de volgende 5 objecten werden aangelegd: ieder in 4 herhalingen:

1. Onbehandeld
2. 30 ton stalmest per ha.
3. 60 ton " " "
4. 15 ton kaf " "
5. 15 ton gips " "

De uitwerking dezer behandelingen op de grond werd wederom, evenals bij de proefvelden bij Kruiningen in 1941 - '42, gecontroleerd aan de hand van de koolzuurproductie te velde en in grondmonsters en van het totale aantal microben (plaattellingen), terwijl de structuurverbeterende werking uit de algemene toestand van de grond afgeleid werd na een beoordeling van de grond te velde.

De verregaande verslemping en het zeer harde grofkluitige opdrogen van de grond bij Dreischor maakte de behandeling van het proefveld en de monstername en koolzuurbepaling te velde zeer lastig en onnauwkeurig. De op dat proefveld verkregen cijfers zijn dan ook zeer variabel, zij doen denken aan de uitkomsten verkregen op het proefveld van Van Hootegem in de Kruiningerpolder in 1941-'42. Bij de aanleg van het proefveld bij Gouwe Veer werd helaas aanvankelijk een fout begaan, waardoor het gehele proefveld met gips behandeld werd. Toen dat was ontdekt, werd er een nieuw soortgelijk proefveld vlak naast het oude aangelegd, maar de aanleg en inzaai geschiedden hierdoor te laat in het seizoen, waardoor de grond reeds te veel uitgedroogd was en de vertering van de slechts zeer oppervlakkig ingewerkte kaf en stalmest niet op gang kon komen. Ook was de kieming der gerst, die op deze proefvelden als gewas gekozen was, zeer vertraagd en ongelijk-

matig. Hierdoor leverde ook dit proefveld geen betrouwbare uitkomsten op. Alleen het proefveld bij Ellemeet had met generlei tegenslagen te kampen, zodat daar een betrouwbaar onderzoek kon worden verricht. Als graven uit dit gehele onderzoek zijn de uitkomsten der koolzuurbepalingen te velde en der microbentellingen op het laatst genoemde proefveld weergegeven in de afbeeldingen 8 resp. 9, waarbij wederom de relatieve waarden ten opzichte van de onbehandelde percelen aangegeven zijn. Deze grafieken spreken voor zichzelf. Duidelijk is dus wederom te zien, dat de rijkelijke organische bemestingen een verhoging van het microbenleven hadden tot stand gebracht, en ook weer het kaf meer dan de stalmest. Toch bleef deze duidelijke werking ook in dit geval nagenoeg zonder invloed op de structuurverbetering van de grond: nóch de stalmest, nóch het kaf hadden daarop meer invloed dan een zeer dubieuze verhoging van het boniteringscijfer met één plaats, terwijl de 15 ton gips - zonder enige verhoging van het microbenleven - een structuurverbetering tot het hoogste bedrag van 10 tot gevolg hadden.

Deze organische bemestingsproefvelden in 1946 bevestigden dus volledig de uitkomsten der overeenkomstige proefvelden nabij Kruiningen in de jaren 1941 - 1943. Nu kon dus met meer zekerheid de eindconclusie getrokken worden, dat zelfs exceptioneel hoge giften van stalmest en stro, die boven de mogelijkheden der praktijk uitgaan, op geen der onderzochte gronden in staat bleken te zijn het structuurherstel merkbaar te bevorderen, niettegenstaande zij het microbenleven en de koolzuurproductie stimuleerden. Men kan dus veilig aannemen, dat organische bemesting niet het aangewezen middel is om een snel herstel van de structuur van door zeewater-overstroming bedorven gronden tot stand te brengen. Slechts een snelle en sterke verhoging van Ca-ionen-concentratie in het bodemvocht vermag dat te doen. Het is dan ook zeer verheugend, dat zowel gips, als ook andere oplosbare Ca-zouten en op kalkhoudende gronden ook bloem van zwavel in staat bleken te zijn de vereiste Ca-ionen-concentratie-verhoging te geven, zodat men door aanwending dezer middelen in staat is te allen tijde het verval der structuur

te voorkomen of op te heffen, tot zelfs een structuurpeil, dat soms boven het oorspronkelijke van voor de overstroming uitgaat (32). Het enige nadeel van dit middel zijn de relatief hoge kosten. Ware het mogelijk geweest met behulp van een redelijke organische bemesting, hetzelfde te bereiken, dan hadden de kosten veel lager kunnen worden gehouden.

Vóórdat van het onderwerp van het structuurherstel afgestapt kan worden, moet nog met een enkel woord worden gewezen op de werking van bloem van zwavel, ook al werd dit onderwerp van microbiologisch standpunt slechts zeer oppervlakkig en empirisch onderzocht. Door Domingo (32) werd de structuurverbeterende werking van bloem van zwavel naast die van andere middelen uitvoerig besproken, maar ook in de tabellen XVIII en XIX in deze publicatie is de werking van bloem van zwavel vermeld en vergeleken met die van andere middelen. Bij het beoordelen van de uitkomsten dezer onderzoekingen valt het terstond op, dat zwavel naast gips de enige doeltreffende behandeling was. Bij een voldoende hoge gift was het mogelijk ook met zwavel een volledig herstel der structuur te bereiken, althans op de goed geaëreerde en kalkhoudende grond van het proefveld in Nieuw-Olzenderpolder. Toch bleek deze werking wel enigszins bij die van een equivalente hoeveelheid gips ten achter te staan en ook trager te werken. De drie in tabel XIX vermelde hoeveelheden zwavel van 1000, 2000 en 4000 kg/ha komen, de zuiverheden van de op dat proefveld aangewende gips en zwavel in aanmerking nemende, n.l. overeen met ca. 6.500, 13.000 en 26.000 kg gips/ha, dus met enigszins hogere giften, dan als gips werden gegeven. Toch bleef de werking van de zwavel merkbaar ten achter bij die van het gips en slechts de hoogste gift vermocht tegen het einde van 1942 een nagenoeg volledig herstel van de structuur tot stand te brengen. Aanvankelijk (in de zomer van 1941) was de werking van de zwavel echter nog veel geringer, dan die van het gips.

In beginsel is een tragere werking van de op zichzelf volkomen onwerkzame zwavel, alleszins begrijpelijk, maar toch was het enigszins verrassend, dat de bacteriele oxydatie van de fijn verdeelde zwavel zoveel tijd vergde en ook dat deze

zelfs na twee jaren niet equivalent bleek te zijn aan een gipsbemesting. In de meeste gronden is het aantal zwaveloxyderende bacteriën immers zo hoog, dat een op zichzelf zo geringe hoeveelheid zwavel, als hier aangewend, verwacht kon worden binnen zeer korte tijd geoxydeerd en tot gips omgevormd te zijn, temeer daar de bloem van zwavel rul en droog was en een zeer regelmatige verdeling in de grond toeliet. Deze traagheid van de werking van zwavel was aanleiding om een bepaling van het aantal zwaveloxyderende bacteriën in de grond van een der structuur-herstel-proefvelden op Schouwen in 1946 - '47 te verrichten. Twee methoden werden toegepast: een plaattelling op een zeer selectieve agar-voedingsbodem met als enige energiebron natriumthiosulphaat en een telling met behulp van de verdunningsmethode in een met $CaCO_3$ gebufferde vloeibare voedingsbodem van dezelfde samenstelling. De plaattelling leverde geen duidelijke en betrouwbare uitkomsten op, daar de agar in de voedingsbodem vele niet specifiek zwaveloxyderende microben tot een zichtbare ontwikkeling en tot vorming van kleine, maar wel degelijk zichtbare, koloniën deed komen. De verdunningstelling echter toonde een zeer goed resultaat, waarbij het aantal bij neutrale reactie werkzame zwaveloxyderende bacteriën inderdaad normaal, en wel vrij hoog bleek te zijn. Het bleek n.l. ± 850.000 per gram verse grond te bedragen. Opmerkelijk was het verder, dat een behandeling van de grond met zwavel, zelfs bij de hoogste gift van 4.000 kg/ha geen duidelijk waarneembare toename van dit aantal veroorzaakte. Tot drie keer toe, tijdens het eerste jaar na de toediening der zwavelbemesting, werd dit onderzoek herhaald, doch steeds met ongeveer hetzelfde resultaat. Het moet dus worden aangenomen, dat inderdaad de toepassing met zwavelbloem geen merkbare toename van het aantal zwaveloxyderende microben veroorzaakte, maar dat hun aantal in de onderhavige gronden steeds vrij hoog was. Er schuilt een zekere controverse in deze uitkomsten, waarvoor nog geen verklaring gevonden is, de meest waarschijnlijke veronderstelling is echter, dat de aantastbaarheid van zwavelbloem toch zoveel geringer is, dan die van het oplosbare thiosulfaat en van de nog oxydabele zwavelhoudende producten van de

mineralisatie van eiwitten in de grond, dat de **aanwending** van zwavelbloem geen noemenswaardige stimulans is voor de zwavel-oxyderende organismen, die steeds voldoende S-houdende afbraak-producten van de organische stof toegevoegd krijgen om zich in een groot aantal in de grond te handhaven. De geringe aan-tastbaarheid van de elementaire zwavel, die, hoe fijn ook, verdeeld, steeds toch in relatief grove deeltjes in de grond gebracht werd, moet ook de reden zijn van de trage werking van zwavel en ook van de geringere einduitslag. Daar de oplos-bare Ca-verbindingen hierbij slechts geleidelijk ontstonden e en in dezelfde tijd ook telkens werden uitgespoeld, bereikte de Ca-ionen-concentratie hierbij vermoedelijk nooit dezelfde hoogte, die zij gedurende korte tijd bij de aanwending van gips of een ander oplosbaar Ca-zout kan bereiken. De uitwisseling tegen het geadsorbeerde Na^+ kwam dan op een lager Ca-niveau in het adsorbtiecomplex tot stilstand.

De bovenstaande redenering maakt geen aanspraak op juistheid, daar zij niet gefundeerd is op enigerlei exacte metingen nóch van de aantastbaarheid van de zwavel, nóch van de ionen-uitwisseling bij aanwending van zwavel in plaats van gips; zij dient slechts als een hypothetische verklaring der gevonden en enigszins onverwachte feiten. Van empirisch practisch standpunt bekeken, is de bloem van zwavel echter wel degelijk een bruikbaar middel voor structuurherstel gebleken te zijn, hoewel duidelijk inferieur vergeleken bij oplos-bare Ca-zouten of de overeenkomstige zuren. Bovendien bleek bloem van zwavel ook veel duurder te zijn, hoewel zeer gemak-kelijk in aanwending, dank zij zijn gering gewicht en goede strooibaarheid.

Hoofdstuk IV

Het gehalte aan sulfiden in de gronden na de overstroming.

De behandeling van dit onderwerp zal uitsluitend de praktische zijde ervan belichten, doch niet diep ingaan op de theoretische ondergrond der verschijnselen, waarvoor verwezen kan worden o.a. naar de publicaties in Plant and Soil (~~34~~,~~35~~). 42, 43

1. Inleiding.

De uitvoering der Zuiderzeewerken en meer speciaal de drooglegging van de Proefpolder en van de Wieringermeer hadden er toe bijgedragen de rol van de in de meeste marine afzettingen opgehoopte sulfiden te doen begrijpen. In die jaren rijpte het inzicht, dat het juist de sulfiden, en meer in het bijzonder het zwavelijzer en het pyriet, zijn, die in alle jonge zeeafzettingen, van kwelders tot zeebodemgronden, ervoor zorgen, dat een goede structuur van de grond behouden blijft na het inpolderen en ontzilten dezer gronden. Het verschil tussen enerzijds overstroomde, doch spoedig daarna weer herwonnen, gronden en anderzijds voor het eerst ingepolderde jonge afzettingen, waarvan de eerste steeds een periode van structuurverval doormaken, terwijl de andere van meet af aan een goede kruimelstructuur behouden, is dan ook gebleken in het ontbreken van sulfiden in de oude gronden en het aanwezig zijn van deze verbindingen in jonge gronden te schuilen.

Met dit algemeen aanvaarde inzicht voor ogen, werd in de inundatiegebieden van de laatste oorlog een zeer ernstig verval van de structuur verwacht, hetgeen ook volkomen bewaarheid is geworden, zowel bij de locale inundaties bij Kruiningen in 1939-'40 als ook later bij de uitgebreide inundaties in 1944-45. Overal had men immers met reeds sedert vele jaren ontzilte en behoorlijk ontwaterde cultuurgronden te maken, die dus geen of nagenoeg geen sulfiden bevatten en die nu gedurende vele maanden met zeewater werden doortrokken (32). In het grootste deel van de geinundeerde gebieden voltrok zich het structuurverval en het herstel der structuur dus min of meer volgens de verwachtingen en er deden zich geen fundamen-

tele afwijkingen voor.

Geheel anders was de toestand echter op Walcheren, waar door het vernielen der dijken het land niet alleen door zeewater overstroomd was, maar tevens aan het getij blootstond.

Door het in- en uitstromen van het getijwater door de gaten in de zeedijken, waarbij plaatselijk zeer hoge stroomsnelheden werden bereikt, werd de bodem op sommige plekken sterk geërodeerd, terwijl elders slik of zand afgezet werd. Een stelsel van vertakte kreken begon zich op het eiland te vormen naast afzetting van aangroeiende zandbanken of slikvelden op luwe plekken (16).

Een deel van de jonge afzettingen op Walcheren bestond uit in de nabijheid door erosie opgewoelde gronddeeltjes. Het was dus z.g. "verspoelde grond", die door dit proces van erosie en hernieuwde sedimentatie wel degelijk ingrijpend veranderd was, maar die toch in wezen geen nieuwe bestanddelen bevatte.

Daarnaast werd echter door het binnenkomende vloedwater ook veel echt "jong zeeslib" en "zeezand" aangevoerd. Deze sedimenten weken radicaal af van de verspoelde oude gronden van Walcheren. In wezen hadden de jonge slikken en zanden de geaardheid en de chemische samenstelling van jonge zeeafzettingen zoals men deze overal langs onze ondiepe kustwateren en riviermonden buitendijks, op plaatsen met een snelle sedimentatie, aantreft. Zowel de verspoelde gronden als de jonge afzettingen waren nagenoeg structuurloos en vertoonden hoogstens een min of meer uitgesproken gelaagdheid, terwijl de niet verspoelde oude gronden zelfs na maandenlange inundatie hun oude structuur grotendeels behielden. (Zie hierover nader Hoofdstuk I, waar de aeratiegraad van de jonge slikken en verspoelde gronden vergeleken wordt met die der oude gronden). Maar overigens sloten de verspoelde gronden zich veel meer aan bij de oorspronkelijke gronden, waarvan zij afkomstig waren, dan bij de jonge zee-afzettingen. Een der meest kenmerkende eigenschappen van de laatstgenoemde was hun koolzure-kalk-rijkdom, terwijl de oude gronden op Walcheren vaak sterk ontkalkt zijn.

Daardoor alleen al waren deze jonge afzettingen minder gepraedisponeerd tot structuurverval na het ontzilten, dan de wel of niet verspoelde oude gronden. Van veel meer belang dan hun kalkrijkdom, bleek echter het hoge gehalte der jonge zeeafzettingen aan sulfiden te zijn.

Het was immers bekend, dat nog niet geaereerde zeeafzettingen in hun oorspronkelijke toestand vaak zeer rijk aan sulfiden van ijzer zijn, waardoor zulke jonge sedimenten bij het in cultuur brengen geen periode van structuurverval doormaken. Het lag dus voor de hand te onderzoeken of de jonge afzettingen op Walcheren ook hoge sulfide-gehalten zouden hebben, die dezelfde structuur-conserverende werking zouden vertonen.

2. De vorming van sulfiden in marine afzettingen.

Bij het verder bespreken van dit onderzoek moet onderscheid worden gemaakt tussen monosulfiden en polysulfiden, die zeer verschillende ontstaanswijzen vertonen, maar beide bij oxydatie sulfaat-ionen opleveren en dus Ca in oplossing brengen. De monosulfiden van ijzer, die de karakteristieke zwarte verkleuring van het slik veroorzaken ontstaan zeer gemakkelijk en zeer snel in alle anaerobe gronden, bij aanwezigheid van voldoende gemakkelijk ontledende organische stof. Zelfs buiten het gebied van zout of brak water treft men in met water verzadigde gronden zeer vaak de vorming van ijzer-monosulfide - FeS - aan, vooral in pas verspoelde of omgewoelde gronden. Hier moet de vorming van het onoplosbare FeS toegeschreven worden aan de rotting van organische stof, waarbij uit de eiwitten H_2S ontstaat, dat zich met de steeds in voldoende hoeveelheid aanwezige oplosbare ijzer-verbindingen tot het onoplosbare FeS verbindt. In gronden, die doortrokken zijn met zout of brak water met een hoog gehalte aan sulfaat (gips) ontstaat nog veel meer H_2S bij de ontleding van de organische stof, welke laatste nu niet alleen door rotting doch ook oxydatief door de zuurstof der sulfaten aangetast wordt. De sulfaten worden daarbij echter tot sulfiden gereduceerd en leveren veel H_2S op, dat weer als FeS kan neerslaan. Schematisch kan dit proces bijvoorbeeld in de volgende formules worden weergegeven:

$2\ CH_2O + CaSO_4 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2 + H_2S$ en verder
$H_2S + FeCO_3 \longrightarrow FeS + H_2O + CO_2$.
Bij een blijvende aanvoer van sulfaten door diffusie van uit het de afzetting overspoelde zeewater kan dit proces steeds verder doorgaan, waardoor het gehalte van de grond aan FeS meer en meer kan toenemen, althans zolang er oxydabele organische verbindingen aanwezig zijn.

Toch bereikt dit gehalte nooit zeer hoge waarden en hoopt de sulfidise zwavel zich in zulke gunstige omstandigheden niet als FeS doch als polysulfide op, vooral als het ijzerbisulfide pyriet (FeS_2). Hoe men zich de vorming van pyriet moet voorstellen, is nog niet in alle opzichten bekend. Gaat men nl. uit van FeS en (of) H_2S, dan betekent de pyrietvorming een oxydatie-proces schematisch ongeveer voor de te stellen door een der onderstaande wijzen:
$8\ H_2S + 4\ Fe(OH)_3 + O_2 \longrightarrow 4\ FeS_2 + 14\ H_2O$ of
$4\ H_2S + 2\ FeCO_3 + O_2 \longrightarrow 2\ FeS_2 + 4\ H_2O + 2\ CO_2$ of
$2\ FeS + 2\ H_2S + O_2 \longrightarrow 2\ FeS_2 + 2\ H_2O$

Daar de voor deze oxydatie vereiste zuurstof niet de vrije atmosferische behoeft te zijn, doch ook afkomstig kan zijn van sulfaten, nitraten en carbonaten, kan deze vormingswijze ook in volstrekt anaerobe diepe lagen verlopen. Zo moet men zich vermoedelijk de geleidelijke ophoping van pyriet in de diepe lagen en de vorming van de z.g. "blauwe klei" voorstellen, waarbij nagenoeg alle FeS geleidelijk in pyriet of in andere polysulfiden overgaat. De vorming van pyriet uit FeS kan bij aanwezigheid van elementaire zwavel ook verlopen als een rechtstreekse binding van FeS aan S. Doch ook nu is er sprake van een oxydatief proces, waar toch de elementaire zwavel uit organische zwavelhoudende verbindingen of uit sulfiden alleen ontstaat als tussenprodukt bij een oxydatie. Trouwens de overgang van het tweewaardige tot het driewaardige ijzer is op zich zelf reeds een valentie-verhogend oxydatieproces.

De boven aangegeven ontstaanswijze van pyriet, dus als tweede fase van de accumulatie van ijzer-sulfiden in anaerobe

grondlagen, die een voorafgaande vorming van FeS en H_2S veronderstellen, was tot voor kort de enige, die men kende. Bij het onderzoek van het sulfide-gehalte in de jonge afzettingen op Walcheren kon men dus aanvankelijk niet veel pyriet in deze zeer jonge gronden verwachten, waar toch de vorming van pyriet bekend stond als een traag verlopend proces. Op de lange duur kan het gehalte aan pyriet op deze wijze weliswaar zeer hoog worden; door Zuur (37) in de Wieringermeer, door van Bemmelen (3,38) in de IJpolders en door van der Spek (39,40) nabij Groningen werden diepere grondlagen aangetroffen met 4 à 5 % zwavel in de vorm van pyriet berekend op de droge grond. Maar in jonge, pas afgezette slikken, werd nog geen pyriet verwacht, wel echter reeds een zeker gehalte aan FeS. Deze slikken vertonen immers soms al op enkele milimeters onder het oppervlak de zwarte kleur van het FeS en verspreiden zij de H_2S-reuk. Op dit FeS-gehalte was dan ook de hoop gebaseerd, dat de jonge slikken op Walcheren na het weer droogleggen geen gipsbehandeling zouden vereisen voor de vorming van een goede structuur. Bij het eerste orienterende onderzoek op monosulfiden in 1945 vond men inderdaad in alle niet te zandige jonge afzettingen een zeker gehalte aan monosulfidise zwavel, in de regel varierend tussen 0.1 en 0.2% op droge stof. Dit gehalte was zeer zeker hoog genoeg om een structuurverval in de jonge afzettingen zelf te voorkomen, maar op zichzelf was dit gehalte enigszins teleurstellend, zodat men van een dunne sliblaag niet altijd voldoende structuursanerende invloed op de daaronder liggende oude grond kon verwachten.

Gedurende de oorlogsjaren, dus onmiddellijk voorafgaande aan het herstel van de geinundeerde gronden, werd door de Afdeling Onderzoek van de Wieringermeerdirectie een theoretisch onderzoek verricht naar de zwavelhuishouding in marine sedimenten voor en na het in cultuur brengen ervan.
De methodiek van de analytische bepaling van de verschillende vormen van zwavel in de grond werd toen in samenwerking met het laboratorium van de Bataafse Petroleum Mij. gewijzigd.
De resultaten hiervan zijn neergelegd in een publikatie van

Dr. J. Smittenberg, et al (41), waarin een zeer snelle en eenvoudige maar toch betrouwbare analyse aangegeven wordt, die de mogelijkheid opent om in hetzelfde monster naast elkaar te bepalen het gehalte aan 1 in water oplosbare sulfaten, 2 monosulfiden (oplosbaar in zoutzuur), 3 polysulfiden 4, elementaire zwavel en 5 zeer stabiele in water onoplosbare sulfaten. Deze nieuwe methodiek - het kernpunt waarvan het neerslaan der diverse zwavel-fracties als het onoplosbare strontium-sulfide, gevolgd door een jodometrische titratie is - maakte het pas mogelijk om op enigszins grote schaal zwavel-analyses in grondmonsters te verrichten. Het spreekt dus vanzelf, dat daarna naast de eenvoudige monosulfide-bepaling in enkele jonge slikken van Walcheren tevens een meer volledige analyse volgens deze methodiek verricht werd. Het verrassende verschijnsel deed zich voor, dat in al deze monsters naast het bovengenoemde vrij lage gehalte aan monosulfiden ook nog zoutzuurbestendige polysulfiden gevonden werden en vaak in een hoeveelheid, die de monosulfiden overtrof. Het is hier niet de plaats om nader in te gaan op de wijze van ontstaan van de in deze jonge afzettingen gevonden pyriet, daarvoor moet worden verwezen naar de publicaties van Quispel et al (42) en van Harmsen et al (43), het is echter niet onmogelijk dat men hier te maken heeft met een proces waarbij rechtstreeks polysulfiden gevormd worden en dat onder semi-anaerobe omstandigheden verloopt en zich reeds tijdens de sedimentatie van het zwevende slib in het zeewater afspeelt. In deze richting wijzen althans de ook in het zwevende slib aangetoonde ongeveer even hoge gehalten aan pyriet (polysulfiden). Zowel bij het strand van Westkapelle, als ook in de Waddenzee, bleek het zwevende of het zojuist bezonken slib n.l. op droge stof 0.3 tot 0.8% polysulfidische zwavel te bevatten. Hoewel deze rechtstreekse vorming van pyriet in het gesuspendeerde slib nog onvoldoende is onderzocht om als een vaststand feit te worden aanvaard kan het blote feit van de aanwezigheid van zeer resistente, zoutzuurbestendige, polysulfiden van ijzer in het slib op het moment der sedimentatie als vaststaand worden beschouwd, daarbij voorlopig

nog in het midden latende of het slib een nieuwvorming is of afkomstig is van in de zeegaten opgewoelde oude pyriet-rijke sedimenten.

Schematisch voorgesteld kan men dus vermoedelijk twee momenten onderscheiden, waarop pyriet ontstaan kan: ten eerste bij de sedimentatie van zee- en brak-water-afzettingen, en wel zeer snel, echter nooit in zeer grote hoeveelheden en ten tweede langzaam maar op de duur soms oplopend tot zeer hoge waarden in de loop van de latere rijping van deze sedimenten, indien de omstandigheden daarvoor gunstig zijn, d.w.z. indien er een blijvende aanvoer is van sulfaten door het zeewater en van organische stof door een welige begroeiing van deze lagen met planten. In de jonge sibafzettingen op Walcheren in 1945 - '46 had men uit de aard der zaak alleen te maken met de eerstgenoemde ontstaanswijze.

Om de orde van grootte van pyriet- en ijzermonosulfidegehalten in verschillende marine sedimenten aan te geven, zijn enkele voorbeelden van belangrijke typen van afzettingen in onderstaande tabel bijeengebracht, ontleend aan verschillende rapporten en publicaties.

abel XXI. Sulfidegehalten in jonge en oude ongeaëreerde marine afzettingen (in % op droge grond berekend, uitgedrukt als zwavel).

	Lutum	Humus	Monosulfiden	Polysulfiden	
b op moment van bezinken :st-Kapelle 1)	25,3	-	0,01	0,79	Silt during sedimentation, West-Kapelle
b op moment van bezinken lgzand 1)	14,6	3,9	0,03	0,33	Silt during sedimentation, Balgzand
b op moment van bezinken ı Zuiden van Schiermonnik- g	16,4	-	0,04	0,35	Silt during sedimentation, South of Schiermonnikoog
ıg wadslik, ten Zuiden ı Schiermonnikoog	10,2	2,0	0,16	0,37	Recently precipitated silt, South of Schiermonnikoog
ıg wadslik, Dollard	22,2	5,9	0,13	0,30	Recently precipitated silt, Dollard
ıg wadslik, bij Kats Beveland)	33,8	4,7	-	0,48	Recently precipitated silt, near Kats (N-Beveland)
pe kwelder, Dollard	42,3	6,9	-	0,25	Salting, Dollard
dem IJsselmeer voor luwe-kust	28,1	2,4	0,07	0,27	Bottom of IJsselmeer off the East coast
lauwe klei", Wieringer- er, kavel C 6	40,6	2,7	-	0,16	"Blue clay", Wieringermeer, lot C 6
lauwe klei", Wieringer- er, kavel C 6	41,4	3,5	-	0,71	"Blue clay", Wieringermeer, lot C 6
lauwe klei", Wieringer- er, kavel H 56	35,4	5,9	-	2,45	"Blue clay", Wieringermeer, lot H 56
eenbandje", Wieringer- er, kavel H 56	-	24,1	-	3,65	Thin layer of peat, Wieringermeer, lot H 56
ıg slik op Walcheren, ıdig	9,9	1,8	0,08	0,17	Young silt on Walcheren, sandy
ıg slik op Walcheren, aar	31,8	5,6	0,18	0,56	Young silt on Walcheren, heavy
	Lutum	Humus	Monosulfides	Polysulfides	

'able XXI. Sulfide contents in young and old not yet aerated marine sediments (% on dry matter, expressed as sulphur).

1) Deze monsters kan men niet als ongeaëreerd beschouwen, met " ongeaëreerd " wordt in deze tabel dan ook alleen bedoeld, dat de sedimenten nog niet in cultuur geweest zijn.

Of de bovenstaande theorie van het ontstaan van pyriet in het zwevende slib juist is of niet, men moet ermede rekening houden, dat de jonge zeeafzettingen in onze aestuariën en in de Waddenzee, en dus ook op Walcheren tijdens de inundatie, van de beginne af aan vrij veel pyriet bevatten. Dit pyriet gevoegd bij het tevens aanwezige FeS maakten nu, dat deze jonge afzettingen als sulfiden-rijke lagen beschouwd mochten worden, die zeer zeker van grote betekenis zouden zijn voor de structuur van de gronden na de herindijking.

3. Het regionale onderzoek op Walcheren, in de jaren 1945-'46.

Nadat in de winter 1945-1946 de bovenstaande analyses verricht waren, en het gebleken was, dat de op vele terreinen in Walcheren afgezette jonge slikken vrij veel sulfiden bevatten, werd getracht nog voor het weer droogvallen van het eiland,het vermoeden, dat dit sulfidengehalte na de ontzilting structuurbeschermend zou werken, proefondervindelijk te toetsen. Daarvoor werden grote cultuur-potten - z.g. Mitscherlichpotten - met diverse grondmonsters van Walcheren (genomen tijdens laag water)gevuld en daarna aan een versnelde ontzilting onderworpen door percolatie met zoet water. Bij deze proeven werden de volgende vullingen der potten toegepast: 1. Alleen met de oude cultuurgrond van Walcheren, dus met de door zeewater doortrokken oude bouwvoor; 2. Met dezelfde oude grond, doch nu afgedekt door een laag jong sulfidenrijk slik; de dikte van deze afdekkende laag werd gevarieerd van 0.5 tot 5.0 cm,steeds op ± 18 cm oude grond uitgespreid; 3. Met "verspoelde" oude grond en 4. Alleen met het jonge slik. Het voor deze proef gebruikte slik bevatte ca. 0.4% sulfidische zwavel, terwijl de oude grond slechts 0.02% bevatte.

Het resultaat van deze proef was buitengewoon sprekend en overtrof haast de verwachtingen: het jonge slik en ook alle gevallen, waarbij oude grond met jong slik afgedekt was, lieten zich zeer gemakkelijk uitlogen en vormden daarbij een mooie kruimelige grond met een structuur, die niets te wensen overliet. In de alleen met wel en niet verspoelde oude grond gevulde potten echter liep het ontzilten langzamerhand vast door een verslemping van de grond. Deze werd volkomen

ondoorlatend; het er op gegoten water bleef dagenlang wittroebel staan; bij het indrogen liet de grond van de wanden van de pot los en vormde één keiharde zuil of slechts enkele grote harde brokken, die bij het bevochtigen weer een taaie ondoorlatende massa vormden.

Hiermede was dus weer proefondervindelijk de structuurbeschermende werking van sulfiden aangetoond, zodat men nu geredelijk kon aannemen, dat door jonge zee-slikken afgedekte terreinen op Walcheren inderdaad geen structuur-verval zouden vertonen na de ontzilting. Maar wat deze proef ook had aangetoond en, wat haast nog belangrijker was, is de gunstige werking van zelfs dunne laagjes jong slik op de daaronder liggende oude sulfidenloze grond. Zelfs het dunste toegepaste laagje van ca 0.5 cm had de gehele dikte van 18 cm oude grond daaronder voor structuurverval behoed en een laag van ca. 1 cm gaf reeds een optimale structuur, die niet merkbaar verbeterd kon worden door het aanbrengen van dikkere sliklagen. Deze uitkomst laat zich trouwens ook aannemelijk maken door een eenvoudige becijfering: calciumsulfaat is tot 2 gr/L oplosbaar in water, zodat een gehalte aan sulfiden dat per liter bodemvocht minstens 2 gr $CaSO_4$ oplevert, reeds voldoende kan zijn voor het vormen van een verzadigde gipsoplossing. Hiervoor is echter reeds een sulfidengehalte voldoende, dat overeenkomt met $\frac{32}{136}$ van 2 gr dus met ca. 0.04 g/L bodemvocht. In jonge slikken 50% vochtgehalte als gemiddelde aannemende, moet het slik dus ca. 0.4% sulfidische zwavel op de droge stof bevatten, om zelf gevrijwaard te worden voor structuurverval na de ontzilting. En aangezien niet te zandige slikken gemiddeld ± 0.4% sulfidische zwavel bevatten, kan men verwachten, dat nagenoeg het tienvoudige van hun eigen laagdikte van de nodige Ca-ionen zou worden voorzien, en dus zelfs meer dan dat in de onder het slik liggende oude grond, die een veel lager vochtgehalte heeft. Deze globale berekening is opgesteld op twee veronderstellingen, nl.ten eerste, dat een nagenoeg verzadigde gipsoplossing noodzakelijk zou zijn voor het uitwisselen van voldoende Na-ionen door Ca-ionen om een goede

structuur te verzekeren, en in de tweede plaats, dat deze uitwisseling zeer snel verloopt, zodat de hoge Ca-ionen concentratie in het bodemvocht slechts korte tijd gehandhaafd behoeft te worden. Geen van deze twee aannamen is echter aangetoond en de gecompliceerdheid van de omstandigheden in de grond maakt het ook onmogelijk langs de weg van laboratoriumexperimenten of beredenering deze beide punten te benaderen. Zeer waarschijnlijk echter is reeds een veel lagere Ca-ionenconcentratie dan die van een verzadigde gipsoplossing voldoende voor een overgang van de Na-klei, in Ca-klei, waardoor de bovenstaande berekening nog gunstiger zou worden. Daarentegen is het eveneens zeer waarschijnlijk te achten, dat de uitwisseling niet ogenblikkelijk tot stand komt, en ook de oxydatie van de sulfiden tot sulfaten verloopt stellig niet snel. Daarom kan gevoeglijk worden aangenomen, dat de Na-klei van door zeewater doortrokken oude grondden vrij lange tijd aan de inwerking van relatief lage Ca-ionen-concentraties onderworpen zijn en dat daarbij een voldoende uitwisseling van Na-ionen door Ca-ionen plaats heeft. Hoe dan ook, de bovenstaande potproeven hebben aangetoond, dat voor een laagdikte van 18 cm zware oude grond een deklaag van ca. 1 cm reeds voldoende is voor het behoud van een goede structuur, welke uitkomsten vrij aannemelijk te verklaren zijn met de zojuist gegeven redenering. Ook moet men niet uit het oog verliezen, dat 1 cm jong slik met 0.4% sulfidische zwavel overeenkomt met ca. 10.000 kg gips/ha en deze hoeveelheid was reeds in veldproeven gebleken afdoende te zijn voor een volledig structuurherstel zelfs op de zwaarste gronden (32).

De ontdekking van vrij hoge sulfide-gehalten in de jonge slikken op Walcheren en het gunstige verloop van de potproeven was zodanig bemoedigend, dat in het voorjaar van 1946 besloten werd een uitgebreid onderzoek van geheel Walcheren in te stellen, in de hoop zodoende op een groot deel van het geïnundeerde oppervlak de kostbare gips-bemesting te kunnen uitschakelen. Dit onderzoek bestond uit twee delen: uit een kartering van de door slik bedekte terreinen met tevens de bepaling van de dikte der sliklaag en uit de analytische beoordeling van het aanwezige

slik. Dit laatste was noodzakelijk, daar reeds bij het voorlopige onderzoek in de voorafgaande winter was gebleken, dat het sulfidengehalte van de slikken enerzijds gebonden was aan het lutumgehalte van de sedimenten, daarnaast echter ook onafhankelijk van de zwaarte sterk kon schommelen.

De kaartering te velde werd uitgevoerd door speciaal daarvoor opgeleide personen van de Voorlichtingsdienst onder toezicht van de Dienst Landbouwherstel, terwijl het nemen van de monsters door het laboratorium-personeel van de Wieringermeer-Directie in nauwe samenwerking met de kaarteerders verricht werd. Het onderzoek van de monsters geschiedde op het laboratorium van de Wieringermeerdirectie te Kampen.

Hoewel dit werkplan, in het licht der voorlopige onderzoekingen volkomen logisch bleek te zijn, ontmoette de veldkaartering terstond enkele grote moeilijkheden. Al ras bleek het n.l. in vele gevallen haast ondoenlijk te zijn zeer dunne sliklagen waar te nemen, vooral als men te doen had met gronden met een ruw oppervlak, zoals vlak voor de inundatie geploegde terreinen, terreinen waar nog lange stoppels of ongerooide bieten op stonden of graslanden. Soms kon men nog met veel moeite aan de kleur, aan het sterke opbruisen met zoutzuur of aan de fijnheid het dunne laagje slik op de oude grond onderkennen, maar heel vaak bleef men in twijfel. In ieder geval bleek het noodzakelijk zeer veel tijd te besteden aan het minutieuze opzoeken van dunne sliklaagjes, wilde men daarbij betrouwbaar te werk gaan. Reeds spoedig kwam men dan ook tot de conclusie, dat zulk een nauwkeurige kaartering te kostbaar zou worden. Men besloot dan ook de terreinen met zeer dunne sliklagen op te offeren en een terrein pas dan als met slik bedekt aan te geven, als er 4 cm of meer slik op afgezet was. Bewust maakte men dus geen gebruik van terreinen met zeer dunne sliklagen, al was het in de potproeven ook gebleken, dat reeds 1 cm slik voldoende was. Toch werd in procenten van het gehele oppervlak van Walcheren hiermede geen al te groot deel opgeofferd, aangezien de slikvelden merendeels vrij scherp begrensd waren. Door het onvermogen zeer dunne sliklagen waar te nemen, is het ook niet mogelijk een

raming te geven van het totale oppervlak, dat nu bewust niet meegekarteerd werd, maar globale schattingen maken het aannemelijk, dat in geval van een ideale kartering het met slik bedekte areaal slechts met ca. 15% verhoogd zou zijn geworden.

Een tweede bij de kaartering ondervonden moeilijkheid was de uitgesproken geaccidenteerdheid van het land op Walcheren, waardoor de sliklaag in de regel zeer ongelijkmatig van dikte was, en het bedekte terrein een zeer grillig verloop vertoonde. Vaak was de afwisseling van niet en wel met slik bedekt terrein zelfs op kleine perceeltjes zo bont, dat op zulke percelen met gemiddelden gewerkt moest worden. Indien aanzienlijke delen van een perceel slikloos waren, moest toch tot toediening van gips aan het gehele perceel worden overgegaan, wilde men niet deze kaartering te duur en te tijdrovend doen zijn.

Het derde obstakel, waarop de kaartering stootte was tenslotte de soms zeer grote gelijkenis tussen afzettingen van echt jong slik en van verspoelde oude grond, welke laatste echter nagenoeg "sulfidenloos" was en daarom geen gunstige invloed op de structuur had. In sommige gevallen waren de kleur, de korrelgrootte en het gehele voorkomen zodanig verschillend, dat geen twijfel mogelijk was, maar in andere gevallen lieten al deze kenmerken de kaarteerders in de steek en ook de kalkrijkdom kon soms in verspoelde gronden zo hoog zijn, dat zij even sterk met zoutzuur opbruisten als jonge slikken. Bovendien kwamen zeer vaak gemengde afzettingen voor met, van het ene einde van de slik-bank naar het andere, wisselende verhouding van verspoelde grond en jong slik. Het is dan ook te begrijpen, dat in al zulks gevallen de kaarteerders liever het zekere voor het onzekere namen en alleen die gevallen als jong slik aanduidden, waar zij zeker van waren. Soms werden belangrijke twijfelgevallen eerst provisorisch aangegeven in afwachting van de analyseresultaten.

Zodra de kaartering zo ver was, voortgeschreden, dat monsters genomen konden worden, begon men deze te analyseren

volgens de methode Smittenberg (41), daarnaast echter ook het gehalte aan koolzure kalk, humus en lutum bepalende om daardoor een inzicht te krijgen in eventuele correlaties tussen het sulfidegehalte en een van die eigenschappen. Hoewel de methode van Smittenberg een veel snellere analyse mogelijk maakt, dan de voorheen gebruikelijke gravimetrische werkwijze kon, mede door de beperkte personeelsbezetting van het laboratorium, het aantal te onderzoeken monsters niet groot zijn. Van een werkelijke regionale controle der kaartering door de analyse moest dan ook worden afgezien, wilde men op tijd gereed zijn voor het aanwenden van gips. De laboratoriumanalyses moesten dus afgestemd worden op het onderzoeken van monsters representatief voor bepaalde typen van slik-afzettingen. Hierdoor kon het aantal te onderzoeken monsters worden teruggebracht tot ca. 150, die allen binnen enkele maanden konden worden verwerkt, zodat reeds in voorjaar en zomer van 1946 de adviezen over de aan te wenden gips-bemesting uitgebracht konden worden (Zie de betreffende rapporten uitgebracht door het laboratorium der Wieringermeerdirectie) aan de Dienst Landbouwherstel.

In onderstaande tabel XXII zijn de uitkomsten van de analyses van de meest representatieve monsters van de nog volkomen ongeaereerde slikvelden weergegeven, gerangschikt volgens opklimmend gehalte aan totale sulfidische zwavel. Alle grootheden zijn weergegeven als gew.- % op droge stof, de sulfiden en sulfaten uitgedrukt als zwavel, alleen het vochtgehalte geeft het percentage water in het verse monster aan. Van het apart bepalen van monosulfidische zwavel werd afgezien ter tijdsbesparing. De monosulfiden zijn immers even waardevol voor de vorming van oplosbare Ca-verbindingen als polysulfiden. De humus was bepaald met de elementairanalyse.

Tabel XXII. Sulfidegehalten in jonge marine sedimenten op het eiland Walcheren.

Archief no.	Vocht	$CaCO_3$	Lutum	Humus	In water oplos-baar sulfaat	Totaal sulfide
98	19,3	0,9	5,6	0,8	0,00	0,01
162	21,2	0,3	5,9	1,6	0,00	0,04
93	23,0	0,6	5,3	1,2	0,00	0,05
74	22,1	0,2	7,2	1,2	0,00	0,05
34	18,2	-	-	-	0,01	0,06
35	24,3	6,8	4,4	0,8	0,02	0,07
86	34,4	0,0	17,7	4,4	0,00	0,07
37	24,3	4,5	7,0	1,5	0,01	0,08
77	42,1	1,3	19,5	5,7	0,00	0,08
40	29,2	5,7	9,3	2,3	0,01	0,16
111	31,2	8,3	10,2	1,6	0,03	0,16
153	23,9	9,3	7,8	-	0,03	0,16
88	34,7	0,4	16,8	4,3	0,00	0,19
39	38,3	4,1	13,9	-	0,01	0,22
83	40,3	8,0	14,0	2,3	0,02	0,22
102	46,3	8,9	23,6	3,8	0,03	0,24
68	45,0	7,6	32,5	3,8	0,00	0,25
54	50,8	0,8	28,2	8,8	0,01	0,26
128	34,6	8,6	21,1	2,9	0,18	0,28
90	51,8	3,6	21,8	6,3	0,00	0,29
150	44,9	12,6	32,7	-	0,08	0,29
104	55,7	10,3	28,1	4,0	0,03	0,31
45	44,9	6,9	18,0	2,9	0,01	0,32
99	50,1	11,7	21,9	-	0,04	0,32
156	33,0	14,9	23,3	2,6	0,01	0,33
59	36,5	10,3	19,6	2,8	0,01	0,36
148	46,3	12,3	32,2	4,4	0,00	0,37
61	39,2	14,4	25,2	3,5	0,04	0,40
132	43,1	4,7	28,1	5,1	0,05	0,40
47	53,1	2,2	29,2	7,1	0,01	0,41
43	54,0	14,0	25,1	4,0	0,06	0,43
66	51,5	10,5	36,0	4,5	0,01	0,44
71	57,4	14,2	32,0	-	0,14	0,51
117	55,3	14,1	27,3	-	0,09	0,75
114	64,2	-	28,0	-	0,12	0,82
120	66,7	-	33,9	-	0,10	0,86
110	63,3	8,6	32,8	-	0,00	0,88
No	Moi-sture	$CaCO_3$	Lutum	Humus	Soluble sulphate	Total sulphide

Table XXII. Sulphide contents in young marine sediments on the island of Walcheren.

Hoewel in deze tabel alleen de monsters opgenomen zijn,die door hun geaardheid en ligging op het moment van de monstername als nog volkomen ongeaereerd beschouwd werden, tonen de relatief hoge gehalten van sulfaat van enkele der monsters aan, dat daarin reeds een begin van aeratie en oxydatie had plaats gevonden (Zie de Nos 128, 150, 99, 61, 132, 43, 71, 117, 114 en 120). Toch was in al deze monsters nog het merendeel van de zwavel in de gereduceerde sulfide-vorm aanwezig, terwijl het reeds geoxydeerde deel immers ook bij het werkzame deel gerekend kan worden. De bovenaan in de tabel vermelde monsters met de zeer lage zwavelgehalten zijn niet alle zeer lichte zandige slikken. Vermoedelijk heeft men daarbij toch te maken met monsters van "verspoelde" oude gronden of althans met mengmonsters van echt slik en "verspoelde" grond.

Bij het analyseren van de in tabel XXII aangegeven monsters werd geen duidelijk verband gevonden tussen het sulfidegehalte en de plaats van herkomst van het monster. Het zwavelgehalte bleek dus nagenoeg onafhankelijk te zijn van de plaats van bemonstering ten opzichte van de gaten in de dijken. De monsters zijn in de tabel dan ook niet gegroepeerd naar de gebieden op Walcheren waar zij werden genomen.

Zeer duidelijke positieve correlaties bleken echter te bestaan tussen het zwavelgehalte enerzijds en de zwaarte en het humusgehalte van het monster anderzijds. Het bestaan van deze correlaties is trouwens zeer begrijpelijk, aangezien de zanddeeltjes in de slikken slechts inerte ballast zijn en dus nagenoeg alle andere grootheden in de monsters drukken. Zulke positieve correlaties zouden ook aangetoond kunnen worden tussen de vocht- en $CaCO_3$-gehalten en de zwaarte van de monsters. Maar al is het bestaan van deze correlaties ook volkomen begrijpelijk, toch was het noodzakelijk hierop te wijzen en na te gaan hoe werk het zwavelgehalte gekoppeld is aan de zwaarte of de humusrijkdom van de afzettingen, omdat men daarmee misschien zelfs een middel kon verkrijgen voortaan zonder laboratoriumonderzoek de waarde van de jonge slik-afzettingen voor het saneren van de structuur met voldoende betrouwbaarheid te kunnen beoordelen.

In de gifuren 10 en 11 zijn de stippenbundels voor de relatie van het gehalte der monsters aan sulfidische zwavel en het lutum-, resp. het humus-gehalte weergegeven. In beide figuren is een duidelijke positieve correlatie direct waarneembaar. De bijbehorende rangcorrelatie-coefficienten zijn voor de S/lutum verhouding = + 0.832 ± 0.051 en voor de S/humus verhouding = + 0.607 ± 0.122. Vooral het verband tussen de zwaarte van het monster en diens zwavelgehalte is zeer sprekend, zodat de conclusie gewettigd schijnt, dat men - althans in nog volkomen ongeaereerde slikken - voor de praktijk het bepalen van het zwavelgehalte achterwege kan laten en af kan gaan op het lutum-gehalte. Een exacte bepaling van deze laatste grootheid is echter een vrij tijdrovende laboratorium-maatregel, zodat men pas werkelijk vooruitkomt, indien men ook van deze bepaling afziet en vertrouwt op een practische schatting van de zwaarte te velde. Het was een gewaagde beslissing, die genomen moest worden, maar gezien de zeer gunstige ervaringen, die bij de Wieringermeerdirectie indertijd verkregen werden met het kaarteren van de gronden te velde op hun zwaarte, leek het alleszins verantwoord om in het voorjaar van 1946 het betrekkelijk kleine aantal geanalyseerde monsters aan te vullen met een groot aantal zwaarteschattingen. Het schatten behoefde daarbij zelfs niet gedetailleerd te geschieden, aangezien het er in dit geval alleen om te doen was de zeer lichte monster uit te schakelen. Beziet men de cijfers in tabel XXII n.l. dan komt men tot de gevolgtrekking, dat een uitschakeling van alle monsters met een lutumgehalte beneden 10% tevens alle monsters met minder dan 0.1% zwavel doet wegvallen, waarmede men juist ongeveer de grens tussen de al of niet waardevolle slikken heeft getrokken, met slechts enkele afwijkingen naar beide zijden. En een beoordeling op gevoel ter scheiding van monsters met meer of minder dan ± 10% lutum is betrekkelijk eenvoudig. Personen met een aanleg voor fijne schattingen kunnen zich vrij snel trainen voor deze beoordeling. Zodoende werden de uitvoerende kaarteerders op deze schatting gespecialiseerd en kon de kaartering van de jonge slikken dus met behulp hiervan zeer

waardevol zijn voor de bemestingsadviezen.

Recapitulerende, ziet men dus, dat dank zij het vrij hoge zwavelgehalte van de op Walcheren afgezette jonge slikken niet onbelangrijke delen van dat eila d bij het weer in cultuur nemen geen gipsbemesting behoefden te ontvangen. Niettegenstaande de boven omschreven moeilijkheden bij de kaartering van de slikken ondervonden, kon hierdoor op ca. 3.000 ha d.w.z.op ca. 4 % van de totale oppervlakte geinundeerde cultuurgrond op Walcheren de gipsbemesting worden uitgespaard, terwijl men met zeer ruime veiligheidsmarges te werk is gegaan, zowel wat betreft de dikte van de sliklaag, als ook wat betreft het uitschakelen van de "verspoelde" oude gronden, van de te zandige slikken en van de percelen met een zeer ongelijkmatige dikte van de sliklaag. De financiele consequentie van deze mogelijkheid kan globaal gesteld worden op ca. *f* 330.000,-, zijnde de kosten van het uitgespaarde gips zelf en van de aanvoer en het uitstrooien ervan. Bovendien werd hierdoor de aanvoer van gips naar andere terreinen bespoedigd, hetgeen een niet onbelangrijk voordeel betekent. Zodoende kan worden gezegd, dat het feit, dat op Walcheren in tegenstelling tot de andere inundatiegebieden, de dijken doorbroken waren en het getij dus vrije toegang had tot het eiland, naast de vele en grote nadelen ook het voordeel heeft opgeleverd, dat op vele terreinen jonge zwavel- en kalkrijke lagen afgezet werden, waardoor na de ontzilting het structuurverval achterwege bleef en bovendien de hoedanigheid van de gronden verhoogd werd, terwijl vaak ook het zeer grillige profiel van de percelen enigszins werd genivelleerd.

De speciale kosten van de slik-kaartering en van het aansluitende laboratorium-onderzoek kunnen moeilijk geschat worden. Men kan ze echter zeer zeker laag aanslaan, aangezien het personeel voor de kaartering niet speciaal behoefde te worden aangesteld, daar dit werk door assistenten van de voorlichtingsdienst werd uitgevoerd, en het speciale laboratoriumonderzoek te Kampen ook nagenoeg zonder extra uitgaven kon worden verricht, gezien het op dat laboratorium toen juist onder handen zijnde onderzoek voor de zwavelhiushouding in jonge marine en overstroomde oude gronden.

Tabel XXIII. Sulfidegehalten van geinundeerd oud bouwland op Walcheren vóór het weer droogleggen.

Archief No	Vocht	$CaCO_3$	Lutum	In water oplosbaar sulfaat	Totaal sulfide
Niet door slik afgedekte oude gronden. Soils not covered by young sediments.					
49	22,9	0,2	15,3	0,00	0,00
67	19,9	2,4	24,6	0,00	0,00
92	22,2	0,0	11,0	0,00	0,00
161	26,4	3,2	26,1	0,00	0,00
57	23,8	0,1	19,1	0,01	0,02
97	20,5	1,6	13,5	0,00	0,02
107	23,2	0,9	15,1	0,02	0,02
53	24,8	0,2	17,9	0,05	0,03
56	24,8	0,8	17,9	0,01	0,03
95	23,2	2,2	19,6	0,00	0,03
160	22,8	1,3	19,8	0,00	0,03
63	22,6	2,8	27,2	0,01	0,04
96	19,7	3,3	18,2	0,00	0,04
152	19,8	1,0	15,7	0,00	0,04
151	21,9	0,1	14,0	0,00	0,07
Wel door slik afgedekte oude gronden (zonder het slik). Soils covered by young sediments.					
44	23,4	0,6	12,2	0,01	0,00
51	25,9	0,0	16,9	0,01	0,00
60	20,8	0,4	19,8	0,01	0,00
46	18,0	0,0	10,3	0,00	0,02
62	19,1	1,4	19,1	0,01	0,02
65	24,6	3,9	29,9	0,01	0,02
72	28,4	5,9	22,8	0,00	0,02
123	18,9	1,4	12,0	0,00	0,02
80	23,5	0,9	12,4	0,00	0,02
154	18,9	0,2	16,6	0,00	0,03
87	28,5	0,0	19,0	0,00	0,03
115	29,8	0,4	17,3	0,01	0,03
147	21,0	3,5	17,2	0,00	0,04
149	20,5	2,3	17,4	0,03	0,04
109	24,4	7,3	20,6	0,00	0,04
38	26,1	0,1	22,0	0,00	0,06
69	33,7	1,9	28,7	0,04	0,06
157	30,5	2,4	27,0	0,00	0,06
112	24,5	0,8	20,6	0,00	0,06
94	26,4	0,1	17,5	0,00	0,07
89	30,5	-	10,3	0,00	0,13
No	Moisture	$CaCO_3$	Lutum	Soluble sulphate	Total sulphide

Table XXIII. Sulfide content of inundated old arable land on the island of Walcheren prior to reclamation.

Uit deze tabel komt duidelijk naar voren, dat, tot op enkele uitzonderingen na, de oude bouwlanden gedurende de anderhalf jaar inundatie nagenoeg geen sulfiden hebben gevormd. Het gemiddelde gehalte aan sulfidische zwavel van deze gronden was n.l. slechts 0.03% op droge stof, terwijl de niet geinundeerde bouwlanden ca. 0.01% bevatten. Zeer waarschijnlijk is dit gemiddelde van 0.03% bovendien nog te hoog, doordat in sommige van de onderzochte monsters ongemerkt iets jong slik meegekomen is in de boringen. Men moest dus concluderen, dat in bouwland bij inundatie slechts zeer weinig sulfiden gevormd,worden, of dat dit proces uiterst langzaam verloopt. Om te kunnen nagaan of bij een langdurige inundatie meer sulfiden in zulke gronden ontstaan, werden enkele monsters verzameld in kleine dijkvalpoldertjes op Noord- en Zuid-Beveland, die in verschillende jaren ondergelopen zijn. De uitkomsten van de analyses van deze monsters zijn vermeld in tabel XXIV, die op dezelfde wijze is ingericht als tabel XXI.

'abel XXIV. Sulfidegehalte in reeds jarenlang verdronken bouwland-gronden.

'laats monstername	Lutum	Humus	Monosulfiden	Polysulfiden	Place of sampling
ijkval, Sas van Goes 943 (3 jaar inundatie)	13,0	2,5	0,00	0,03	Destruction of dike, Sas van Goes, 1943 (3 years of flooding)
ijkval, Sas van Goes 943 (3 jaar inundatie)	11,7	5,1	0,01	0,01	Destruction of dike, Sas van Goes, 1943 (3 years of flooding)
)ost Bevelandpolder, 940 (6 jaar inundatie)	24,0	1,9	0,00	0,01	Oost Bevelandpolder, 1940 (6 years of flooding)
ohemenpolder, 1933 13 jaar inundatie) -10 cm onder 5 cm and	18,0	1,6	0,02	0,02	Bohemenpolder, 1933 (13 years of flooding) 0-10 cm covered by 5 cm of sand
lem, 10-20 cm (onder het vorige ıonster)	23,2	1,1	0,02	0,02	Ditto, 10-20 cm (beneath the previous sample)
lem, 0-10 cm ernaast genomen)	20,8	1,5	0,00	0,00	Ditto, 0-10 cm (another spot nearby)
	Lutum	Humus	Monosulphides	Polysulphides	

able XXIV. Sulphide content in old arable land flooded for longer periods.

Dus zelfs 13 jaren van overspoeling met zeewater hebben het sulfidegehalte van al deze gronden niet merkbaar verhoogd. Het is dus duidelijk, dat in verdronken bouwland-gronden de omstandigheden niet gunstig zijn voor de vorming van sulfiden. In overeenstemming hiermede is ook de waarneming, dat geïnundeerde oude bouwlandgronden zelden zwart gekleurd zijn door FeS en zelden de lucht van H_2S verspreiden. Zie hierover trouwens hoofdstuk I, p. 28-36, waar over de reductie-oxydatiepotentialen in verdronken oude gronden en in jonge sedimenten wordt gesproken.

Naast de in de tabellen XXIII en XXIV vermelde bouwlandmonsters werden in de inundatiegebieden ook monsters genomen op verdronken graslanden en hier bleek het sulfidegehalte wel degelijk verhoogd te zijn vergeleken bij niet geïnundeerde graslanden op Walcheren en elders in Zeeland, die gemiddeld slechts ca. 0.02% sulfidische zwavel op de droge stof bleken te bevatten. De in de verdronken graslanden gevonden analysecijfers zijn bijeengebracht in tabel XXV, die is ingericht als de tabellen XXII en XXIII.

Tabel XXV. Sulfidegehalte van geïnundeerde oude graslanden

Archief no.	Vocht	$CaCO_3$	Lutum	Humus	In water oplosbaar sulfaat	Totaal sulfide
58	23,5	0,1	15,3	2,7	0,01	0,04
41	35,7	0,3	23,2	8,3	0,01	0,04
55	40,6	0,0	34,7	12,0	0,01	0,06
91	38,6	0,0	23,7	16,0	0,02	0,08
100	41,9	2,4	21,3	3,9	0,00	0,08
133	28,8	0,0	18,6	-	0,10	0,08
36	31,9	2,5	10,5	5,8	0,01	0,09
155	37,3	6,4	36,8	10,8	0,09	0,09
131	36,3	0,1	19,6	9,1	0,00	0,09
122	25,1	2,8	14,4	8,0	0,00	0,11
48	34,8	0,0	17,8	8,1	0,01	0,12
103	27,6	0,1	16,8	4,4	0,00	0,12
78	48,5	0,0	25,8	19,4	0,01	0,14
101	32,9	0,3	20,3	8,9	0,00	0,16
105	34,4	0,7	17,1	8,0	0,00	0,16
129	32,4	0,0	17,7	7,5	0,20	0,16
118	31,7	0,7	11,9	15,0	0,01	0,17
84	37,5	0,0	13,9	7,3	0,01	0,22
130	38,5	0,0	19,1	10,1	0,11	0,23
No.	Moisture	$CaCO_3$	Lutum	Humus	Soluble sulphate	Total sulphide

Table XXV. Sulphide content of inundated old grassland

Hoewel de in deze monsters gevonden sulfidegehalten zeer sterk bleken uiteen te lopen, zijn zij gemiddeld toch zeer zeker aanzienlijk verhoogd vergeleken bij graslanden vóór de inundatie. Het gemiddelde sulfidegehalte bleek n.l. te zijn ca. 0.12% zwavel op droge stof. Het is dus duidelijk, dat de graslanden met hun afgestorven zode veel gunstigere voorwaarden bieden aan de vorming van sulfiden bij overstroming met zout water. Het is nog niet duidelijk, of het totale hoge humusgehalte van de graslanden in deze de beslissende factor is, of de aanwezigheid van veel nog onvolledig vergane plantenresten. De tweede veronderstelling lijkt de meest waarschijnlijke te zijn, aangezien men uit tabel XXV zien kan, dat er zich geen waarneembare correlatie voordoet tussen het humusgehalte en de hoeveelheid gevormde sulfidische zwavel. Bovendien bleek plaatselijk, rondom grotere afgestorven plantendelen, zelfs in bouwlandgronden een vorming van sulfiden mogelijk te zijn. Zeer opvallend was dit verschijnsel op percelen met nog niet gerooide bieten, waar om elke biet heen de grond zwart verkleurd was en een sterk verhoogd gehalte aan mono- en polysulfiden vertoonde.

Overziet men de gevonden sulfidegehalten in de verschillende oude gronden op Walcheren, dan moet men concluderen, dat alleen in graslanden met een behoorlijke zode zich merkbare hoeveelheden sulfiden tijdens de overstroming hadden opgehoopt. In de graslanden was hiermede het zwavelgehalte tot meer dan het vereiste niveau van 0.04% gestegen om structuurverval te voorkomen. In de regel was het zelfs veel hoger, n.l. in de zode zelf oplopend tot meer dan 0.3% en in de gehele bouwvoor van ± 20 cm dikte ook al tot maximaal ruim 0.2%. Voor de praktijk van de herontginning kon hieraan de consequentie verbonden worden, dat graslanden geen gipsbehandeling vereisen, evenmin als de jonge slikken. Deze consequentie is in feite misschien zelfs van verdere strekking, dan het aantonen van een overvloed aan sulfidische zwavel in de jonge slikken, waar toch een sedimentatie van jonge marine afzettingen op overstroomde oude gronden zich alleen plaatselijk zal voordoen en alleen in geval van ernstige dijkdoorbraken, zoals op Walcheren in 1944-'46, terwijl de vorming van sulfiden in graslanden bij elke over-

stroming van polders met veel grasland van belang kan worden. Het is vermoedelijk vooral aan deze snelle sulfiden-vorming tijdens overstroming van grasland met zout water te danken, dat deze van ouds bekend staan als gronden, die niet of veel minder te lijden hebben van structuurverval na de herontwatering, meer nog dan aan de structuurbeschermende werking van de humusstoffen of van de doorworteling van de grond. Bij het speculeren op de sulfidenvorming in overstroomde graslanden moet men echter een reserve betrachten: door het onderzoek in 1946 is niet nagegaan hoe snel de sulfiden gevormd werden: slechts de eindtoestand bij het weer droogmalen van Walcheren werd waargenomen, zodat het niet bekend is of korter durende inundaties ook al voldoende sulfiden in de zode doen ontstaan. Dit punt behoort dus nog onderzocht te worden, voordat men aan de te Walcheren gevonden feiten een meer algemene betekenis mag gaan hechten. Toch is er een aanwijzing,die erop wijst, dat de op Walcheren in 1946 gevonden sulfidegehalten in de verdronken graslanden zeer snel ontstaan zijn, misschien al binnen een klein deel van de totale periode van overstroming, zodat deze gehalten bij een langer voortduren van de overstroming niet verder gestegen zouden zijn, n.l. het feit, dat in reeds enkele jaren overstroomde graslanden van dijkvallen het sulfidegehalte niet hoger bleek te zijn dan in de Walcherense graslanden. Naast de in tabel XXIV weergegeven, bij dijkvallen verdronken, bouwlanden, werden n.l. ook enkele gevallen van oude graslanden uit de gebieden gevonden en geanalyseerd. Helaas is het aantal zeer gering, zodat de daarbij gevonden cijfers geen aanspraak kunnen maken op grote betrouwbaarheid. In tabel XXVI zijn deze enkele gevallen weergegeven. Voor de inrichting van deze tabel zij verwezen naar tabel XXIV.

abel XXVI. Sulfidegehalte in reeds jarenlang verdronken graslanden.

laats monstername	Lutum	Humus	Monosul-fiden	Totaal sul-fide	Place of sampling
eendert Abrahams-older, 0-5 cm :ode), 1942, 4 jaar eleden overstroomd	25,6	13,5	0,13	0,22	Leendert Abrahams-polder, 0-5 cm (sod), 1942, 4 years of flooding
lem, 5-20 cm	31,5	7,7	0,04	0,11	Ditto, 5-20 cm
ohemenpolder, 0-10 m, 1933, 13 jaar eleden overstroomd	8,4	3,0	0,10	0,15	Bohemenpolder, 0-10 cm, 1933, 13 years of flooding
lem, 10-20 cm	8,1	2,2	0,06	0,11	Ditto, 10-20 cm
	Lutum	Humus	Monosul-phides	Total sul-phide	

able XXVI. Sulphide content in old grassland flooded for longer periods.

Men kan uit deze enkele cijfers dus geen gefundeerde conclusies trekken, maar het valt wel op, dat men in die reeds 4 resp. 13 jaar geinundeerde graslanden toch met sulfide gehalten te maken heeft van ongeveer dezelfde orde van grootte als op Walcheren aangetroffen. Het is dus zeer wel mogelijk, dat de sulfiden-vorming in de graslandzode na het afsterven van de planten zeer snel plaats heeft, zolang er reactieve organische stoffen aanwezig zijn, maar na uitputting van deze laatsten, nagenoeg ophoudt. De reeds min of meer gehumificeerde organische verbindingen zouden dus misschien van veel geringere betekenis zijn als zuurstof-acceptoren bij de reductie van sulfaten. Indien deze hypothese juist is, zou daarmede ook meteen verklaard zijn zowel de lange tijd doorgaande vorming van sulfiden in slik- en moerasgronden met een welige plantengroei in brak-water gebieden, waarbij de bekende hoge gehalten van pyriet accumuleren, als ook de spontane vorming van pyriet in het zee-

slib op het moment van het afsterven van het plankton tijdens het uitvlokken en bezinken van het slib. Bovendien zou hiermede ook verklaard zijn, waarom in oude bouwlandgronden met nagenoeg uitsluitend reeds sterk ontlede stabiele humus, haast geen sulfidevorming plaats heeft.

Eenzelfde reserve als in het bovenstaande ten opzichte van de duur van de overstroming in acht werd genomen, moet trouwens ook betracht worden ten opzichte van het zoutgehalte van het overstromingswater. Bij Walcheren heeft het water hoge zoutgehalten tot bijna de volle zeeconcentratie. In vele andere overstromingsgebieden echter heeft men met brak water te maken met veel lagere zout-concentraties en dus ook met minder sulfaten. Het is dan ook de vraag of in zulke gevallen de sulfidevorming in de graszode even snel zou verlopen. In de gebieden met een lager zoutgehalte bevindt men zich trouwens ook in de regel verder stroomopwaarts in de benedenrivieren, waar zeeslib en rivierslib gemengd zijn. Het is dus ook niet zeker, dat bij een eventuele afzetting van verse slikvelden in zulke brak-wateroverstromingen het slik even rijk aan sulfiden zou zijn als op Walcheren het geval was. Het sulfidegehalte van het zwevende slib van de grote rivieren is niet onderzocht.

Helaas is het hoge sulfidegehalte van verdronken graslanden pas in 1946 bekend geworden, toen alleen Walcheren nog niet weer drooggevallen was. De overige inundatiegebieden waren toen al weer in herontginning. Zodoende was het toen niet meer mogelijk in die andere inundatiegebieden het sulfidegehalte van de graslanden te bepalen, daar de grond er toen al weer sterk geacreerd was.

HOOFDSTUK V

Stikstofrijkdom der geinundeerde gronden.
(Het "Tholen-effect").

Terwijl verschillende effecten van overstroming op de eigenschappen van de grond reeds bij vroegere dijkdoorbraken waren onderzocht, waarbij speciaal het verval van de structuur na de ontzilting de aandacht trok, werd er toen nagenoeg geen melding gemaakt van een merkbare verhoging van het gehalte aan opneembare stikstof. De eerste duidelijke berichten hierover verkreeg men pas bij de recente inundaties tijdens de oorlog. Het eerst werd dit verschijnsel waargenomen op het eiland Tholen en wel in de zomer van 1945. Tholen werd n.l. reeds in October 1944 bevrijd en, daar de dijken er niet waren beschadigd, kon het toen meteen ook weer worden drooggelegd. Zodoende heeft dit eiland, dat een volledige langdurige inundatie met zout water heeft doorstaan, reeds profiteren van de ontziltende werking der overvloedige regens in de winter 1944-'45. Het zoutgehalte van de bouwvoor was dan ook tegen het voorjaar reeds zodanig verlaagd, dat vele boeren er tot inzaai overgingen, tegen de adviezen van de voorlichtingsdienst in. Door een zeer gunstige samenloop der omstandigheden is deze inzaai niet op een calamiteit uitgelopen, integendeel er werden veelal zeer mooie gewassen geteeld en verkreeg men zelfs abnormaal hoge opbrengsten, die bijzonder gunstig afstaken tegen de schrale gewassen, die bij de heersende schaarste aan meststoffen er tijdens de oorlogsjaren werden verkregen. Wat was er n.l. gebeurd ? Daar de ontzilting der bouwvoor nog niet volledig was, trad het gevreesde structuurverval in het voorjaar van 1945 nog niet op. De grond leek in een ideale structuur te verkeren, en daar het weer in de loop van de voorjaarsmaanden (febr. - april) droog en warm was, verliep de bewerking van de grond en de inzaai zonder moeilijkheden (32, 44). Weliswaar begon het zoutgehalte in die periode door de verdamping en capillaire opstijging

van zouter vocht uit de ondergrond in de bouwvoor weer op te lopen, maar een regenperiode in mei drong dat zout weer terug en voorzag de gewassen van het noodzakelijke vocht, zodat de groei ongehinderd kon doorgaan. Wel zag men na deze mei-regens de eerste aanwijzingen van structuur-verval optreden, maar de gewassen waren reeds gekiemd en voldoende ontwikkeld om er weinig last van te ondervinden. Gedurende de daaropvolgende zomermaanden was het weer over het algemeen zonnig en droog, zodat de structuurmoeilijkheden zich niet verder manifesteerden.

Zo kon het dus gebeuren, dat op Tholen in 1945 alles zonder moeilijkheden verliep in tegenstelling tot de ervaringen bij vroegere overstromingen met zout water. De opbrengsten der gewassen (meest zomergerst) waren zelfs zo hoog, dat er zich toen een ongemotieveerd generaliserende optimistische stemming onder de boeren ontwikkelde, culminerend in de slogan:
"Lieve Heer, geef ons ons dagelijks brood, en om de zeven jaar een watersnood". De ervaring zou al spoedig leren, dat het gunstige verloop in 1945 op Tholen een uitzondering was en zich op de later drooggevallen geïnundeerde terreinen niet herhaalde.
Trouwens ook op Tholen bleef het structuurverval niet uit en ontwikkelde zich in volle hevigheid in het najaar van 1945. De hoge opbrengsten der gewassen op Tholen waren in 1945 echter zo opvallend, dat het daarna ook in de overige inundatiegebieden optredende verschijnsel van stikstof-overvloed, de naam "Tholen-effect" verkreeg. Deze term zal in de volgende paginas dan nog herhaaldelijk worden gebruikt.

Deze gunstige ontwikkeling van de gewassen bleek n.l. al spoedig een gevolg te zijn van een abnormale rijkdom van de grond aan opneembare stikstof, althans alle visueel waarneembare symptomen wezen daarop: Ten eerste werden de hoge opbrengsten bereikt met zeer weinig of zelfs helemaal geen stikstof-bemesting. Bovendien verried de ontwikkeling der gewassen in alles een overvloed van stikstof: sterke uitstoeling, welige stro-ontwikkeling, zelfs legering en een

donkergroene kleur. Ook de spontaan opkomende onkruiden en ruderale planten vertoonden hetzelfde beeld. Men was dus reeds in de zomer van 1945 ervan overtuigd, dat hier inderdaad een overvloed van stikstof de oorzaak was van de welige groei (45).

Dat deze situatie een gevolg was van de inundatie en niet onafhankelijk daarvan was ontstaan volgde uit de waarneming, dat alleen de overstroomde terreinen dit verschijnsel vertoonden; op de hoge delen van geaccidenteerde percelen, die droog waren gebleven en op de dijkhellingen boven het inundatie-peil trof men een veel schralere groei der planten aan, die in geen enkel opzicht op een rijke stikstof-voeding wees.

Hoewel de Wieringermeerdirectie reeds tijdens en zelfs vóór de oorlog ingeschakeld was in de onderzoekingen van de door de inundaties veroorzaakte bodemkundige problemen was het wederom de algemene desorganisatie vlak na de bevrijding, die het onmogelijk heeft gemaakt reeds tijdens de zomer van 1945 de terreinen op Tholen te bemonsteren en analytisch na te gaan of er in de gronden inderdaad een verhoogd gehalte aan opneembare stikstof aanwezig was. Pas in het late najaar, in november en december, konden de eerste bemonsteringen op Tholen worden verricht. Toen was echter een groot deel van de oplosbare stikstof reeds naar de ondergrond gespoeld en op de tijdens de zomer beteelde of met welige onkruidflora bedekte terreinen was het merendeel van deze stikstof reeds door de planten aan de grond onttrokken. Toch werden in deze eerste serie monsters nog zeer hoge gehalten aan voor de planten opneembare stikstof gevonden, aanzienlijk hoger, dan in vergelijkbare monsters afkomstig van niet geinundeerde terreinen op Tholen en elders. Enkele representatieve analyse-uitkomsten zijn weergegeven in tabel XXVII.

Tabel XXVII. Opneembare stikstof in d.p.m. (= mgr. per kg droge stof) in november en december 1945.

1. Tholen, Standaardplek I, Hollarepolder, kalkhoudende klei, bouwland, geinundeerd, in 1945 niet bezaaid.	16.0
2. Tholen, Standaardplek III, Oud-Vossemeerpolder, kalkarme zware zavel, bouwland, geinundeerd, in 1945 niet bezaaid	24,0
3. Tholen, Standaardplek IV, Vijftienhonderdgemetenpolder, kalkarme zavel, bouwland, geinundeerd in 1945 niet bezaaid	28,0
4. Tholen, Gemeente Poortvliet bij boerderij "Zoete Rave", kalkarme zavel, bouwland, geinundeerd, in 1945 onder gerst	3.5
5. Tholen, Standaardplek II, Vossemeerpolder, kalkhoudende zavel, bouwland, geinundeerd, in 1945 onder tarwe	2.0
6. Tholen, Standaardplek VI, Poortvlietpolder, ontkalkte zavel, oud grasland, geinundeerd in 1945 niet bezaaid	105.5
7. Tholen, Scherpenissepolder, kalkhoudende zware zavel, bouwland, een hoog gelegen perceel, niet geinundeerd, in 1945 niet bezaaid.	4.0
8. Tholen, Hollarepolder, kalkhoudende klei, bouwland, hoog gelegen perceel, niet geinundeerd, in 1945 niet bezaaid.	3.0
9. Zuid-Beveland, bij Waarde, kalkhoudende zware zavel, bouwland, niet geinundeerd, in 1945 bezaaid	2.5
10. Zuid-Beveland, bij Nisse, ontkalkte zware zavel, bouwland, niet geinundeerd, in 1945 bezaaid	5.0
11. Schouwen, bij Ellemeet, ontkalkte zavel, bouwland, niet geinundeerd (hoog perceel), in 1945 niet bezaaid	2.5

Deze cijfers hebben de veronderstelde verhoogde stikstofgehalten in de geinundeerde terreinen duidelijk aangetoond. In de in 1945 onbeteelde terreinen (monsters 1,2 en 3) trof men, voor de tijd van het jaar, abnormaal hoge gehalten aan,

terwijl de wel geinundeerde maar in 1945 beteelde terreinen (monsters 4 en 5) hun stikstofvoorraad reeds kwijt waren. De niet geinundeerde terreinen zowel op Tholen (monsters 7 en 8) als ook elders in Zeeland (monsters 9, 10 en 11), daarentegen, vertoonden volkomen normale gehalten, onverschillig of zij in 1945 beteeld waren of niet. Er moet nog speciaal worden gewezen op het zeer hoge gehalte in een monster van oud grasland (monster 6). Men moet echter bedenken, dat gescheurde graslanden altijd veel oplosbare stikstof leveren en door de inundatie kon dit effect wellicht nog zijn versterkt. Op het gedrag van graslanden in het inundatiegebied zal nog worden teruggekomen.

Toen het dus in de winter 1945/1946 was aangetoond, dat door de zout-water-inundatie het gehalte aan oplosbare (minerale) stikstof in de gronden was verhoogd, rees de vraag naar de oorzaak van dit effect. In dit verslag zal hierop echter niet worden ingegaan, eensdeels omdat deze vraag een veelomvattend onderzoek noodzakelijk heeft gemaakt, zodat het juister lijkt, het in een afzonderlijk rapport samen te vatten maar ook omdat dit fundamentele onderzoek in de eerste jaren na de bevrijding slechts ten dele werd voltooid wegens vertrek van de onderzoek naar het buitenland. Een verdere ontwikkeling van dit onderzoek is daarna brokstukkig voortgezet en nog steeds niet volledig afgerond. Hier dient alleen nog even te worden ingegaan op de vraag waarom het Tholen-effect bij de inundaties en de dijkval in 1940 resp. 1943 en ook bij vroegere zout-water-overstromingen niet werd waargenomen, en in 1945 en volgende jaren zo spectaculair optrad. Een volledig gedocumenteerd antwoord is hierop moeilijk te geven; bedacht moet echter worden, dat de inundaties van 1939/40 en de dijkval in 1943 slechts vrij kortstondige overstromingen veroorzaakten, ten dele bovendien met brak water. En de vele vroegere zeewater-overstromingen in ons land werden minder nauwkeurig geobserveerd. Bovendien deed zich daarbij zelden een zo gunstige samenloop van omstandigheden voor als in 1945 op Tholen. Vaak kwam men er in de eerste jaren n.l. door het structuurverval of het

hoge zoutgehalte niet eens toe aan een redelijke mogelijkheid van verbouw van gewassen. Het is immers geen toeval, dat - zoals uit de volgende bladzijden zal blijken - het Tholen-effect nergens zo sprekend was als juist op Tholen in 1945. Op Walcheren zou men het nauwelijks hebben waargenomen, als men er geen bepaling van het gehalte aan opneembare stikstof in de grond had verricht. (zie pag. 121-122).

In de volgende bladzijden zullen nu de voor de praktijk belangrijke aspecten van het Tholen-effect worden besproken.

In de eerste plaats moest men trachten na te gaan of zich op Tholen in 1946 de stikstof-overvloed wéér zou voordoen, en indien wel, dan in welke mate. Ook moest nu worden onderzocht of in de andere delen van-het inundatie-gebied die in de loop van 1945 geleidelijk ook droog vielen, eveneens met stikstof-rijkdom moest worden gerekend. Dat betrof toen Schouwen-Duiveland, Overflakkee en Voorne, waar de dijken intact waren gebleven. Op het aan getij blootstaande Walcheren dat pas in 1946 zou worden drooggelegd werd het onderzoek pas later aangevat, daar men daar geconfronteerd werd met ingewikkeldere problemen, die pas later volledig onderkend werden. Vooreerst was dit onderzoek echter noodzakelijk om bijtijds te kunnen voorspellen in welke mate men in 1946 met stikstof-overmaat moest rekenen in al de gebieden, die in 1946 in ongeveer dezelfde omstandigheden zouden verkeren als Tholen in 1945.

Als tweede probleem deed zich de belangrijke vraag voor, of de geconstateerde stikstof-rijkdom pas ontstaat na het droogvallen of dat reeds tijdens de inundatie stikstof in opneembare vorm zich in de grond ophoopt; en in aansluiting aan deze vraag was het zeer belangrijk te weten hoe lang het Tholen-effect zich zou handhaven; was het een slechts kortstondig verschijnsel, berustend op een eenmalige vorming van de minerale stikstof tijden of vlak na de inundatie, of was de grond door het zoute water in een toestand gebracht, waardoor hij gedurende meerdere jaren een verhoogde levering van minerale stikstof zou behouden.

1. Het onderzoek in de winter 1945/1946.

In de loop van deze winter werden monsters verzameld niet alleen op Tholen, maar ook op alle andere inundatiegebieden, zowel de toen reeds weer drooggelegde- zoals Schouwen-Duiveland en Overflakkee, als ook op het toen nog onder water staande Walcheren. Enkele representatieve uitkomsten der analyses zijn weergegeven in tabel XXVIII, waarin de monsters van Tholen niet zijn opgenomen, daar zij reeds in tabel XXVII werden vermeld (monsters 1-6).

Tabel XXVIII. Opneembare stikstof in d.p.m. in de winter 1945/46 op geinundeerde terreinen op Schouwen, Overflakkee en Walcheren.

1.	Schouwen, Schendersweg, ontkalkte klei, voormalig grasland	79.5
2.	Schouwen, Schendersweg, ontkalkte klei, bouwland	47.5
3.	Schouwen, Klein-Bettewaardsepolder, kalkrijke zware zavel, voormalig grasland	48.5
4.	Schouwen, Klein-Bettewaardsepolder, kalkrijke zware zavel, bouwland	28.5
5.	Schouwen, bij Gouweveer, kalkrijke zware zavel, bouwland	26.0
6.	Schouwen, bij Ellemeet, kalkhoudende lichte zavel, bouwland	16.5
7.	Overflakkee, St. Elizabethspolder, kalkrijke zware zavel, bouwland	16.0
8.	Overflakkee, St. Elizabethspolder, kalkrijke lichte zavel, bouwland	12.0
9.	Overflakkee, Dirkslandse polder, kalkhoudende zavel bouwland, geinundeerd geweest met brak water	7.0
10.	Overflakkee, Dirkslandse polder, kalkhoudende lichte zavel, bouwland, geinundeerd geweest met brak water	5.5
11.	Voorne, bij Nieuw Helvoet, lichte kalkhoudende zavel bouwland	21.5
12.	Walcheren, bij het Steenpitswegje, kalkloze klei, bouwland	12.5
13.	Walcheren, bij Biggekerke, kalkrijke klei, bouwland	10.5
14.	Walcheren, bij Meliskerke, kalkarme klei, voormalig grasland	58.0

15. Walcheren, bij Gapinge, kalkarme lichte zavel,voormalig grasland 33.0
16. Walcheren, bij Dishoek, vers afgezet zwaar marien slik 43.5
17. Walcheren, bij Veere, vers afgezet zandig marien slik 9.5

Duidelijk volgt uit deze uitkomsten, dat zowel in de reeds enkele maanden voordien drooggelegde gronden op Schouwen, Overflakkee en Voorne, als ook in de nog onder water staande gronden op Walcheren hoge gehalten aan opneembare stikstof aangetroffen werden, veel hoger dan in normale-niet-geinundeerde - gronden in deze tijd van het jaar (einde van de winter). De conclusie was dus gewettigd, dat men op de terreinen, die in 1946 reeds bezaaid zouden kunnen worden het Tholen-effect kon verwachten. Wel bleken in de met brak water overstroomde gronden op Overflakkee (monsters 9 en 10) de gehalten lager te zijn, zodat men op zulke terreinen minder stikstof-overvloed kon verwachten. Bij overstroming met zout water bleek een stijging van het gehalte aan minerale stikstof dus een algemeen verschijnsel te zijn, dat niet beperkt was tot Tholen, en uit de resultaten verkregen in de nog onder water staande monsters uit Walcheren, bleek tevens, dat de hoge gehalten aan stikstof reeds tijdens de inundatie waren ontstaan.

De reeds geuite vraag of de stikstof-verrijking slechts tijdens de inundatie ontstaat of dat zich ook na het weer droogvallen een versnelde mineralisatie van organische stikstof zal manifesteren werd nu dus een urgent landbouwkundig probleem. De ervaringen uit Tholen in 1945 en de uitkomsten van de orienterende bepalingen tijdens de winter 1945/46 hadden echter aangetoond, dat de mate van stikstof-overvloed zeer sterk afhangt van verscheidene factoren - zwaarte van de grond, zijn voorgeschiedenis, het humusgehalte, het zoutgehalte van het inundatie-water, het moment van droogvallen ten opzichte van het jaargetij, het verloop van het weer na het droogvallen, enz. Men besefte toen dus, dat men niet zou kunnen volstaan

met een oppervlakkig onderzoek verricht aan enkele monsters en dat men zeer voorzichtig moest zijn met het generaliseren van de uitkomsten verkregen in enkele representative monsters. Het werd dus reeds in de winter 1945/'46 duidelijk dat er zo spoedig mogelijk een vrij uitvoerig onderzoek zou moeten worden verricht, wilde men de boeren kunnen adviseren omtrent de te verwachten stikstof-behoefte der gewassen. En ook werd het noodzakelijk geacht niet alleen het gehalte aan opneembare stikstof in het voorjaar te bepalen, maar tevens na te gaan, in hoeverre er in de loop van de vegetatieperiode een nalevering uit de voorraad van organisch gebonden stikstof verwacht kon worden.

Een gelukkige omstandigheid was het, dat tijdens de oorlogsjaren op het laboratorium der Wieringermeerdirectie te Kampen de z.g. "Incubatie-methode" voor het bepalen van de mineralisatie van de organisch gebonden en dus onoplosbare stikstof in de grond aan een nader onderzoek was onderworpen (46). Een werkwijze was daarbij verkregen, die nu ook voor het onderzoek van het Tholen-effect kon worden aangewend. Het principe van deze methode kan als volgt in het kort worden samengevat: een grondmonster wordt na een zorgvuldige menging en homogenisering verdeeld in twee delen; uit een ervan wordt alle oplosbare en uitwisselbare anorganische stikstof geextraheerd en in het extract analytisch bepaald, de andere helft wordt geincubeerd onder gestandaardiseerde omstandigheden van temperatuur, aeratie, vochtgehalte, etc. Na verloop van de incubatie-tijd wordt hierin het gehalte aan voor de planten opneembare stikstof op dezelfde wijze bepaald. De toename van het gehalte is dan een maat voor het intrinsieke vermogen van de grond om opneembare stikstof te produceren. Op deze wijze verkrijgt men weliswaar geen absoluute gegevens over de vorming van opneembare stikstof in het veld, daar de onder gestandaardiseerde omstandigheden bij de incubatie-methode verkregen cijfers niet gemakkelijk getransporteerd kunnen worden op de wisselende en veel ongunstigere omstandigheden te velde, maar toch zeggen deze laboratorium-waarden iets over het potentiële vermogen van de grond stikstof aan de planten

te leveren. Er is een duidelijke correlatie tussen deze waarden en de stikstofmineralisatie in de grond buiten.

Een nog grotere waarde verkrijgt de incubatie-methode indien men daarbij het gehalte aan opneembare stikstof niet alleen bepaalt vóór het incuberen en na afloop der incubatie, doch ook enkele keren tijdens de incubatie. Dan leert men niet, alleen de totale hoeveelheid stikstof kennen, die tijdens de incubatie werd gemineraliseerd, doch ook het verloop der mineralisatie. Zo kan men in sommige gronden stijl oplopende curven hebben, die daarna al spoedig afvlakken, naast vlakkere maar nagenoeg eenparig stijgende curven. In het eerste geval heeft men te doen met een grond, die een kleine hoeveelheid gemakkelijk mineraliseerbare stikstof bevat, terwijl de rest van de stikstof er nagenoeg onaantastbaar kan zijn. In zulk een grond kan men dus slechts een kortstondige levering van stikstof verwachten in tegenstelling tot het tweede geval, waar de vrij trage mineralisatie langere tijd kan aanhouden, steeds aan de gewassen stikstof leverende. In fig. 12 zijn vier typen van curven schematisch weergegeven, die de verschillende typen grond karakteriseren. Bij de bespreking van de uitkomsten van het onderzoek naar de stikstof-levering in de geinundeerde gronden zullen naast de totale, tijdens de incubatie gevonden, hoeveelheden vooral zulke curven worden vermeld.

Oorspronkelijk werd bij de uitvoering van deze methode naar perfectie gestreefd, zodat men trachtte de op het moment van de bemonstering in de grond aanwezige opneembare stikstof, voordat de incubatie werd ingezet, eruit te verwijderen, zonder de structuur van de grond te schaden, dus niet door uitspoeling, doch door onttrekking door een erop gezaaid snelgroeiend stikstofeisend gewas (spinazie). Het uitputten van de voorraad opneembare stikstof werd hiermede bereikt, maar het verwijderen van alle wortels vóór het begin der incubatie was nauwelijks uitvoerbaar en de in de rhizosfeer vastgelegde stikstof bleek slechts labiel te zijn gebonden, zodat een snelle mineralisatie ervan volgde, een te hoge stikstof-levering tonende. Bovendien werd de uitvoering van de bepaling door de spinazie-voorkweek met

5 à 6 weken verlengd, hetgeen in de winter 1945/46 volstrekt onaanvaardbaar was, daar men de stikstof-bemestings-adviezen immers al in het vroege voorjaar moest kunnen geven. De incubatie zelf duurt toch al ca. 6 weken, hetgeen toen schier onoverkomelijke moeilijkheden veroorzaakte. De transportmogelijkheden waren immers in dat eerste jaar na de bevrijding beperkt, zodat niet te denken viel aan de uitvoering der incubatie-bepalingen in Kampen, temeer daar deze bepaling in verse (niet-gedroogde) monsters dient te geschieden en wel zo snel als mogelijk na het nemen van het monster. De enige mogelijkheid was dus het inrichten van een noodlaboratorium ergens in het inundatiegebied. Dat bleek echter, ook weer als gevolg van de ontredderde omstandigheden, een zeer moeilijke taak te zijn, die slechts is gelukt dank zij de buitengewoon lofwaardige medewerking van de Dienst Wederopbouw Boerderijen en van het Rijksinkoopbureau. Hierdoor is het tenslotte gelukt in Goes in een uitgewoond en verlaten gebouw een verre van ideaal maar toch bruikbaar noodlaboratorium in te richten en het personeel in Goes te huisvesten.

Helaas vergden deze voorbereidingen toch zoveel tijd, dat dit noodlaboratorium pas begin februari 1946 in gebruik kon worden genomen. Een gedegen normale uitvoering der analyses was dus niet meer mogelijk wilden de uitkomsten niet als mosterd na de maaltijd komen. Men moest dus bekorten en vereenvoudigen. Ten eerste werd al meteen afgezien van de spinazie-voorbehandeling hetgeen verantwoord was, daar de overvloedige regens in die winter het gehalte aan oplosbare stikstof in de bouwvoor in de regel tot lage waarden bleken te hebben gereduceerd. Bovendien werd genoegen genomen met een verkorting van de incubatietijd van 6 op 4 weken. Daarnaast werd een klein aantal representatieve monsters reeds in december 1945 genomen en op het laboratorium te Kampen onderzocht.

Zodoende kon op 21 maart een voorlopig globaal advies worden gegeven, dat op 17 april aangevuld werd met het eerste verslag, dat een gevolg was van te Goes verrichte analyses van grotere series monsters. Het advies van maart was nog net voldoende vroeg verstrekt om de daarvoor verantwoor-

delijke instanties in staat te stellen de aankoop van stikstof-meststoffen erop af te stemmen.

Daar dit onderzoek zich over nagenoeg het gehele door inundaties geteisterde gebied in het Z.W. van ons land uitstrekte, bleek het een zeer grote en zware taak te zijn daar men ettelijke afzonderlijke grondtypen en omstandigheden moest onderscheiden, die alle verschillende uitkomsten leverden. In de eerste plaats moesten de zwaarteklassen van de grond apart worden beschouwd: 1. zandgronden, 2. lichte zavels, 3. zware zavels en 4. kleigronden. Maar ook kalkhoudendheid en kalkloosheid moesten worden onderscheiden evenals verschillen in het humusgehalte. Daarnaast bleek het, dat de graslanden ook in dit opzicht zich scherp onderscheiden van de bouwlanden, zoals het ook het geval was bij de zwavelhuishouding (zie hoofdstuk IV). Ook bleek het noodzakelijk te zijn inundaties met zout water te onderscheiden van die miet brak water en deze weer van die met zoet water. In de inundatiegebieden met zoet water in Zuid-Holland meende men zelfs helemaal geen Tholen-effect te hebben . Opzettelijk werd de Wieringermeer dan ook als zoet-water inundatieterrein in het onderzoek betrokken. En tenslotte moest men er ook rekening mede houden of de grond vóór de inundatie pas bewerkt was of niet en natuurlijk speelde het tijdstip van het drooggvallen ook een grote rol.

Al deze verschillen zullen na een korte bespreking der afzonderlijke gebieden nog nader worden beoordeeld.

Op Walcheren deden zich, net als bij de zwavelhuishouding ook hierbij de complicaties voor, die voortvloeien uit de werking der getijbewegingen van het water, zodat wederom - als in hoofdstuk IV - jonge slikken, verspoelde gronden, onverspoelde oude bouwvoor en afgeschuurde gronden (ondergronden) moesten worden onderscheiden.

Uit al het bovenstaande zal reeds voldoende zijn gebleken, dat men in een groot en gecompliceerd gebied moest werken en wel trachtende geforceerd in korte tijd het onderzoek te verrichten; en dat nog wel met een geimproviseerde en gebrekkige apparatuur en een uitvoering die nog niet door de periode der kinderziekten heen was. Pas in latere jaren leerde men de

incubatie-methode volledig beheersen (48, 49), maar toen was het Tholen-effect verdwenen. Zo is het dus duidelijk, dat de verkregen uitkomsten geen aanspraak kunnen maken op een hoge graad van nauwkeurigheid. Besloten werd dan ook de stikstof-mineralisatie niet in exacte getallen uit te drukken, die een grotere nauwkeurigheid pretenderen, dan bereikt was, doch in het onderstaande in representative grafieken de gebieden en grondsoorten te karakteriseren. Uit deze grafieken kan de lezer desgewenst cijfers afleiden. Maar ook deze grafieken moeten critisch worden bekeken. Feitelijk mag men daarbij nauwelijks verder gaan, dan er enkele klassen van stikstofrijkdom uit af te leiden. Bij de uitgebrachte adviezen werden zelfs de grafieken wegg laten en volstond men met de klasse aan te geven. Er werden 5 klassen onderscheiden: 1. Zeer stikstofarm, 2. Stikstofarm, 3. Matig stikstofrijk. 4. Stikstof rijk en 5. Overmaat stikstof bevattend. Voor de praktijk van de landbouw was zulk een indeling voldoende als men de erbij vermelde sleutel voor het interpreteren dezer klassen toepaste, want dan kon worden verwacht, dat in klasse 5 legering en dergelijke moeilijkheden moesten worden verwacht, klasse 4 vermoedelijk de ideale toestand benaderde, waarbij juist geen N-bemesting gegeven behoefde te worden; in klasse 3 met een lichte bemesting kon worden volstaan (bij granen ca. 40 kg N/ha), in klasse 2 een behoorlijke N-bemesting vereist werd bij granen 50 à 60 kg N/ha) en in klasse 1 alleen met zware giften een goede oogst bereikt kon worden.

Overgaande tot het karakteriseren van de afzonderlijke gebieden zullen worden onderscheiden:
Tholen; Schouwen-Duiveland; Walcheren;Overflakkee en de Wieringermeer.

1. <u>Onderzoek in 1945/46.</u>

<u>Tholen.</u>

Op Tholen moest men scherp onderscheiden de in 1945 beteelde en de niet beteelde terreinen. Door de regenrijke winter van 1945/46 was de oplosbare stikstof uit de bouwvoor tegen het voorjaar weliswaar op de meeste terreinen grotendeels naar de ondergrond gespoeld, zodat men toen in de bouwvoormonsters in

tegenstelling tot de in tabel XXVII vermelde, vroeger genomen, monsters overal vrij lage gehalten van 2 tot 10 mgr per kg droge grond vond, maar bij de mineralisatie-bepaling bleken deze twee groepen toch nog verschillend te zijn: De in 1945 brake percelen, indien zij niet te rijkelijk met onkruiden begroeid waren, vertoonden over het algemeen een sterkere stikstof-mineralisatie, dan de percelen, die in 1945 al een gewas hadden voortgebracht. De figuren 13 en 14 illustreren dit. Ook op andere grondsoorten vond men dergelijke verschillen. Deze uitkomsten suggereren, dat de onttrekking van opneembare stikstof door het gewas het Tholen-effect voor het volgend jaar volkomen teniet doet, aangezien de in 1945 beteelde terreinen stikstof-mineralisaties vertoonden, die op één niveau liggen met niet geinundeerde terreinen, terwijl een uitspoeling door de regen wel het gehalte aan oplosbare stikstof tot hetzelfde lage peil kan terugbrengen, maar de regeneratie ervan uit de onoplosbare voorraad niet volledig onderdrukt. Vermoedelijk zal hierbij een rol hebben gespeeld, de stikstof-arme organische stof, die op de in 1945 reeds beteelde terreinen als stoppels en wortels was achtergebleven. In de ontwikkeling van de gewassen in 1946 bleek dit verschil tussen de in 1945 brake en beteeld terreinen nog sprekender te voorschijn te komen. Hierbij speelden zeer waarschijnlijk de uit de bouwvoor naar de ondergrond gespoelde voorraden opneembare stikstof een rol; deze waren immers op de beteelde terreinen veel kleiner, dan op de brake. Helaas werden geen analyses van de ondergrond uitgevoerd, zodat men hierbij op veronderstellingen moet afgaan. Deze veronderstellingen werden in latere jaren sterk gesteund door methodische onderzoekingen over de op- en neergaande verplaatsing van oplosbare stoffen in de grond onder invloed van regen en verdamping.

Op grond van de in het voorjaar op Tholen verkregen uitkomsten bleken dus, in grote lijnen gezien, de zware, in 1945 brake, gronden nog een merkbaar Tholen-effect te vertonen, zij moesten in klasse 4 worden gerangschikt, terwijl de overeenkomstige in 1945 begroeide terreinen in de klassen

2 of 3 moesten worden geplaatst. De lichtere gronden kwamen op overeenkomstige wijze in de klassen resp. 2 of 1 terecht. De adviezen aan de praktijk werden dus overeenkomstig deze klasseindeling gegeven. Er werd ook uitdrukkelijk vermeld, dat deze adviezen alleen golden voor de terreinen, die geinundeerd zijn geweest. De interpretatie van deze adviezen in reële stikstofgiften, aangepast aan de te verbouwen gewassen, werd door de voorlichtingsdienst verzorgd. Met grote spanning werd in het voorjaar van 1946 uitgezien naar de groei der gewassen. Uit de aard der zaak bleek de verwachting niet in alle gevallen volkomen juist te zijn geweest, hetgeen bij al de moeilijkheden en gebreken van het onderzoek ook niet behoeft te verwonderen. Maar in de meeste gevallen bleek men toch juist te hebben geadvizeerd, zodat de boeren die de adviezen hebben opgevolgd, als regel de gewenste bemesting bleken te hebben gegeven.

Met een enkel woord moet nog worden vermeld, dat de vroegere graslanden in het voorjaar van 1946 nog zeer veel oplosbare stikstof bleken te bevatten en ook een zeer intensieve mineralisatie vertoonden (fig. 15), zodat al deze terreinen nog in klasse 5 moesten worden ingedeeld. Gescheurde oude graslanden leveren in het eerste jaar na het scheuren weliswaar altijd veel opneembare stikstof, maar in de zoutwater-inundatiegebieden was deze stikstofrijkdom toch uitzonderlijk groot. Ook bij het weglaten van de stikstofbemesting bleek het er niet mogelijk normale gewassen te verbouwen, althans indien er in 1945 geen gewas op had gestaan.

Schouwen-Duiveland.

Daar Schouwen-Duiveland pas in de loop van de zomer 1945 werd drooggemalen, zodat er in 1945 niet alleen geen gewassen konden worden verbouwd, maar de meeste gronden tegen het najaar ook nog zo nat en dicht waren, dat de winterregens veel meer oppervlakkige afstroming dan percolatie te zien gaven, vooral op terreinen met gestoorde waterafvoer door defecten aan gemalen, duikers en watergangen, kon men al te

voren verwachten dat er in 1946 overal het Tholen-effect zou optreden. Toch bleek het beeld hier veel bonter en onregelmatiger te zijn dan in 1945 op Tholen. De zware en middelzware gronden bleken in het voorjaar inderdaad meerendeels een verhoogde stikstofmineralisatie te hebben en vaak zelfs nog vrij veel opneembare stikstof te bevatten (fig. 16), maar op de lichte gronden was het beeld zeer bont en vaak was er nauwelijks sprake van een verhoogde stikstof-levering (fig. 17), hetgeen duidelijk blijkt als men ze vergelijkt met soortgelijke gronden die niet waren geinundeerd (fig. 18). Blijkbaar had er op deze doorlatende gronden toch al zo veel uitspoeling plaats gehad, dat het Tholen-effect verzwakt was. Generaliserend kon men dus voor de geinundeerde terreinen op Schouwen-Duiveland een matige uiting van het Tholen-effect voorspellen voor de zwaardere gronden, speciaal voor de ontkalkte (klassen 3 tot 4), en nauwelijks enige uiting op de meeste lichte gronden. Deze prognose bleek in wezen juist te zijn; toch deden zich nergens zo veel onverklaarbare afwijkingen voor als juist op dit eiland, dat te laat was drooggekomen om reeds in 1945 het Tholen-effect te vertonen en te vroeg om in 1946 nog veel stikstof te leveren.

De oude graslanden bleken ook hier weer abnormaal stikstof-rijk te zijn, ongeveer overeenkomend met die op Tholen.

Overige inundatiegebieden met stilstaand water.

Hiertoe moeten worden gerekend Overflakkee, Voorne, Putten, Noordwest-Brabant, Noord Beveland en Zeeuws Vlaanderen. In deze gebieden werd of geen of slechts een zeer oppervlakkig onderzoek verricht, daar men hier met slechts gedeeltelijke overstromingen en vaak met brak en niet met zout water te maken had. Door het gebrek aan tijd en werkmogelijkheid werd het juister geoordeeld de zwaar getroffen gebieden zo intensief mogelijk te bestuderen en de minder belangrijke buiten beschouwing te laten, dan overal een zeer gebrekkig onderzoek te verrichten. Alleen op Overflakkee en op Voorne werden en-

kele bemonsteringen in 1946 uitgevoerd en wel op vergelijkbare terreinen, die met vol-zout resp. met brak water waren geinundeerd, om op deze wijze gegevens te verkrijgen over de invloed van het zoutgehalte op de mobilisatie van de stikstof in de grond. Om deze vergelijking nog verder door te voeren werden ook in de Wieringermeer, die in 1945 met zoet water was geinundeerd, monsters genomen. Bij de vele vroegere overstromingen van cultuurland met zoet water was nooit iets gebleken van een verhoogde stikstof-levering door de grond, zodoende moest worden aangenomen, dat dit effect specifiek is voor overstroming met zout water. De uitkomsten verkregen in de hier genoemde gebieden hebben deze veronderstelling volkomen bevestigd. Zo werden op twee klei-percelen op Overflakkee, waarvan het ene met nagenoeg vol-zout water, het andere met brak water waren geinundeerd geweest, in het voorjaar van 1946 de in fig. 19 weergegeven mineralisatiecurven gevonden. In beide gevallen dus enigszins verhoogde stikstofleveringen, maar bij zout water duidelijk meer dan bij brak water. In de lichte gronden bleek op Overflakkee nergens een duidelijk Tholen-effect aanwezig te zijn, zodat daarbij het verschil tussen zout- en brakwaterinundaties niet tot uiting kwam. Op Voorne werden analoge uitkomsten verkregen. In de overige, bovengenoemde terreinen in het Zuidwestelijke inundatie-gebied werden geen bemonsteringen uitgevoerd, zodat men daar uitsluitend moest afgaan op de ontwikkeling der gewassen. Er was een algemene waarschuwing gegeven vooral niet te zwaar met stikstof te mesten, daar men op Voorne en Overflakkee op de zware gronden wel een iets verhoogde stikstoflevering had gevonden, maar een geprononceerd Tholen-effect werd niet verwacht. De praktijkervaring heeft deze algemene verwachting niet gelogenstraft, ook al deden zich individuele onverwachte afwijkingen naar beide zijden voor.

Naast de zout- of brakwater inundaties in het Zuidwesten van ons land waren in andere delen van Nederland talrijke inundaties met zoet water gesteld. Een van de grootste was die van de Wieringermeer. Hoewel a priorie in al deze gevallen geen verhoogde stikstof-mobilisatie werd verwacht, heeft men

toch in de Wieringermeer na het weer droogvallen enkele grondmonsters genomen en daarin het gehalte aan oplosbare stikstof en het verloop van de mineralisatie bij incubatie-proeven bepaald om zeker te zijn, dat de inundatie daar geen stikstof verhogende werking heeft gehad. In geen der monsters, noch in zware noch in lichte gronden, kon een waarneembare afwijking van de toestand vóór de inundatie worden aangetroffen. Hierdoor was op overtuigende wijze aangetoond, dat zoet-water inundatie in dezen onwerkzaam is en het Tholen-effect een specifiek gevolg is van overstroming met zout water.

Walcheren.

Walcheren is het laatst drooggemalen deel van het inundatie-gebied. Het westelijke deel viel in december 1945 droog en het oostelijke pas in het voorjaar van 1946. Bovendien was door de getijstromen op Walcheren veel meer schade toegebracht aan sloten, waterlopen, duikers en gemalen, dan het geval was op de andere, met stilstaand water overstroomde terreinen. Daardoor verliep de ontwatering en ontzilting ook na het droogvallen nog langere tijd gebrekkig. Zodoende was Walcheren in 1946 nog zeer zout, aanzienlihk zouter, dan Schouwen-Duiveland en alle overige gebieden, ja zelfs zouter dan Tholen in 1945 was.

De getijstromen hadden bovendien op vele terreinen de losse bovengrond (de bouwvoor) afgespoeld en elders in de luwte van obstakels weer afgezet als sliklagen, terwijl ook vers zeeslib zich uit het troebele zeewater op vele plaatsen afzette.

In de gronden, die door de getijbeweging mechanisch niet beinvloed waren, waar dus geen slik op afgezet was, en waar de bouwvoor ook niet was geërodeerd, trof men in het voorjaar van 1946 over het algemeen duidelijk verhoogde maar niet opvallend hoge gehalten oplosbare stikstof aan, min of meer vergelijkbaar met Tholen in 1945 en de stikstofrijke percelen op Schouwen Duiveland. Ook de stikstofmineralisatie-krommen bleken over het algemeen vrij stijl te verlopen,

zoals gedemonstreerd wordt in fig. 20. Op al zulke terreinen kon men dus een vrij duidelijk verhoogde stikstof-levering verwachten, waardoor men de zware gronden er in de klassen 3 of 4 en de lichte in 2 of 3 heeft gerangschikt.

Op terreinen met afslag van de bouwvoor trof men echter aanzienlijk lagere stikstof gehalten en ook een zwakkere stikstof-mineralisatie aan, ook al was de grond er even zwaar als op niet afgeslagen terreinen. Het geringere humus-gehalte en de zwakkere microben-activiteit bleken van doorslaggevende betekenis te zijn. Zo werd bijvoorbeeld op een middelzwaar bouwland, waar de bouwvoor volledig van af was gespoeld, in de nu bloot gekomen ondergrond slechts 5 dpm oplosbare stikstof aangetroffen, en de mineralisatie-curve bereikte slechts 18 d.p.m. (zie fig. 21). Deze terreinen moesten dus in klasse 2 of zelfs 1 worden geplaatst. De afzettingen van elders afgeslagen bouwvoor -de zogenaamde "verspoelde" gronden - bleken meer oplosbare stikstof te bevatten en ook een intensivere mineralisatie te hebben dan normale gronden van vergelijkbare zwaarte, kalkrijkdom en humusgehalte. Het was dus noodzakelijk terreinen met zulke verspoelde gronden afzonderlijk te onderzoeken. Als voorbeelden van in deze afzettingen gevonden mineralisatie-curven kan dienen fig. 22 vertegenwoordigend een middel-zware kalkhoudende en een lichte kalkarme verspoelde grond. Vergelijkt men ze met min of meer overeenkomstige niet verspoelde gronden, dus met de curven 3 en 4 in fig. 20, dan komt het verschil duidelijk tot uiting.

De echte nieuwe marine slikken moesten wederom apart worden beoordeeld, daar al spoedig bleek, dat zij opvallend veel oplosbare stikstof bevatten en zeer stijl verlopende mineralisatie-curven hadden. Zij vormden dus op Walcheren een volkomen nieuw element, daar zij én sulfieden-houdend waren, zoals in hoofdstuk IV reeds werd vermeld, én steeds zeer veel koolzure kalk bevatten (7-15% op droge stof), én relatief humusrijk waren, en nu ook zeer stikstof-rijk bleken te zijn. Treffende voorbeelden van in zulke slikken gevonden stikstof-mineralisatie-curven zijn weergegeven in fig. 23.

Het werd dus al in het voorjaar van 1946 duidelijk, dat zowel de verspoelde gronden als ook de verse marine slikken moesten worden onderkend en apart beoordeeld. Dat was op zich zelf al een grote belasting en vertraging van het werk, daar men dus niet klakkeloos de in aanmerking komende terreinen kon bemonsteren, doch eraan vooraf moest laten gaan het opzoeken en in kaart brengen van alle terreinen, waar verspoelde grond of jonge slikken op waren afgezet als ook van de terreinen met min of meer afspoeling der bouwvoor. Deze kartering werd verricht door de Dienst Landbouwherstel met speciaal hierop getrainde karteerders, waarna pas de bemonstering kon plaats hebben. Deze taak van deze kaarteerders mag niet worden onderschat, daar zij niet alleen te kampen hadden met zeer slechte toegankelijkheid en begaanbaarheid der terreinen, maar ook met het feit, dat de graad van afspoeling vaak moeilijk was te zien en de jonge afzettingen vaak zeer onregelmatig en varierend in dikte op de terreinen waren gevormd. Zeer dunne lagen van enkele centimeters moesten worden verwaarloosd, daar zij na bewerking van het land een slechts onbeduidend aandeel in de te vormen bouwvoor zouden spelen. Pas lagen van 5 cm of meer werden als slikgronden aangemerkt en alleen lagen ter dikte van een normale bouwvoor moesten ten volle in rekening worden gebracht. Nog moeilijker was het de lokaal verspoelde gronden te onderscheiden van de jonge marine afzettingen. Er waren wel enkele in het veld waarneembare eigenschappen waaraan men deze twee soorten slikken kon herkennen: de marine slikken waren homogeen, structuurloos, grijs van kleur, zeer rijk aan koolzure kalk (opbruisen met zoutzuur) tegen de verspoelde gronden ongelijkmatig opgebouwd uit grovere en fijnere deeltjes, bruinachtig van kleur en arm aan koolzure kalk, maar slechts geoefende personen konden deze kenmerken met zekerheid hanteren, en nog moeilijker werd het indien - zoals vaak het geval was - mengsels van marien slib en oude bouwvoorgrond werden afgezet. Men moet deze kaartering dan ook slechts als een zeer globale orientering beschouwen, waardoor het mogelijk was in grote lijnen de arealen van de verschillende

toestanden (onbeinvloed, geërodeerd, met verspoelde grond bedekt en met jong slik bedekt) te kunnen schatten. Daarnaast werden door de kaarteerders representatieve objecten voor de bemonstering en onderzoek opgezocht. Uit de uitkomsten van de analyses van deze representative monsters en uit de geschatte arealen kon dan de verwachte stikstof-behoefte worden berekend.

Niettegenstaande deze prettige en zeer gewaardeerde samenwerking van de Wieringermeerdirectie en de Dienst Landbouwherstel nam het gehele stikstof-onderzoek bij de ingewikkelde verhoudingen op Walcheren zo veel tijd in beslag, dat de uitkomsten grotendeels te laat bekend werden voor de voorjaarsinzaai, waarbij dus op schattingen aan de hand van enkele spoed-analyses en van de resultaten, verkregen op Tholen en Schouwen, moest worden afgegaan. Het nadeel van dit te laat gereed zijn was echter op Walcheren minder groot dan men had gevreesd, daar door het laat droog-malen en de slechte toestand van de waterafvoer de ontwatering en ontzilting traag verliep, zodat de meeste gronden in 1946 nog niet konden worden ingezaaid, en als zij al werden beteeld, dan bleken de gewassen sterk te lijden onder te hoge zout-concentraties.

Deze zout schade bleek in de loop vande zomer 1946 een onverwacht effect te hebben ten opzichte van de prognose van de stikstof-bemesting, die was opgesteld op grond van de analyses. De analyses wettigden immers de conclusie, dat Walcheren in 1946 zeer stikstof-rijk zou zijn: op de niet geërodeerde en niet met slik bedekte gronden werd reeds een behoorlijke stikstof-levering verwacht en nog meer was dat het geval op de verspoelde gronden, terwijl de jonge slikken zelfs extreem stikstof-rijk bleken te zijn, zodat men ze, tot op de lichtste gevallen, alle in klasse 5 indeelde. Door het hoge zoutgehalte veroorzaakte de opneembare stikstof echter geen welige groei. Integendeel de meeste gewassen bleven op Walcheren kort en schraal, in hun habitus lijkend op hongerende schrale gewassen. Alleen hun kleur wees er op, dat hier geen gebrek aan stikstof in het spel was. Zij waren n.l. donker groen, vaak zelfs opvallend vaal en donker. Het droge weer in het voorjaar van 1946 bevorderde deze

situatie nog extra. Pas na de overvloedige regens in juni en juli trad enig herstel van de gewassen op, doch dat tijdstip was reeds te laat voor een goede ontwikkeling. Alleen op de hoogst gelegen delen van geaccidenteerde percelen was de ontzilting reeds voldoende gevorderd, zodat zich daar soms vrij welige gewassen ontwikkelden, die dan soms zelfs legerden.

Men kan dus concluderen, dat terwijl op de reeds veel beter ontzilte eilanden Tholen en Schouwen de gegeven bemestingsadviezen over het algemeen vrij goed met de resultaten te velde overeenkwamen, niettegenstaande de zeer bonte verdeling van de stikstof-rijkdom over het terrein, op Walcheren, de verwachte weilige groei volkomen uitbleef. Toch mag men daaruit niet afleiden, dat men dus meer stikstof-mest had moeten geven. Een door zoutschade gedeprecieerd gewas zou door een verhoogde stikstof-gift immers toch niet tot betere groei zijn gekomen. Eerder zou men kunnen zeggen, dat men wellicht verstandiger had gedaan op Walcheren nog minder percelen in 1946 al in te zaaien. Het heeft echter een vreemde indruk op de boeren op Walcheren gemaakt, dat welige gewassen waren voorspeld, en juist zeer schrale waren gegroeid. Zelfs op de voormalige graslanden, die hier op Walcheren ook buitengewoon veel stikstof leverden (fig. 24), verkreeg men in de regel dezelfde aan zoutschade lijdende schrale gewassen.

2. Onderzoek in 1946/47 en later.

Toen de in het voorjaar van 1946 verrichte analyses in de daaropvolgende maanden rustig konden worden beoordeeld en vergeleken met de groei der gewassen te velde, rees al spoedig de vraag of en in welke mate men voor 1947 nog met een verhoogde stikstof-levering uit de gronden moest rekenen. Men had in 1946 - vooral op Tholen - weliswaar reeds de indruk gekregen, dat op de normale bouwland-gronden de voorraden assimileerbare stikstof al in een à twee jaar tijds sterk slonken en ook de nalevering door mineralisatie sterk verminderde, maar een abrupt einde van het Tholen-effect binnen één jaar werd op dergelijke gronden alleen bereikt na het betelen ervan met een gewas. Op de vele in 1946 nog volkomen onbebouwde gronden - vooral op Walcheren - moest dus wel degelijk nog met meer of

minder abnormale stikstofrijkdom in 1947 worden gerekend, en op de verspoelde gronden en de marine slikken als ook op de voormalige graslanden kon zeker stikstof-overvloed worden verwacht. De kaartering van de sliklagen en van de bouwvoor-erosie en de bemonstering en analyse werden dan ook in het winterhalfjaar 1946/47 weer met kracht aangepakt. Nu kon alles al aanzienlijk rustiger en degelijker worden verricht, zodat betrouwbare uitkomsten werden verkregen. De aandacht werd nu vooral gericht op Walcheren, dat feitelijk pas in 1947 in een toestand kwam, waarbij de meeste terreinen bebouwd konden worden, en waar nu ook het zoutgehalte van de gronden voldoende was gedaald.

De uitkomsten van dit onderzoek kunnen anloog aan die over 1945/46 in verkorte vorm worden vermeld:

De voormalige bouwlanden, die in 1946 reeds een min of meer goed gelukt gewas hadden gedragen bleken als regel reeds op het normale niveau van niet geinundeerde gronden te liggen, varierend in afhankelijkheid van hun zwaarte, humusgehalte en kalkrijkdom. Overal op deze gronden werd dus in 1947 geadviseerd de gebruikelijke stikstofbemesting te geven. Op Tholen was hiermede dus al het bouwland weer normaal geworden en ook op Schouwen-Duiveland bleven niet veel bouwland-terreinen met een verhoogde stikstof-rijkdom over. Op Walcheren bleken in deze categorie van gronden echter nog enkele uitzonderingen voor te komen, met nog duidelijk verhoogde stikstof-levering, zoals afgebeeld in fig. 25, weergevende een kalkhoudend zwaar bouwland, dat in 1946 zomergerst had gedragen.

De in 1946 nog onbegroeide voormalige bouwlanden, die in 1947 vrijwel alleen op Walcheren van betekenis waren, vertoonden echter gevarieerde, maar vaak nog zeer duidelijk verhoogde stikstof-gehalten, geheel overeenkomend met de in fig. 20 afgebeelde toestanden uit het voorjaar van 1946.

Zeer stikstofrijk bleken ook alle marine slikken nog te zijn. Een merkbare vermindering vergeleken met 1946 kon nauwelijks worden geconstateerd. Nog steeds trof men in de zware slikken bij incubatie curven aan stijgend van een gehalte aan oplosbare stikstof van 10 à 20 d.p.m. tot ca. 140 d.p.m. en in

de zandige slikken van ca. 10 d.p.m. tot ca. 40 d.p.m. Bij deze slikgronden kon de invloed van begroeiing niet worden nagegaan, daar in 1946 de slikken nergens beteeld waren. Pas in 1947 werden vele slikgronden in cultuur genomen, vooral de lichte, waarbij in 1948 dan ook een merkbare uitputting van de stikstoflevering optrad, zodat in dat jaar feitelijk alleen de zware slikgronden nog min of meer een verhoogde stikstofvoeding der gewassen leverden.

Zonder in te willen gaan op een poging de oorzaak van het Tholen-effect te vinden, moet hier toch wel worden vermeld, dat vers afgezet marien slib niet alleen op Walcheren, doch overal de grote rijkdom aan opneembare stikstof en snelle vorming ervan vertoont. In potproeven met pas gesedimenteerd slib uit de Waddenzee bleek het stikstofleverend vermogen ervan van dezelfde orde van grootte te zijn als in de slikken op Walcheren. De ervaringen bij het in cultuur brengen van pas bedijkte slikken bevestigen deze waarneming.

De voormalige graslanden bleken, ook als zij in 1946 reeds een gewas hadden gedragen, nog zeer veel stikstof te leveren, zodat men op de meeste van deze terreinen ook voor 1947 nog alle stikstofbemesting moest ontraden. Zelfs een jaar later, in het voorjaar van 1948 bleek in deze oude graslanden de stikstof-mineralisatie nog zeer hoog te zijn. Het moet dus wel als opvallend worden geacht, dat de intensive mineralisatie van stikstof uit de oude zode, die weliswaar karakteristiek is voor gescheurd grasland, hier in het zout-water-inundatiegebied bijzonder markant naar voren trad. Op zware kalkarme gronden trof men nog gevallen aan, zoals weergegeven door curve 1 in fig. 26 en zelfs op lichte kalkhoudende percelen kwamen gevallen voor met mineraalstikstof-gehalten van boven 10 d.p.m. en tijdens de incubatie oplopend tot ruim 50 d.p.m. Ook na bebouwing in 1946 trof men gevallen aan als de curve 2 in fig. 26. Bij het vergelijken van de voormalige graslanden in het inundatiegebied met gescheurde graslanden elders mogen uit den aard der zaak alleen oude blijvende graslanden worden beoordeeld, daar men in Zeeland weinig of geen kunstweiden of jonge graslanden

aantrof, en hoe ouder het grasland is des te sterker is diens stikstof-werking na scheuren.

Als men het verloop van de met het Tholen-effect samenhangende verschijnselen te velde en de uitkomsten van de hierop betrekking hebbende onderzoekingen overziet, dan kunnen enkele conclusies worden getrokken:

1. Overstroming met zeewater beinvloedt de grond zodanig, dat daarin reeds tijdens de overstroming veel stikstof wordt gemineralizeerd, zodat zich abnormaal hoge concentraties van opneembare stikstof vormen. Dit is niet een gevolg van verhoogde algemene mineralisatie van organische stof in de grond, daar het aantal microorganismen en de koolzuurproductie hierbij niet verhoogd worden (zie hoofdstukken I, II en III).
2. Dit verschijnsel treedt echter alleen op indien de overstroming vrij lang heeft geduurd (verscheidene maanden) en het zoutgehalte hoog was, dus dat van vol-zeewater benaderde.
3. De verhoogde mineralisatie van de stikstof houdt aan ook enigen tijd na het weer droogvallen van de grond, althans zolang de grond nog zouthoudend is, en loopt daarna geleidelijk terug tot het normale peil.
4. De graad van stikstof-overvloed hangt af van meerdere eigenschappen van de grond. In de eerste plaats verloopt hij evenredig met het gehalte aan afslibbare delen en aan organische stof. Een systematisch onderzoek hierover werd weliswaar niet verricht, maar uit alle analyses en veldwaarnemingen is overtuigend gebleken, dat het Tholen-effect duidelijker tot uiting komt naarmate de grond zwaarder en humeuzer is . (Vergelijk o.a. de curven 1 en 2 in fig .16 en de curve 3 van fig. 16 met curve 1 van fig 17; curve 1 van fig. 13 met curve 1 van fig. 17; curve 1 van fig 19 met curve 2 van fig. 17 en de monsters 5 en 6 in tabel XXVIII. Deze relatie is trouwens volkomen begrijpelijk, aangezien de organische stof in de grond de stikstof bevat,

die gemineraliseerd wordt en het klei-gehalte in de regel gecorreleerd is met het humus-gehalte.

5. Minder vanzelfsprekend is de eveneens duidelijke parallelliteit tussen de graad van ontkalking van de grond en de intensiteit van de stikstof-mineralisatie. In gronden van gelijke zwaarte kon deze overeenstemming gemakkelijk worden vervolgd. (Vergelijk o.a. de curven 1 en 2 van fig. 20; de curven 1 en 2 van fig. 17; de curve 2 van fig. 16 met de curve 1 van fig. 19. Een poging dit verschijnsel te verklaren moet worden uitgesteld tot het afsluiten van het onderzoek naar het wezen van het Tholen-effect.
6. Eveneens niet zonder meer verklaarbaar is de waarneming, dat op percelen, waar de grond vlak vóór de inundatie diep was bewerkt de stikstof-mineralisatie geprononceerd was dan op niet geploegd land. In fig. 27 zijn de mineralisatie-curven weergegeven in twee monsters, het geploegde en het niet geploegde genomen op hetzelfde perceel op Walcheren, dat op het moment van het inunderen voor de helft was geploegd.
7. Dat de voormalige graslanden na de inundatie bijzonder veel stikstof mineraliseerden behoeft nog niet aan de inundatie te worden toegeschreven, daar deze afgestorven graszoden uit de aard der zaak analoog werken aan normaal gescheurde graslanden. Maar in de inundatie-gebieden bleek deze werking extra te zijn versterkt, hetgeen waarschijnlijk een gevolg is van de stimulerende werking van het zeewater op de stikstof-mineralisatie uit de organische stof van de afgestorven zode. Stikstof-mineralisatie-curven zijn weergegeven in de afbeeldingen 15 en 26, die moeten worden vergeleken met resp. de curven 1 en 2 van fig. 16 en met fig. 25.
8. Indien - zoals op Walcheren - door de getijstromingen erosie van de grond plaats vond, en de geërodeerde grond elders weer werd afgezet, dan bleek de stikstof-mineralisatie daardoor te zijn verhoogd.
9. Een nog grotere stikstof-rijkdom en een zeer persistente mineralisatie vertoonden de afzettingen van nieuw aangevoerd marien slib, waarin wederom - net als in de oude

gronden - de graad van de stikstof-rijkdom parallel verliep met de zwaarte van het slik. (Zie o.a. de monsters 16 en 17 in tabel XXVIII).

10. De voor de praktijk van de landbouw belangrijkste conclusie kan tenslotte als volgt worden geformuleerd:

Ook al moet de versterkte mineralisatie van de stikstof steeds worden verwacht bij langdurige overstroming van de grond met zeewater, de praktijk zal in de meeste gevallen hiermede geen rekening hoeven te houden, daar andere ongunstige factoren - zoals nog te hoog zoutgehalte, verval van de structuur na ontzilting, gestoorde ontwatering - meestal het gunstige effect van de stikstof-rijkdom zullen te niet doen. Alleen bij een zeer gunstige samenloop van omstandigheden, zoals in 1945 op Tholen, zal men van de stikstof-rijkdom kunnen profiteren. Men behoeft dus aan het verschijnsel van het Tholen-effect geen al te grote betekenis te hechten bij eventuele toekomstige zout-water overstromingen, die, naar men moet hopen, nooit weer ons land zullen teisteren.

Literatuurlijst

1. Ponse, H.:
"Kleine verhandeling over de beste en minst kostbare middelen, door proeven gestaafd, om met zout water overstroomd geweest zijnde, zo klei-, zand- als veengronden, tot hunne vorige vruchtbaarheid te herstellen". 1808.

2. Ponse, H.:
"Handleiding voor de landbouwers, wier landen door de watervloed van februari 1825 met zout water zijn overstroomd, om dezelve door min kostbare middelen tot hun vorige vruchtbaarheid te herstellen of ten minste voor te komen geen verkeerde middelen tot herstel aan te wenden". 1825.

3. Bemmelen, J.M. van:
"De oorzaken van de nadelige gevolgen, die een overstroming van zout water op bouw- en weilanden teweegbrengt". 1872.

4. Anon:
"Handelingen van het Genootschap van Nijverheid in de Provincie Groningen". 137 en 157, 1870/71; 45, 1871/72.

5. Reinders, G.:
"Beitrag zur Kenntnis der Einwirkung des Meerwassers auf den Boden".
Landw.Vers.Stat., 19, 190, 1876.

6. Mayer, A.:
"Verslag aan de Minister van Binnenlandse Zaken betreffende de proefnemingen op door zeewater overstroomde landen", 1877.

7. Anon:
"Handelingen van het Genootschap van Nijverheid in de Provincie Groningen", 188 en 211, 1877/78 en 106, 1879/80.

8. Kakebeeke, I.G.J.:
"De cultuur op door zeewater overstroomde gronden".
Directie van de Landbouw, 1906.

9. Haar, A.A. ter:
"De cultuur in de in 1906 in Zeeland ondergelopen polders".
Versl. en Meded.Dir.Landb. No. 6, 93, 1907 en No. 6, 86, 1910.

10. Hissink, D.J.:
"Het zoutgehalte van de op 12 maart 1906 ondergelopen Zeeuwse polders", 1907.

11. Ruyter de Wildt, J.C., Mol,D. en Berkhout, A.D.:
"Proeven omtrent den invloed van eene keukenzout- en eene groenbemesting op opbrengst en samenstelling van de suikerbiten benevens de nawerking ervan".
Versl.Landbouwk.Onderz., 10, 95, 1911.

12. Hissink, D.J.:
"Die Einwirkung verschiedener Salzlösungen auf die Durchlässigkeit des Bodens".
Internat.Mitteil. Bodenkunde, 6, 142, 1916.

13. Haar, A.A. ter:
"De cultuur in door zeewater overstroomde polders".
Nieuwe Veldbode, 14, 263, 1916.

14. Directie van de Landbouw:
"Ervaringen omtrent de cultuur op overstroomde gronden".
1916; herdr. 1944.

15. Smeding, S.:
"Ervaringen omtrent de cultuur op de in 1916 overstroomde gronden in de Anna Paulownapolder".
Cultura, 31, 406, 1919; 32, 2 en 60, 1920.

16. Nobel,C., Smeding,S. en Nobel,N.:
"De overstroming in Noordholland in januari 1916 en haar gevolgen voor de land- en tuinbouw".
Versl. en Meded.Dir.Landb., No. 1, 26, 52 en 140; 1921.

17. Hissink, D.J.:
"De inwerking van zout water op de bodem". 1916.

18. Hissink, D.J.:
"De nadelige gevolgen van een overstroming van zout water op kleigronden".
Cultura, 32, 74, 1920.

19. Hissink, D.J.:
"Een en ander naar aanleiding van een bezoek aan de Anna Paulownapolder in Maart 1922".
Algem.Nederl.Landbouwblad 8, Nos. 414 en 415; 1922.

20. Hissink, D.J.:
"Methode zur Bestimmung der austauschfähigen oder adsorbtiev gebundenen Basen im Boden und die Bedeutung dieser Basen für die Prozesse, die sich im Boden abspielen".
Internat.Mitteil.Bodenkunde, 12, 81, 1922.

21. Rowaan, P.A.:
"Overzicht van inundatie-onderzoek in Nederland tot 1944".
Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen. Serie: "De Inundaties gedurende 1944-1945 en hun gevolgen voor de landbouw", deel III.

22. Anon:
"Rapport betreffende het weder in cultuur brengen van geïnundeerde gebieden".
Correspondentieblad Rijkslandbouwvoorlichtingsdienst, 321, 1941.

23. Beekom, C.W.C.van:
"De geïnundeerde polders op Goeree-Overflakkee".
Nieuwe Veldbode, 7, 40, 1940.

24. Directie van de Wieringermeer:
"Rapport inzake het onderzoek en de ervaringen in de Kruiningen-, Nieuw Olzende- en Sint Pieterspolder na de inundaties in 1939 en 1940". 1945.

25.Zuur,A.J., Domingo,W.R., Harmsen,G.W. en Bosma,W.A.:
"Voordrachten over zoute gronden".
Directie van de Wieringermeer, Afd. Onderzoek; Speciale uitgave. 1944.

26.Vliet, A.M. van:
"Rapport betreffende het landbouwkundig onderzoek van de in 1939 en 1940 geïnundeerde gronden van de polder Kruiningen, de Nieuw Olzende- en de Sint Pieterspolder" 1945. (Stencil, niet gepubliceerd).

27.Verhoeven, B.:
"Over de zout- en vochthuishouding van geïnundeerde gronden".
Verslagen van Landb.Onderzoek.Serie "De Inundaties gedurende 1944-1945 en hun gevolgen voor de Landbouw", deel IV.

28.Harmsen, G.W.:
"Invloed van de overstroming van de Wilhelminapolder in 1943 (dijkval) op het microben-leven in de grond".
Intern rapport Wieringermeerdirectie (gestencild).

29.Shioiri, M. and Tanada, T.:
"The chemistry of paddy soils in Japan".
Jap.Govt.Minist.Agric.For., 1954, 45 pp.

30.Quispel, A.:
"Measurement of the oxidation-reduction potentials of normal and inundated soils".
Soil Sci., 63, 265, 1947.

31.Starkey, R.L., and Wight, K.M.:
"Anaerobic Corrosion of Iron in Soil".
American Gas Association, New York, 1945.

32.Domingo, W.R.:
"De kationenhuishouding in met zeewater geïnundeerde gronden".
Verslagen van Landb.Onderzoek. Serie "De Inundaties gedurende 1944-1945 en hun gevolgen voor de landbouw", deel IXa.

32[1].Domingo, W.R.:
"Verval en herstel van de bodemstructuur in de inundatiegebieden".
Verslagen van Landb.Onderzoek. Serie "De Inundaties gedurende 1944-1945 en hun gevolgen voor de Landbouw", deel IXb.

33.Rapporten met Betrekking tot de Onderzoekingen in den Andijker Proefpolder gedurende de eerste vier cultuurjaren", No. II p.330, 1932.

34.Verhoop, J.A.D.:
"Chemische en Microbiologische omzettingen van ijzersulfiden in den bodem".
Proefschrift Leiden-Wageningen, 1940.

35.Rudolfs, W.:
"Oxidation of iron-pyrites by sulphur-oxidising organisms".
Soil Sci., 14, 135, 1922.

36.Westerhof, J.J.:
"De inundaties van 1944 en 1945 in Nederland. Overzicht van uitvoering en verloop van de zout- en brakwaterinundaties tijdens de Duitse bezetting als militaire maatregel uitgevoerd". Rijksdienst voor Landbouwherstel. 1947.

37.Zuur, A.:
"Over de bodemkundige gesteldheid van de Wieringermeer".
Proefschrift Wageningen, 1938.

38.Bemmelen, J.M. van:
"Bijdrage tot de kennis van den alluvialen bodem in Nederland".
III. "De samenstelling en vorming van de zure gronden in het Nederlandsch Alluvium".
Verhandel.Acad.Wetensch., Amsterdam 25, 1886.

39.Spek, J.van der:
"Bijdrage tot de kennis van de zure gronden in het Nederlands Alluvium".
Verslagen Landb.Onderzoek. no. 40B, 1934.

40. Spek, J.van der:
"Katteklei".
Verslagen Landb.Onderzoek. no. 56.2.1, 1950.

41. Smittenberg, J., Harmsen, G.W., Quispel, A. and Otzen, D.:
"Rapid methods for determining different types of sulphur compounds in soil".
Plant and Soil, 3, 353, 1951.

42. Quispel, A., Harmsen, G.W. and Otzen, D.:
"Contribution to the chemical and bactoriological oxidation of pyrite in soil".
Plant and Soil, 4, 43, 1952.

43. Harmsen, G.W., Quispel, A. and Otzen, D.:
"Observations on the formation and oxidation of pyrite in the soil".
Plant and Soil, 5, 324, 1954.

44. Harmsen, G.W.:
"Adviezen over stikstofbemesting in de inundatiegebieden".
Intern rapport Directie van de Wieringermeer (N.O.P.), Microbiol.Afd.; (stencil, niet gepubliceerd), 1946.

45. Westerhof, J.J., Beekom, C.W.C.van, Prummel, J. en Paauw, F.van der:
"De bemesting op geïnundeerde gronden".
Verslagen van Landb.Onderzoekingen. Serie: "De Inundaties gedurende 1944-1945 en hun gevolgen voor de Landbouw", deel XIII.

46. Harmsen, G.W. and Lindenbergh, D.J.:
"Investigations on the nitrogen nutrition of plants".
Plant and Soil, 11, 1, 1949.

47. Harmsen, G.W., and Schreven D.A. van:
"Mineralization of Organic Nitrogen in Soil".
Adv.Agron. , 7, 299, 1955.

48. Harmsen, G.W.:
"Was kann uns die Bestimmung des Gehaltes löslichen Stickstoffs im Boden lehren?"
Zeitschr.Pflanzenern., Düng., Bodenk., 84 (129), 98, 1959.

49. Beekom, C.W.C. van, Westerhof, J.J. en Zaltbommel,L.K.van:
"Herstelmaatregelen, onderzoek en voorlichting".
Verslagen van Landb.Onderzoek. Serie "De Inundaties gedurende 1944-1945 en hun gevolgen voor de Landbouw", deel I.

Onderschriften bij de figuren:

Fig. 1. Schets van het proefveld in de Kruininger polder.
Plan of the experimental field in the Kruininger polder.

Fig. 2. Schets van het proefveld in de Nieuw-Olzender polder.
Plan of the experimental field in the Nieuw-Olzender polder.

Fig. 3. Totaal aantal microorganismen (plaattelling) op het proefveld in de Kruininger polder.
Plate counts of microorganisms, experimental field in the Kruininger polder.

Fig. 4. Totaal aantal microorganismen (plaattelling) op het proefveld in de Nieuw-Olzender polder.
Plate counts of microörganisms, experimental field in hte Nieuw-Olzender polder.

Fig. 5. CO_2-vorming in grondmonsters van het proefveld in de Kruininger polder.
CO_2-formation in soil samples from the experimental field in the Kruininger polder.

Fig. 6. CO_2-vorming in grondmonsters van het proefveld in de Nieuw-Olzender polder.
CO_2-formation in soil samples from the experimental field in the Nieuw-Olzender polder.

Fig. 7. CO_2-vorming te velde op het proefveld in de Nieuw-Olzender polder.
CO_2-formation by the soil under field-conditions on the experimental field in the Nieuw-Olzender polder.

Fig. 8. CO_2-vorming te velde op het proefveld bij Ellemeet.
CO_2-formation by the soil under field conditions on the experimental field near Ellemeet.

Fig. 9. Totaal aantal microorganismen (plaattelling) op het proefveld te Ellemeet.
Plate counts of microörganisms, experimental field near Ellemeet.

Fig. 10. Relatie tussen sulfidische zwavel en lutum.
Relation between sulphidic sulphur and lutum.

Fig. 11. Relatie tussen sulfidische zwavel en humus.
Relation between sulphidic sulphur and humus.

Fig. 12. Typen van stikstof-mineralisatie curven.
Different types of nitrogen-mineralisation curves.

Fig. 13. 1. Kalkarme klei,geïnundeerd, in 1945 braak.
2. Kalkarme klei,geïnundeerd, in 1945 gerst.
1. Non-calcareous clay soil, floaded, in 1945 fallow.
2. Non-calcareous clay soil, floaded, in 1945 under barley.

Fig. 14. 1. Kalkhoudende lichte zavel, geïnundeerd, in 1945 braak.
2. Kalkhoudende lichte zavel, geïnundeerd, in 1945 gerst.
1. Calcareous light silt-soil, floaded, in 1945 fallow.
2. Calcareous light silt-soil, floaded, in 1945 under barley.

Fig. 15. Ontkalkte kleigrond, oud grasland, geïnundeerd, in 1945 braak.
Non-calcareous claysoil, permanent grassland, floaded, in 1945 fallow.

Fig. 16. 1. Ontkalkte kleigrond, bouwland, humusrijk (6.7%), geïnundeerd.
2. Ontkalkte kleigrond, bouwland, normaal humusgehalte (3%), geïnundeerd.
3. Kalkhoudende zware zavel, bouwland, geïnundeerd.
1. Non-calcareous clay soil, arable land, high content of humus (6-7%), floaded.
2. Non-calcareous clay soil, arable land, normal content of humus (3%), floaded.
3. Calcareous silt soil, arable land, floaded.

Fig. 17. 1. Kalkarme lichte zavel, bouwland, geïnundeerd.
2. Kalkhoudende lichte zavel, bouwland, geïnundeerd.
1. Non-calcareous light silt soil, arable land, floaded.
2. Calcareous light silt soil, arable land, floaded.

Fig. 18. 1. Ontkalkte lichte zavel, bouwland, niet geïnundeerd.
2. Kalkhoudende lichte zavel, bouwland, niet geïnundeerd.
1. Non-calcareous light silt soil, arable land, not floaded.
2. Calcareous light silt soil, arable land, not floaded.

Fig. 19. 1. Kalkhoudende klei, bouwland, zout geïnundeerd.
2. Kalkhoudende klei, bouwland, brak geïnundeerd.
1. Calcareous clay soil, arable land, floaded with salt water.
2. Calcareous clay soil, arable land, floaded with brackish water.

Fig. 20. 1. Kalkloze klei, bouwland.
2. Kalkhoudende klei, bouwland.
3. Kalkarme middelzware zavel, bouwland.
4. Kalkrijke lichte zavel, bouwland.
1. Non-calcareous clay soil, arable land.
2. Calcareous clay soil, arable land.
3. Non-calcareous silt soil, arable land.
4. Calcareous light silt soil, arable land.

Fig. 21. Middelzwaar kalkarm bouwland, waarvan de bouwvoor was afgespoeld.
Non calcareous silt soil, arable land, topsoil lost by erosion.

Fig. 22. 1. Kalkhoudende middelzware verspoelde grond.
2. Kalkarme lichte verspoelde grond.
1. Calcareous silt soil, displaced by erosion.
2. Non calcareous light silt soil, displaced by erosion.

Fig. 23. 1. Zwaar marien slik (15% $CaCO_3$; 5% organische stof).
2. Middelzwaar marien slik (12% $CaCO_3$, 3% organische stof).
3. Licht marien slik (7% $CaCO_3$, 2% organische stof).
1. Heavy marine mud (15% $CaCO_3$; 5% organic matter).
2. Moderately heavy marine mud (12% $CaCO_3$; 3% organic matter).
3. Light marien mud (7% $CaCO_3$; 2% organic matter).

Fig. 24. Kalkarme kleigrond, voormalig grasland.
Non-calcareous clay soil, former permanent grassland.

Fig. 25. Kalkhoudend zwaar bouwland, in 1946 gerst.
Calcareous clay soil, arable land, in 1946 under barley.

Fig. 26. 1. Zware kalkarme grond, voormalig oud grasland, in 1946 onbegroeid.
2. Idem, doch in 1946 onder gerst.
1. Non-calcareous clay soil, former permanent grassland, in 1946 fallow.
2. The same but in 1946 under barley.

Fig. 27. 1. Kalkhoudende zware zavel, vóór de inundatie geploegd.
2. Idem, doch niet geploegd.
1. Calcareous silt soil, just ploughed before floading.
2. The same, but nog ploughed.

10000 $CaSo_4$ 3	5000 CaO sil. 7	5000 CaO poed. 2000 S 8	5000 CaO poed. 10000 hooi 11	5000 CaO sil. 5000 $CaSo_4$ 200 S 35000 stalm. 12	20000 $CaSo_4$ 4	5000 CaO poed. 35000 stalm. 9	onbemest 1	4000 $CaSo_4$ 2
20000 $CaSo_4$ 4	5000 CaO schuim 35000 stalm. 10	5000 CaO poed. 35000 stalm. 9	5000 CaO poed. 5000 $CaSo_4$ 200 S 35000 stalm. 13	4000 $CaSo_4$ 2	5000 CaO poed. 6	2000 CaO poed. 5	5000 CaO poed. 10000 hooi 11	5000 CaO poed. 2000 S 8
5000 CaO poed. 35000 stalm. 9	5000 CaO poed. 6	2000 CaO poed. 5	10000 $CaSo_4$ 3	onbemest 1	5000 CaO poed. 10000 hooi 11	5000 CaO poed. 2000 S 8	5000 CaO schuim 35000 stalm. 10	5000 CaO poed. 5000 $CaSo_4$ 200 S 35000 stalm. 13
onbemest 1	4000 $CaSo_4$ 2	5000 CaO sil. 7	5000 CaO poed. 2000 S 8	5000 CaO schuim 35000 stalm. 10	5000 CaO poed. 5000 $CaSo_4$ 200 S 35000 stalm. 13	5000 CaO sil. 5000 $CaSo_4$ 200 S 35000 stalm. 12	5000 CaO poed. 6	20000 $CaSo_4$ 4
2000 CaO poed 5	5000 CaO sil. 5000 $CaSo_4$ 200 S 35000 stalm. 12	20000 $CaSo_4$ 4	5000 CaO poed. 6	5000 CaO poed. 10000 hooi 11	5000 CaO poed. 35000 stalm. 9	10000 $CaSo_4$ 3	5000 CaO sil. 7	onbemest 1

10000 $CaSo_4$ 9	35000 stalm. 500 $CaSo_4$ 200 S 12	1000 S 5	groenbon. 3	4000 $CaSo_4$ 8	10000 hooi 4	20000 $CaSo_4$ 10	4000 S 7	35000 stalm. 2
20000 $CaSo_4$ 10	ombuh. 1	4000 S 7	2000 S 6	2000 sil.k. 11	35000 stalm. 500 $CaSo_4$ 200 S 12	10000 $CaSo_4$ 9	35000 stalm. 500 $CaSo_4$ 200 S 2000 sil.k. 13	groenbon. 3
1000 S 5	groenbon. 3	35000 stalm. 2	35000 stalm. 500 $CaSo_4$ 200 S 2000 sil.k. 13	10000 hooi 4	4000 S 7	1000 S 5	2000 sil.k. 11	4000 $CaSo_4$ 8
ombuh. 1	4000 $CaSo_4$ 8	10000 hooi 4	20000 $CaSo_4$ 10	groenbon. 3	35000 stalm. 2	2000 S 6	35000 stalm. 500 $CaSo_4$ 200 S 12	1000 S 5
35000 stalm. 500 $CaSo_4$ 200 S 2000 sil.k. 13	4000 S 7	2000 sil.k. 11	10000 $CaSo_4$ 9	35000 stalm. 2	ombuh. 1	10000 hooi 4	2000 S 6	20000 $CaSo_4$ 10

Fig 3

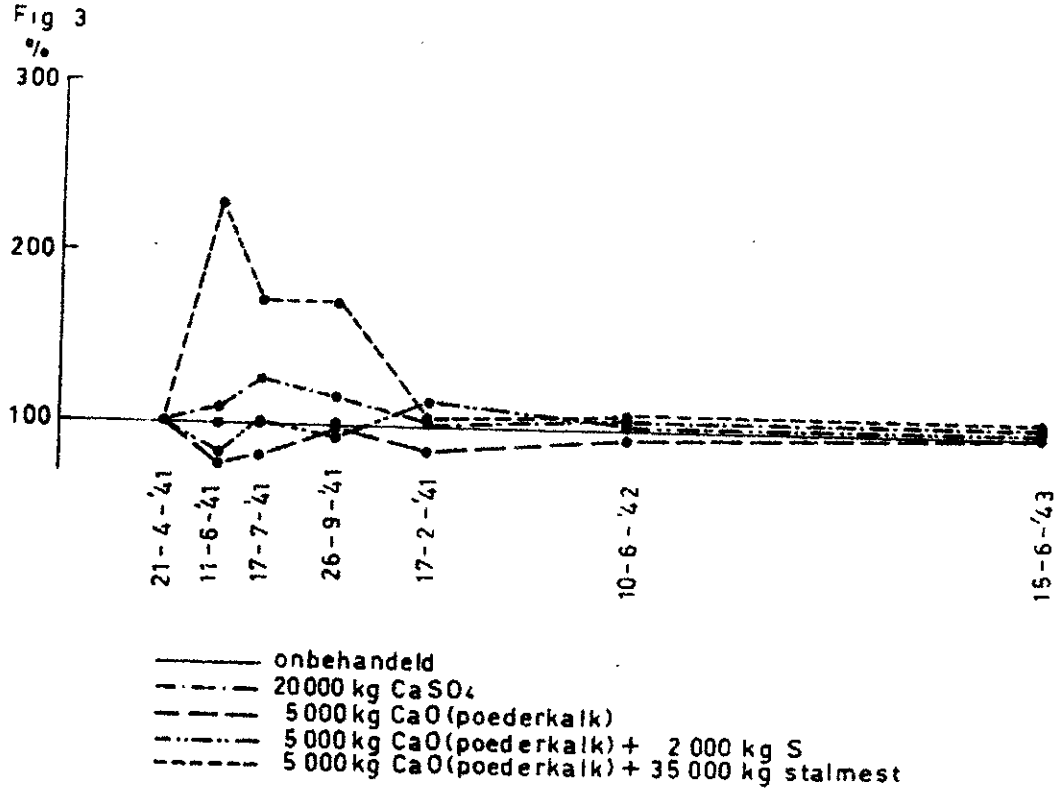
%
300
200
100
21-4-'41
11-6-'41
17-7-'41
26-9-'41
17-2-'41
10-6-'42
15-6-'43
onbehandeld
20000 kg CaSO4
5000 kg CaO (poederkalk)
5000 kg CaO (poederkalk) + 2 000 kg S
5 000 kg CaO (poederkalk) + 35 000 kg stalmest

Fig. 4

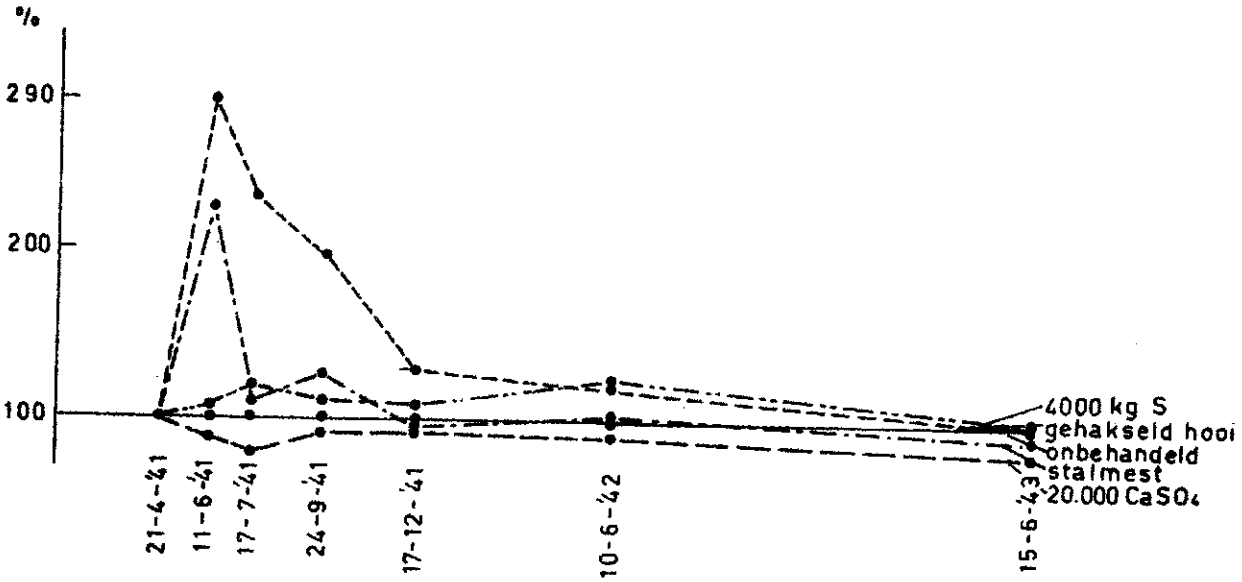
%
290
200
100
21-4-'41
11-6-'41
17-7-'41
24-9-'41
17-12-'41
10-6-'42
15-6-'43
4000 kg S
gehakseld hooi
onbehandeld
stalmest
20.000 CaSO4

Fig 5

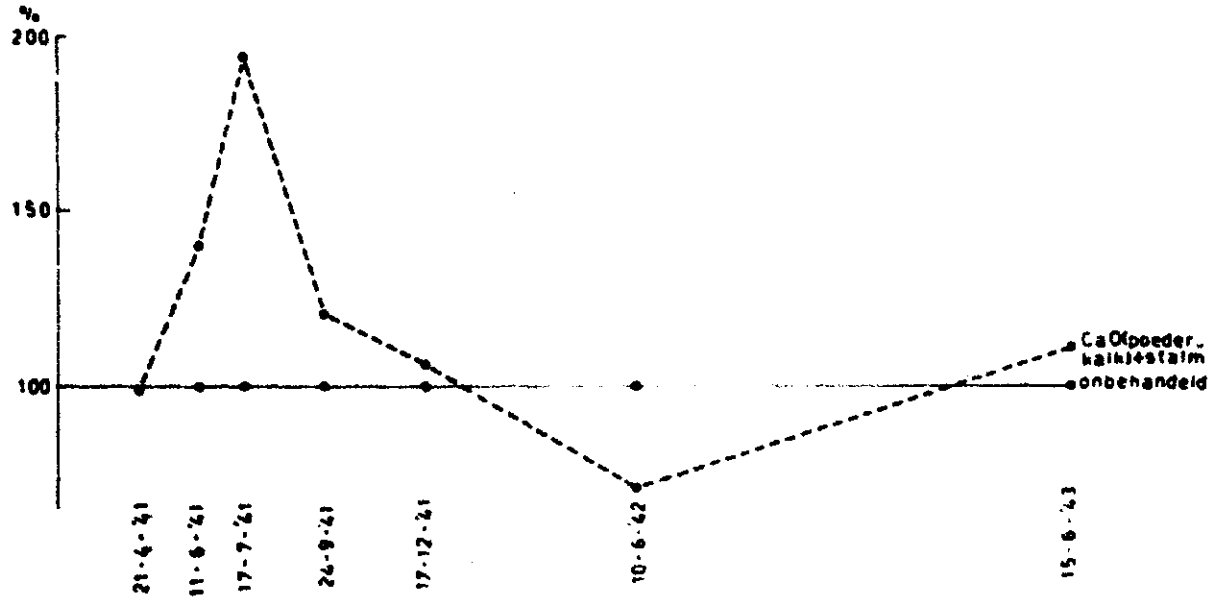
%
200
150
100
CaOpoeder-
kalkstalm
onbehandeld
21-4-'41
11-6-'41
17-7-'41
24-9-'41
17-12-'41
10-6-'42
15-6-'43

Fig 6

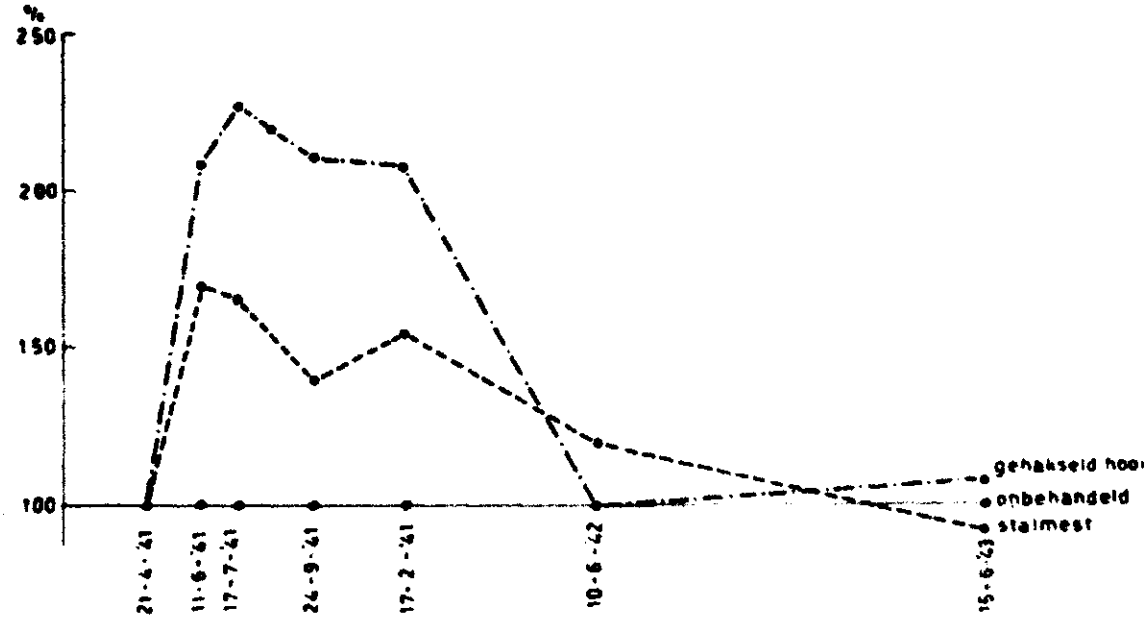
%
250
200
150
100
gehakseld hoo
onbehandeld
stalmest
21-4-'41
11-6-'41
17-7-'41
24-9-'41
17-2-'41
10-6-'42
15-6-'43

Fig. 7

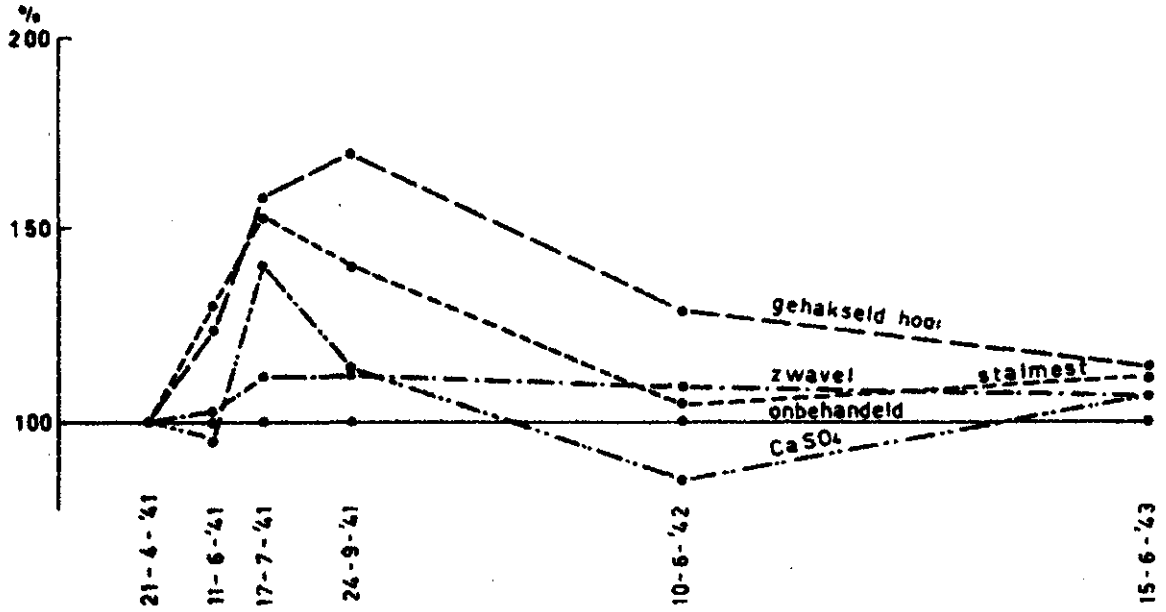
%
200
150
100
gehakseld hoo
zwavel
stalmest
onbehandeld
CaSO4
21-4-'41
11-6-'41
17-7-'41
24-9-'41
10-6-'42
15-6-'43

Fig. 8

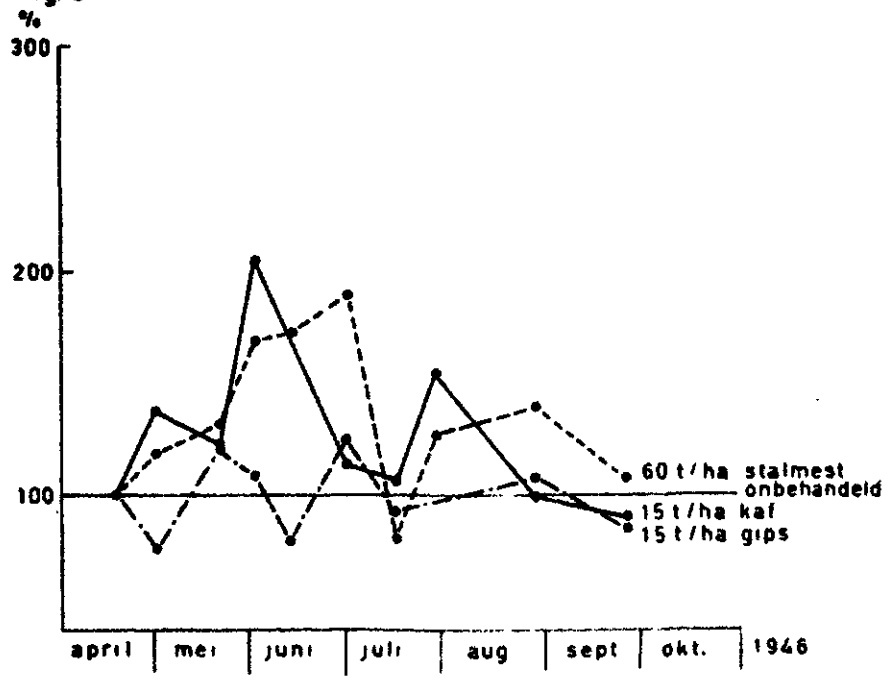
%
300
200
100
60 t/ha stalmest
onbehandeld
15 t/ha kaf
15 t/ha gips
april
mei
juni
juli
aug
sept
okt.
1946

Fig. 9

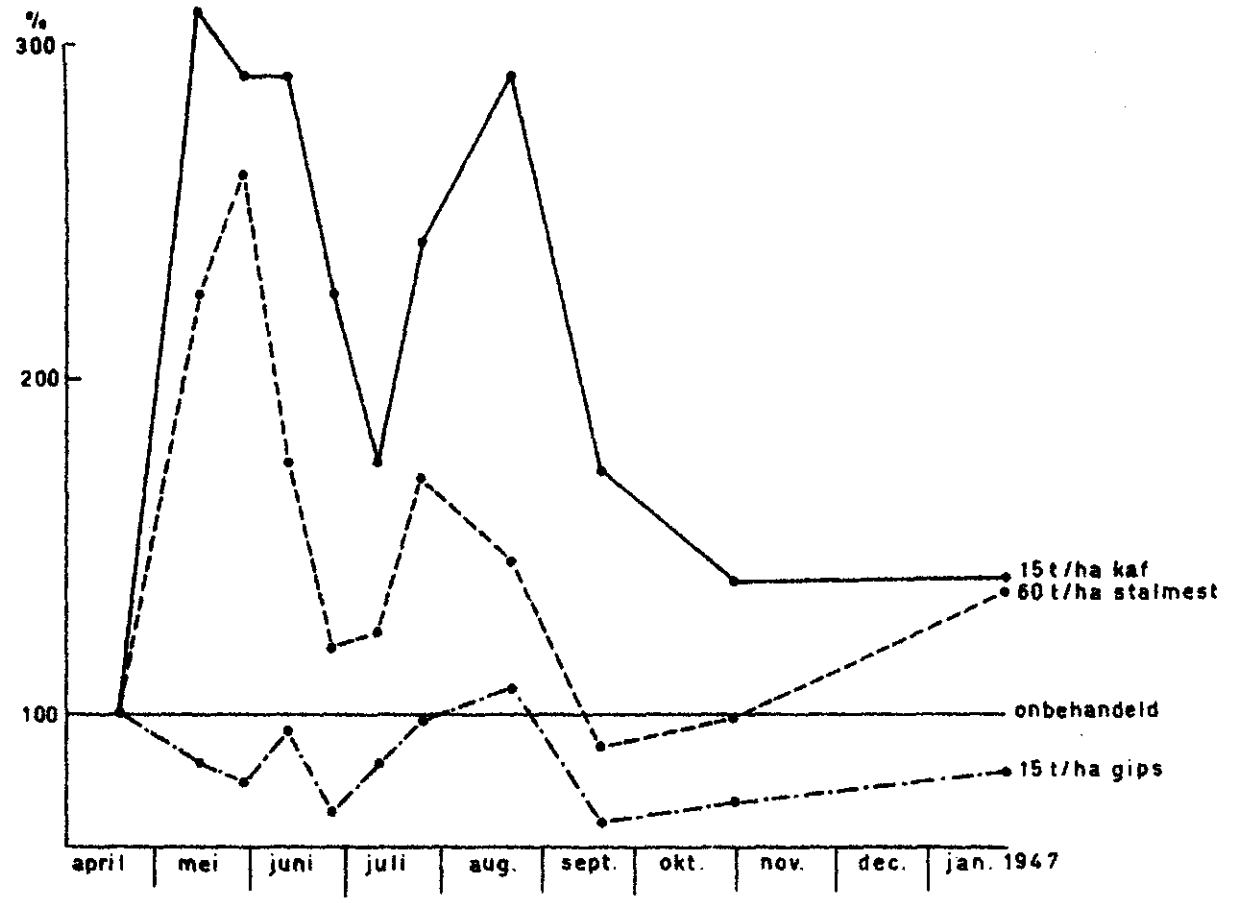
%
300
200
100
15 t/ha kaf
60 t/ha stalmest
onbehandeld
15 t/ha gips
april
mei
juni
juli
aug.
sept.
okt.
nov.
dec.
jan. 1947

Fig. 12

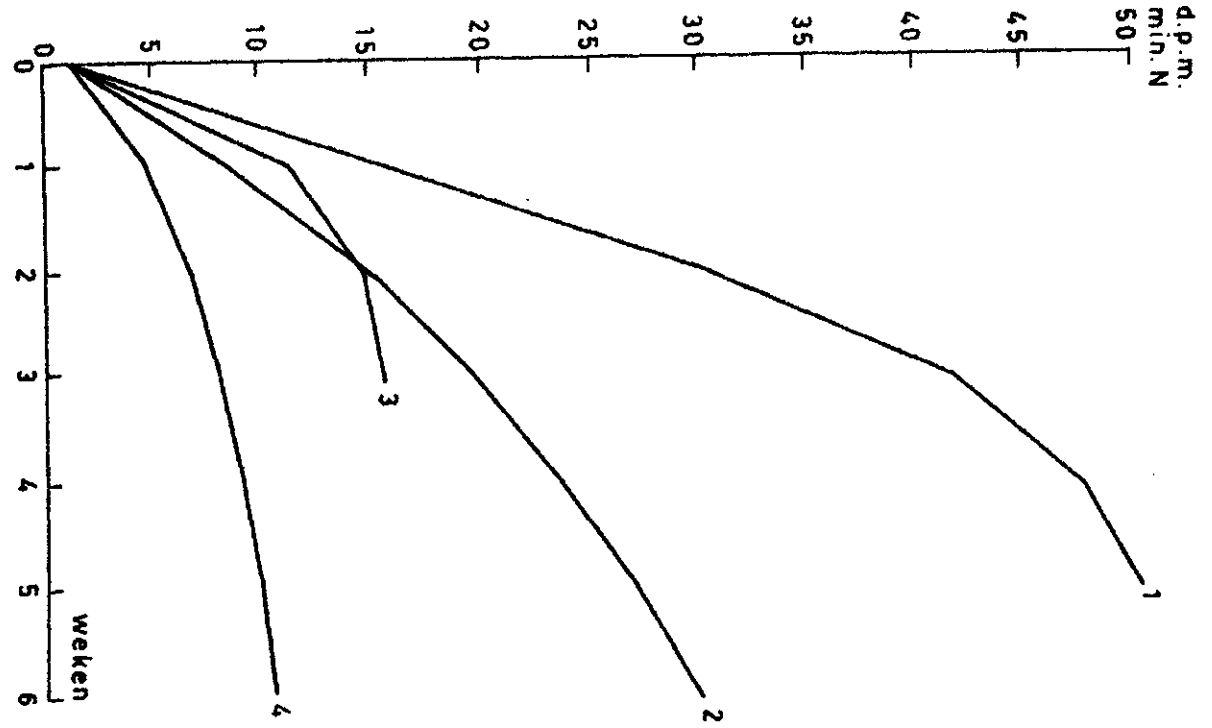
d.p.m.
min. N
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
weken
0
1
2
3
4
5
6
1
2
3
4

Fig.10

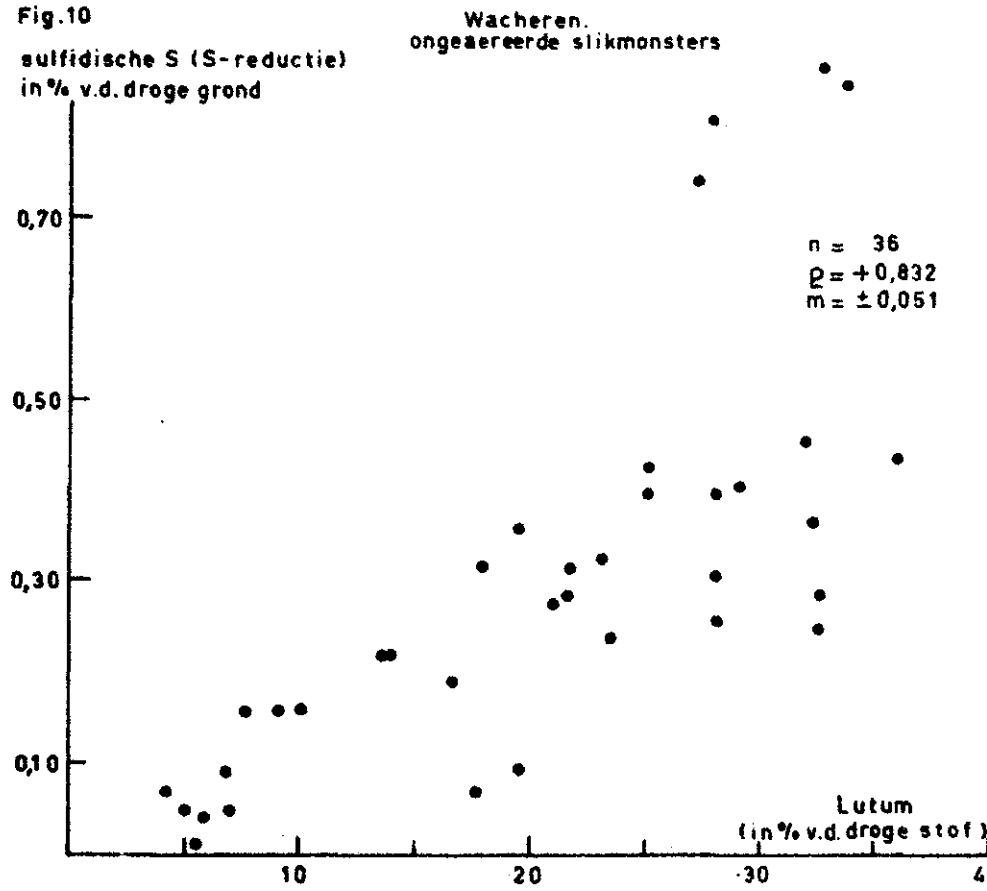
Wacheren.
ongeaereerde slikmonsters
sulfidische S (S-reductie)
in % v.d. droge grond
0,70
0,50
0,30
0,10
n = 36
ρ = +0,832
m = ±0,051
Lutum
(in % v.d. droge stof)
10
20
30
40

Fig. 11

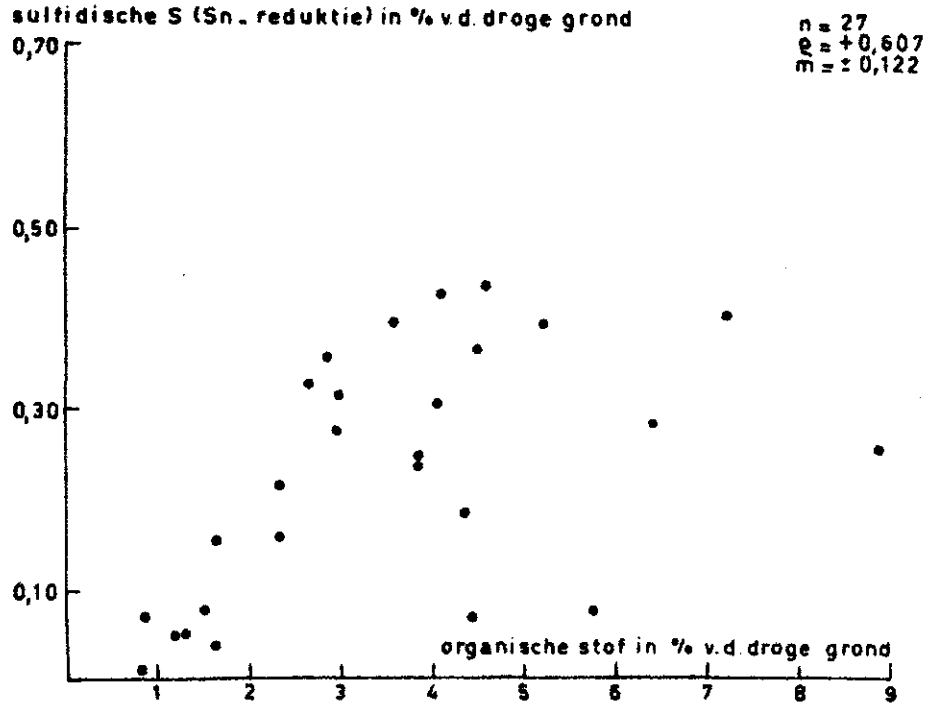
sulfidische S (Sn - reduktie) in % v.d. droge grond
n = 27
ρ = +0,607
m = ± 0,122
0,70
0,50
0,30
0,10
organische stof in % v.d. droge grond
1
2
3
4
5
6
7
8
9

Fig. 13

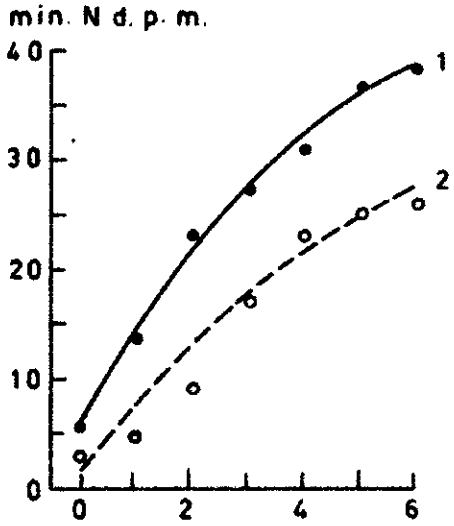

Fig. 15

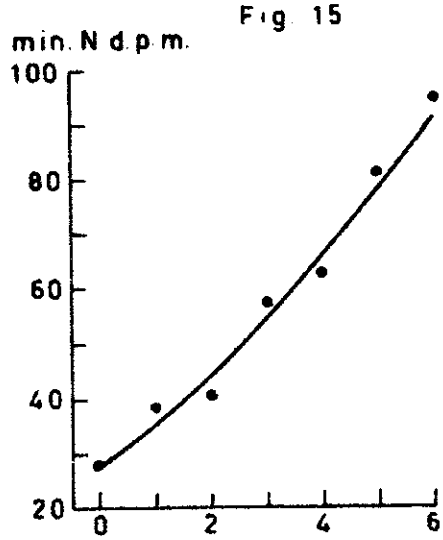

Fig. 14

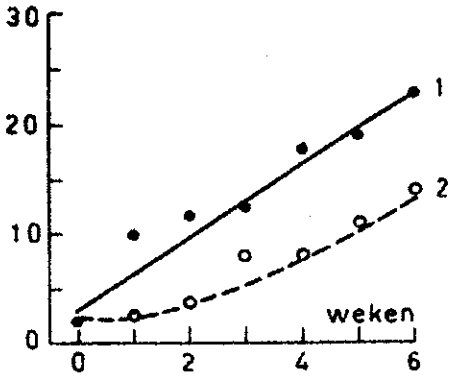

Fig. 16

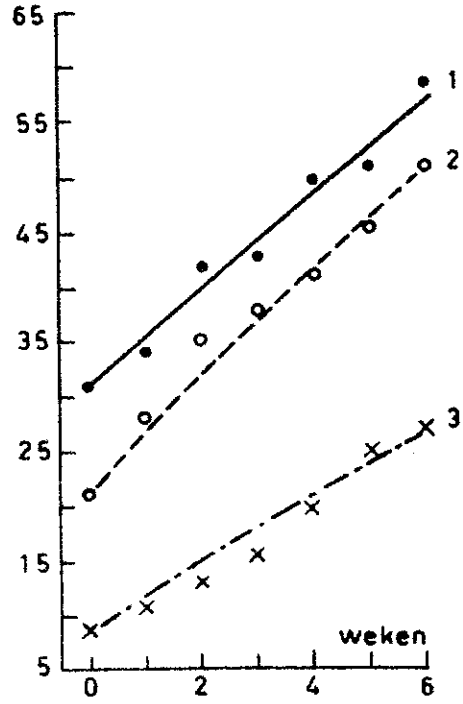

Fig. 17

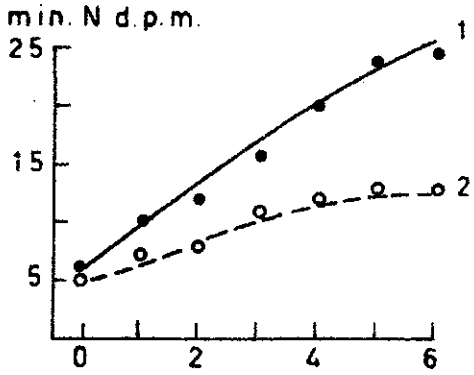

Fig. 18

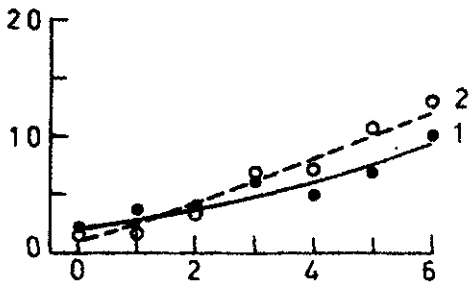

Fig. 19

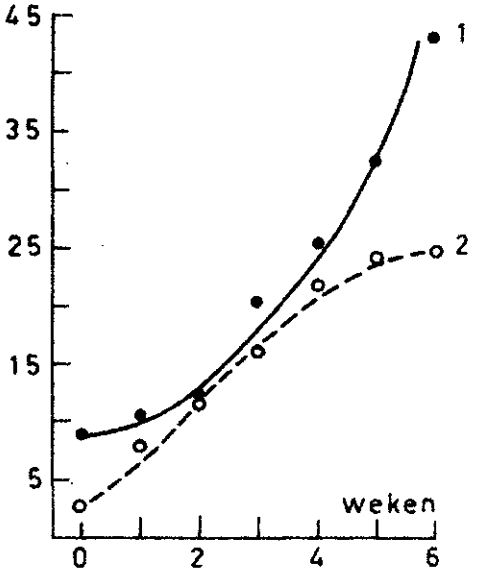

Fig 20

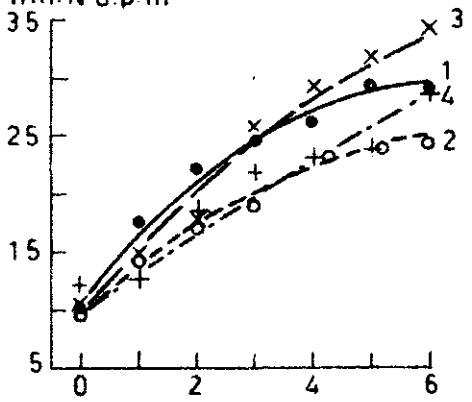

Fig. 21

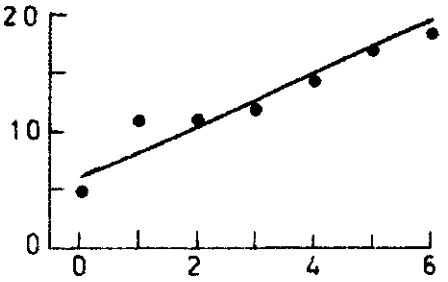

Fig. 22

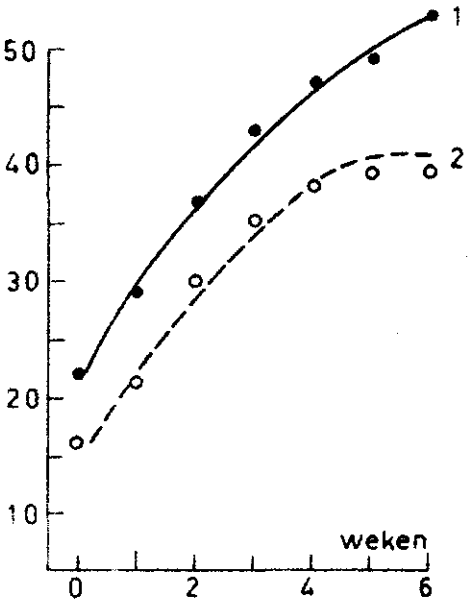

Fig. 23

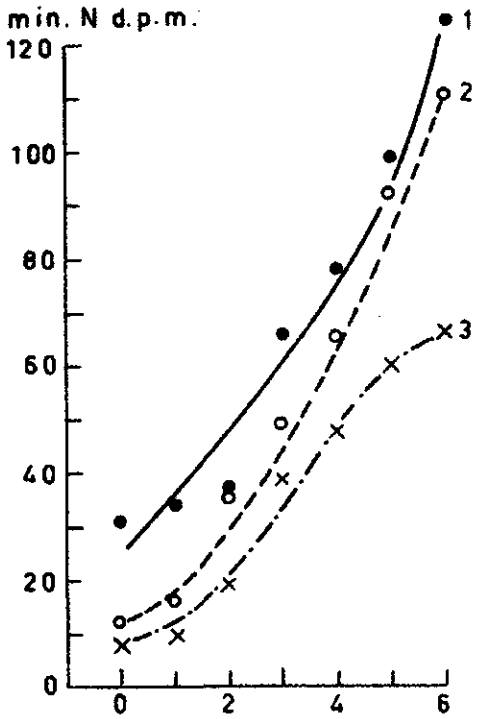

Fig. 24

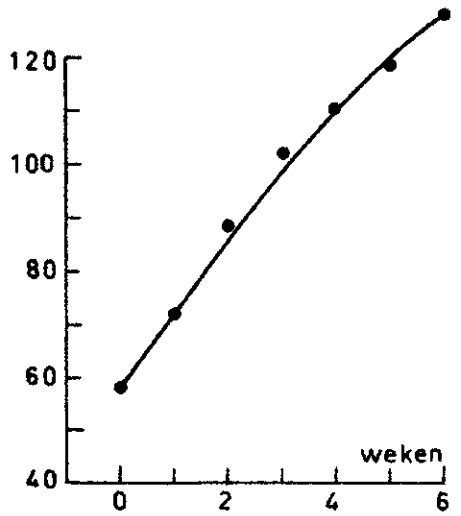

Fig. 25

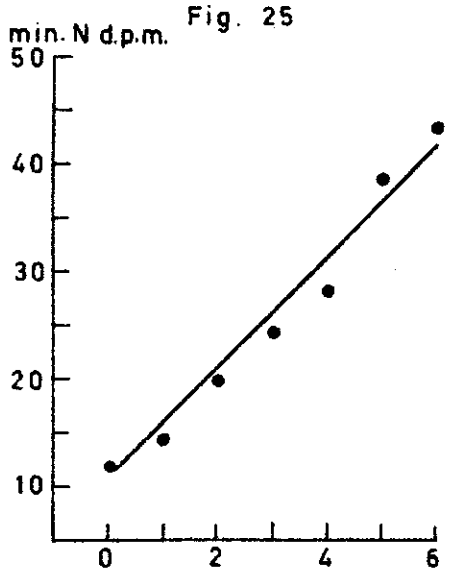

Fig. 26

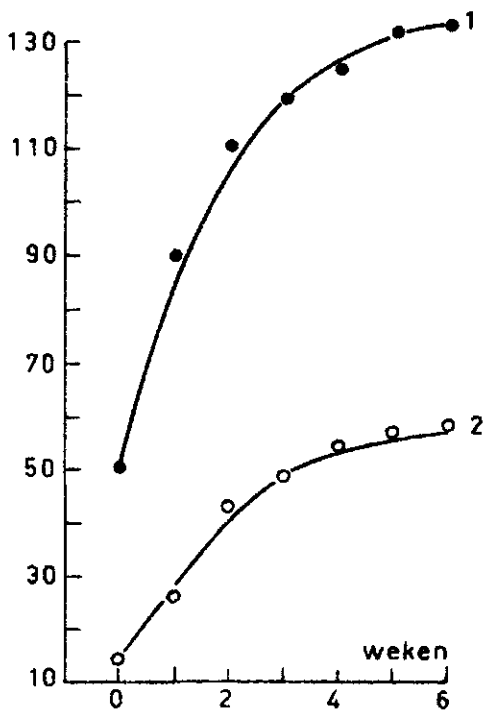

Fig. 27