

GRONINGEN

SEPARAAT

DEPARTEMENT VAN ECONOMISCHE ZAKEN  
DIRECTIE VAN DEN LANDBOUW  
VERSLAGEN VAN LANDBOUWKUNDIGE  
ONDERZOEKINGEN — No. 44 (17) B

No. 16264

BODEMKUNDIG INSTITUUT TE  
GRONINGEN



BIJDRAGE TOT DE KENNIS VAN  
KNIKGROND

DOOR DR. D. J. HISSINK EN DR. JAC. VAN DER SPEK

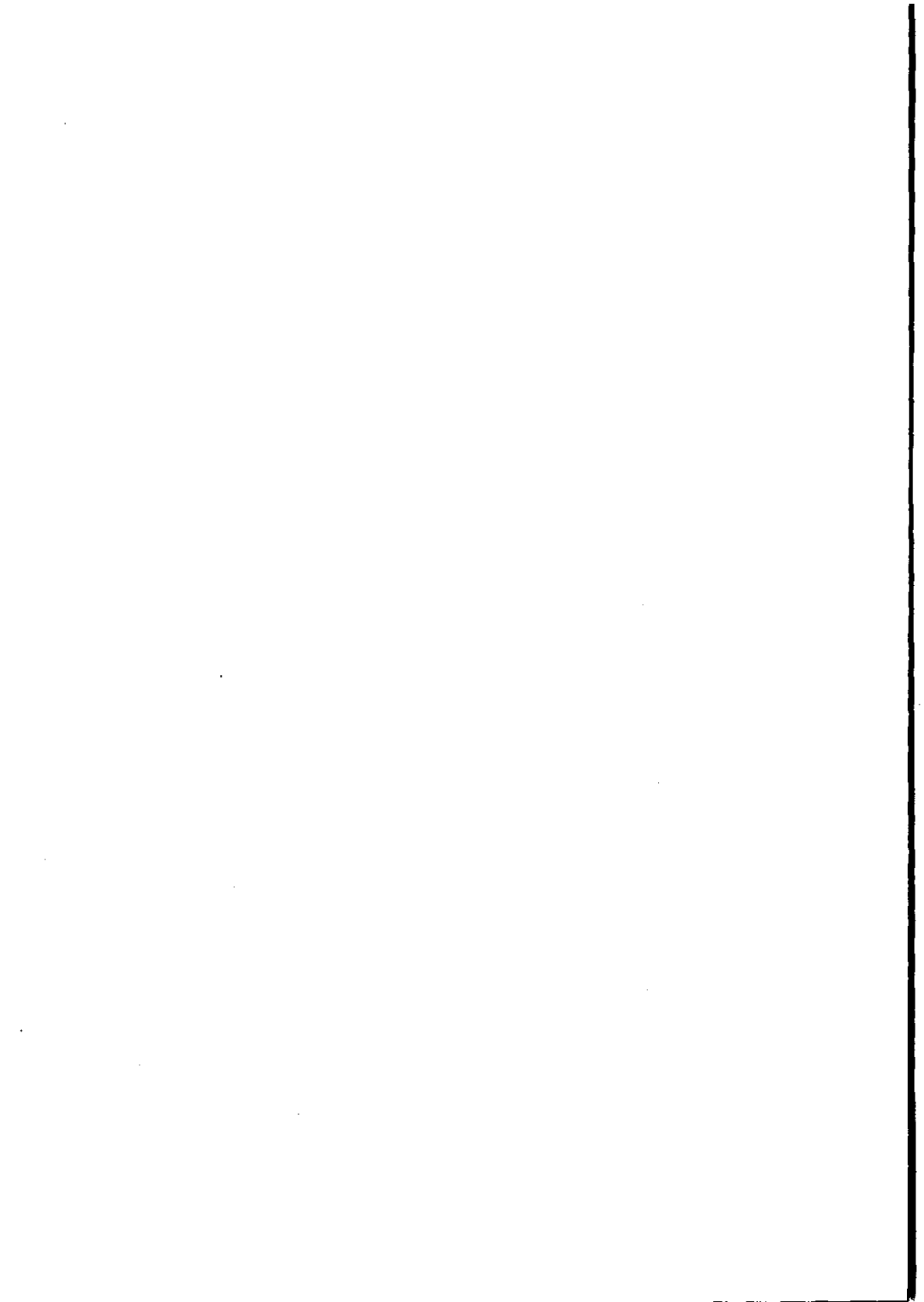
631.411.3  
631.437.3



RIJKSUITGEVERIJ  
DIENST VAN DE  
NEDERLANDSCHE  
STAATSCOURANT  
1·9·3·8

'S-GRAVENHAGE—ALGEMEENE LANDSDRUKKERIJ

Prijs f 0,80



## BODEMKUNDIG INSTITUUT GRONINGEN

## BIJDRAGE TOT DE KENNIS VAN KNIKGROND

DOOR

DR. D. J. HISSINK en DR. JAC. VAN DER SPEK

(Ingezonden 17 November 1938)

## VOORWOORD

In het begin van het jaar 1935 wendde het Dagelijksch Bestuur van de Groninger Maatschappij van Landbouw zich tot mij, om van mij, in mijn functie van adviseerend lid der Maatschappij, een oordeel te mogen vernemen omtrent de eventueele wenschelijkheid en uitvoerbaarheid van het in werkverschaffing verwijderden van de kniklagen in oude, ondoorlatende kleigronden in het centrum van de provincie Groningen. Na ontvangst van dit verzoek heb ik onmiddellijk een bijeenkomst belegd met de Heeren Ir. J. HEDEMA, Directeur van de Middelbare Landbouwschool, Ir. J. HEEMSTRA, Rijks-tuinbouwconsulent voor Groningen en Drenthe en Ir. G. VEENSTRA, Rijks-landbouwconsulent voor Noordelijk Groningen, om deze kwestie met hen te bespreken. Het bij het Dagelijksch Bestuur van de Groninger Maatschappij van Landbouw tenslotte ingediende Eindrapport, plus Advies, is in overleg met bovengenoemde Heeren opgemaakt. Voor de groote bereidwilligheid, waarmede zij mij met hun kennis en ervaring op het gebied van het knikvraagstuk bij het opmaken van dit Eindrapport, plus Advies, hebben terzijde gestaan, moge ik hun hier mijn groote erkentelijkheid betuigen.

Het in het ingediende Eindrapport gegeven advies, om proeven met het omzetten van knikgronden te nemen, heeft er toe geleid, dat de Heer Ir. F. P. MESU, Directeur van den Cultuurtechnischen Dienst te Utrecht, aan den Cultuurconsulent, Ir. D. R. MANSHOLT te Groningen en aan den Adjunct-Rijkslandbouwconsulent Ir. S. D. RISPENS te Leeuwarden, belast met den cultuur-technischen voorlichtingsdienst in Friesland, opdroeg, om — in overleg met het Bodemkundig Instituut — in hun ressort geschikte objecten voor deze proefneming op te sporen.

In de provincie Groningen heeft Ir. MANSHOLT zich met groote toewijding van deze taak gekweten en nadat eenige geschikte perceelen voor een proefneming gevonden waren, heeft hij alle mogelijke moeiten gedaan om een zoo groot mogelijke tegemoetkoming in de kosten van de omzetting voor de proefnemers te verkrijgen. Dit heeft er toe geleid, dat het Rijk een subsidie van 100 pct. in de loonen en regenverlet toestond, terwijl door het Dagelijksch

Bestuur van de Groninger Maatschappij van Landbouw een subsidie van 50 pct. der Sociale verzekeringen, tot een maximum bedrag van f 50,— per proefnemer, werd verleend.

Ir. RISPENS had in Friesland een moeilijker taak om een geschikt perceel voor een proefneming met het omzetten van de kniklaag te vinden dan Ir. MANSHOLT in Groningen. In Friesland voelden de meeste eigenaren van knikkige perceelen niets voor een dergelijke proefneming, omdat deze perceelen in grasland liggen en er voor hen geen aanleiding bestond deze graslanden te scheuren. Dat desondanks toch iemand gevonden is, die bereid was een perceel voor een proefneming beschikbaar te stellen, is aan het onvermoeide werken van Ir. RISPENS te danken. Ook hij heeft weten gedaan te krijgen, dat het Rijk een subsidie van 100 pct. in de loonen en regenverlet toestond, terwijl de verdere kosten van de omzetting door de Friesche Maatschappij van Landbouw en het Rengers Fonds zijn betaald.

Zowel gedurende de voorbereidende onderzoekingen vóór de omzetting als daarna hebben beide consulenten het Bodemkundig Instituut steeds krachtig terzijde gestaan, om de proefnemingen zoo goed mogelijk te doen slagen, terwijl deze steeds hun onverflauwde belangstelling hadden.

Voor het vele, dat de Heeren Ir. MANSHOLT en Ir. RISPENS in het belang van de proefnemingen hebben gedaan, komt hun een woord van welgemeenden dank toe, terwijl een eventueel welslagen van deze proefnemingen voor een groot deel aan hen te danken zal zijn.

Tenslotte kwam het mij gewenscht voor, om al hetgeen er betreffende het knikvraagstuk bekend was en de gegevens, die gedurende het twintig jaar bodemkundig onderzoek onder mijn leiding verzameld waren, met alle gegevens betreffende de nieuwe proefnemingen in één verhandeling samen te vatten. Dit is door Dr. JAC. VAN DER SPEK, scheikundige aan mijn dienst, in de volgende bladzijden geschied. De waarnemingen van de doorlatendheid van den grond voor water op de proef-perceelen en van de grondwaterstanden, zoowel op de omgezette als op de niet-omgezette gedeelten van deze perceelen, zijn door Dr. S. B. HOOGHOUDT, eveneens scheikundige aan mijn dienst, verwerkt en in Hoofdstuk V medegedeeld, waarvoor hem hier een woord van dank toekomt.

Groningen, 15 November 1938.

*De directeur van het  
Bodemkundig Instituut Groningen,*

D. J. HISSINK.

## INLEIDING

In het begin van het jaar 1935 stelde de Cultuurtechnische Dienst aan het Dagelijksch Bestuur der Groninger Maatschappij van Landbouw de vraag, in hoeverre het mogelijk zou zijn om, met Overheidssubsidie, en wel in werkverschaffing, de kniklagen in oude ondoorlatende kleigronden in het centrum van de Provincie Groningen te verwijderen.

Naar aanleiding van deze vraag wendde het Dagelijksch Bestuur der Groninger Maatschappij van Landbouw zich tot den Directeur van het Bodemkundig Instituut, om van hem, in zijn functie van adviseerend lid der Maatschappij, een oordeel te mogen vernemen omtrent de eventueele wenschelijkheid en uitvoerbaarheid van bovengenoemd werkverschaffingsobject.

Deze aangelegenheid leidde er toe om de bestaande en reeds verzamelde gegevens betreffende het knikvraagstuk weer eens te bestudeeren. Deze gegevens, alsmede de resultaten van nieuwere onderzoekingen, zijn in deze verhandeling verwerkt.

In de eerste plaats is het dus van belang na te gaan, wat in het algemeen onder knik- of knipklei verstaan wordt en waar dit grondtype voorkomt.

## HOOFDSTUK I

### 1. Wat verstaat men in het algemeen onder knik- of knipklei en waar komt dit grondtype voor?

Knik of knikkelci is al zeer lang bekend. Reeds in 1818 beschrijft ARENDS (1) het voorkomen er van in Oostfriesland en Jever en wel op de volgende wijze:

„der Knick, unter diesem Namen in ganz Ostfriesland und Jever zu sehr bekannt, ist eine Abart Klei, die sich besonders durch auszerordentliche Härte auszeichnet. Wasser lässt er nicht durch, Wurzeln der Bäume und Gewächse ebensowenig, kaum ein Pflug vermag ihn zu durchschneiden, selbst dem Spaten ist's kaum möglich. Dennoch ist seine Bindekraft sehr gering, ausgesetzt der Luft und Sonne, zerfällt er und geht in leichte Tonerde über, die sehr wenig Fruchtbarkeit besitzt. Er ist stark von Eisenoxyd durchdrungen und enthält einen Überschusz an Säure. Binsen wachsen üppig und binsenähnliche Gräser als Carex, Scirpus u.a. Vom Klei unterscheidet er sich besonders durch seine Sprödigkeit und Härte, auch fühlt er sich nicht so fettig an”.

Voor al in de oude Duitsche „Marsch"-gronden, waarvan de ouderdom

door SCHUCHT (2) op meer dan 2000 jaar geschat wordt, komt knik veelvuldig voor, zooals uit vele onderzoekingen van deze gronden blijkt (2). Onder „Marsch”-gronden verstaat men de aan de zeekusten, weinig boven den zeespiegel liggende gronden, die door indijken aan de zee ontworsteld zijn. Zij zijn dus geheel te vergelijken met onze zeeklei-inpolderingen.

Wordt knik soms meegeploegd, dan barsten de groote brokken; zij springen uiteen, zij „knicken”, zooals men in Duitschland zegt. Vandaar de naam „knik”.

Wat ons land betreft, is knikgrond het eerst uitvoerig beschreven en onderzocht door JAKOB MAARTEN VAN BEMMELEN (3). In zijn „Bouwstoffen tot de kennis van de kleigronden der Provincie Groningen” schrijft VAN BEMMELEN op blz. 127: „Onder de oude bouwgronden (klei) in het Oldambt (De Dollardgronden daar niet bij gerekend), onder al de meedegronden in het Hunsingo, Fivelingo en Westerkwartier, komt onder de bouwlaag op 2 à 3 palm diepte eene laag voor, die algemeen den naam van *knik draagt*”.

De meedelanden zijn de laagst gelegen gronden in de oudste streken van de Provincie Groningen. Vroeger werden zij, wegens die lage ligging, slechts voor hooiland gebruikt. Vandaar hun naam, want meeden beteekent hooilanden, landen, die gemaaid worden (4). Des winters stonden zij onder water, en daar er toen nog geen watermolens bestonden, waren zij voor bouwland niet bruikbaar.

Volgens VAN BEMMELEN zou de teelgrond, dus de bovengrond, van deze meedelanden den naam van „roodoorn” dragen. Vandaar dat hij schrijft, dat knik onder dien bouwgrond ligt, welke roodoorn genoemd wordt. Ook schrijft VAN BEMMELEN wel van knik of roodoorn, waarbij hij dus beide grondtypen vereenzelvigt, ofschoon zij zeer zeker goed onderscheiden moeten worden vanwege hun verschillende geaardheid en eigenschappen (5). Ook zou in het Hunsingokwartier en in het Westerkwartier niet van roodoorngronden gesproken worden, maar alleen van knip= knik-gronden.

Wat nu de knikgrond zelf betreft, schrijft VAN BEMMELEN het volgende:

„Van den meer lossen, lichter en bovengrond onderscheidt hij zich door zijn vastheid, hardheid en taaiheid. Vochtig heeft hij een zeer taai, stijf en roodachtig aanzien. Hij droogt aan de lucht tot harde groote stukken op, die niet uit elkander vallen. Hij heeft iets aaneengebakkens. Hij vertoont niet zoo zeer als de bovengrond een gelijkmatige roode kleur, maar roode aderen en plekken in menigte. Bij de knik van het lage land is dit zeer sterk zichtbaar. Hij laat het water moeilijk door. Het water moet er als het ware van afloopen en vindt er weinig kleine kanalen in, om daardoor afgevoerd te worden;

(4) B 74

dit komt daarmede overeen, dat hij hard aaneengebakken is. Omdat de plantenwortels er niet in doordringen, is hij arm aan plantaardige overblijfselen. Waar hij den bovengrond uitmaakt, is hij niet alleen hoogst moeilijk te bewerken, maar geeft bij bebouwing geen oogst, die de kosten van verbouwing kan bestrijden. Waar hij onder den bouwgrond ligt, zijn de gewassen minder”.

De dikte van de kniklaag is verschillend. Op de lager gelegen, nattere gronden schijnt deze laag, volgens verscheidene opgaven, minder dik te zijn dan op de hooger gelegen gronden. Volgens onderzoekingen van VAN BEMMELN bevat de knikgrond geen koolzure kalk; volgens SCHUCHT zou er in knik soms nog wel pleksgewijze koolzure kalk kunnen voorkomen, voornamelijk afkomstig van schelpen.

Uit al hetgeen over dit grondtype geschreven is, mogen we betreffende de knik wel tot het volgende besluiten:

Knik komt in zeer oude, laag gelegen kleigronden, voornamelijk zeekleiafzettingen, op meestal niet al te groote diepte onder de oppervlakte voor. Hoe kleiiger de afzettingen zijn, des te uitgesprokener is de kniklaag. Dit is zij ook, naarmate zij minder dik is. In natten toestand bezit knik een zeer taaië, dichte, stopverfachtige geaardheid; in drogen toestand is hij keihard. Met een schop afgestoken of met een mes afgesneden vertoont het snijvlak van knik een glanzend, iets metaalachtig, uiterlijk. Genoemde geaardheid maakt, dat knik het water practisch niet doorlaat, terwijl plantenwortels er ook zeer moeilijk indringen. Hiermede hangt weer samen, dat knik in drogen toestand zeer moeilijk en langzaam water opneemt. Is hij hiermede verzadigd, dan geeft hij het water weer zeer langzaam af. Valt droge knik in water uiteen, dan bezinken de fijne kleideeltjes zeer langzaam. Dit is weer een gevolg hiervan, dat knik geen koolzure kalk bevat en niet rijk aan basen is. Verder komen in knik meestal vele zichtbare afscheidingen van ijzeroxyde voor, hetzij nestgewijze of in aderen.

Onder de knik bevindt zich meestal of lichtere klei met veel koolzure kalk, die onder den naam van woelklei bekend is, of darg.

Ofschoon nog wel geloofd wordt, dat knik geschapen grond is, zoo is dit toch moeilijk aan te nemen. Knik toch komt alleen in zeer oude kleiafzettingen voor en niet in jonge en hierin ligt een aanwijzing, dat knik gevormd moet zijn ten gevolge van het verouderingsproces van de jonge zeekleiafzettingen, zooals ook algemeen aangenomen wordt. Hoe men meent, dat deze vorming heeft plaats gevonden en misschien nog vindt, willen we thans nader nagaan.

## 2. Op welke wijze kan het ontstaan van knikgrond verklaard worden?

Knikklei bevat geen koolzure kalk, de jonge zeekleiafzettingen daarentegen zijn rijk aan dit bestanddeel. Wanneer nu de knikklei uit de jonge zeekleiafzettingen gevormd is, dan moet zij ook eenmaal koolzure kalk bevat hebben. En waarom zou dit niet het geval geweest zijn, vooral daar in zeer vele gevallen direct onder de knik klei met zeer veel koolzure kalk wordt aangetroffen? Deze koolzure kalk is in den loop der jaren uitgeloofd, zooals VAN BEMMELLEN dit voor de zeekleiafzettingen in den Dollard bij het ouder worden heeft kunnen vaststellen. Dit uitloogen van de koolzure kalk heeft hoofdzakelijk plaats door de werking van het koolzuur-houdende zakwater, waardoor de in water practisch onoplosbare koolzure kalk in water oplosbaar dubbel koolzure kalk of calciumbicarbonaat wordt omgezet.

Nu wordt de knikklei wel hoofdzakelijk in laag gelegen kleigronden aangetroffen. En zooals algemeen wordt aangenomen, vindt in deze gronden de uitlooging van de koolzure kalk zeer langzaam plaats, althans veel langzamer dan in gronden, die hoog boven het grondwater liggen. Het zal dus wel vele jaren geduurd hebben, voordat de koolzure kalk uit de laag gelegen kleigronden was uitgeloofd. Maar de laag gelegen kleigronden waren vanwege hun lage ligging ongeschikt voor bouwland, zoodat zij vermoedelijk meerendeels in grasland lagen. En deze omstandigheid is misschien wel mede een van de voornaamste oorzaken geweest, waarom juist in de laag gelegen kleigronden knikvorming heeft plaats gehad. Wat toch is het geval. In grasland heeft door de sterke beworteling onder de zode een ophooping van veel organisch materiaal plaats. Wanneer in een dergelijk land de lucht goed kan binnentreden, dan heeft er onder medewerking van de zuurstof uit de lucht een omzetting van dit organisch materiaal plaats, waarbij o. a. koolzuur gevormd wordt. Kan de lucht evenwel niet goed in den grond binnendringen, zooals in laag gelegen landen, waarin het grondwater meestal tot dicht onder de oppervlakte reikt en die 's winters grootendeels onder water staan, het geval is, dan zal de zuurstof, die voor de omzetting van het organische materiaal noodig is, op andere wijze dan door de lucht geleverd moeten worden. In deze gevallen is de benodigde zuurstof, althans voor een deel, afkomstig van het ijzeroxyde ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), dat in den grond voorkomt. Dit ijzeroxyde geeft dan een gedeelte van zijn zuurstof af en gaat over in ijzeroxyduul ( $\text{FeO}$ ). Terwijl het ijzeroxyde zich niet met koolzuur verbindt, doet het ijzeroxyduul dit wel en vormt dan ijzerbicarbonaat, dat in water oplosbaar is. Komt dit ijzerbicarbonaat met de lucht in aanraking, dan geeft het koolzuur af en bruin ijzeroxyde, in min of meer geleachtigen vorm, blijft achter. Wanneer nu het grondwater in de laag gelegen graslanden daalt, zal dit het in het water opgeloste ijzerbicarbonaat



medevoeren. Tevens zal dan de lucht, doordat de grond meer open wordt, beter daarin kunnen binnendringen. Op die hoogte beneden het oppervlak nu, waar het ijzerbicarbonaat-houdende grondwater blijft staan, zal dit grondwater met de lucht in aanraking komen en bruin ijzeroxyde zal zich in de grondlaag vlak boven het grondwater afscheiden. Deze afscheiding zal vooral in holten plaats vinden, omdat hierin de aanraking tusschen lucht en grondwater het intensiefst is. In de grondlaag vlak boven het grondwater zullen zich dus nesten van bruin, geleiachtig, ijzeroxyde vormen en dit ijzeroxyde zal de gronddeeltjes in deze laag aaneenkitten. En deze aaneenkitting van de gronddeeltjes moet vermoedelijk het begin van de knikvorming geweest zijn.

Dat de laag gelegen landen, waarin knikvorming heeft plaats gehad, vroeger grasland geweest zijn, blijkt ook uit een verhandeling van HEEMSTRA (6) betreffende de knikgronden rond Onderdendam. In deze verhandeling schrijft HEEMSTRA: „Oorspronkelijk had men op al deze knikgronden een weidebedrijf, doch gelijk overal elders in de provincie Groningen, heeft dit, na diverse periodes van veepest, o. a. begin der 18de eeuw en in de dertiger en zestiger jaren van dezelfde eeuw, meer en meer plaats moeten maken voor een akkerbouwbedrijf. Niet alleen was het de veepest, doch ook de soms tijdelijke hooge graanprijzen, die de boeren tot omscheuren van hunne weilanden deed besluiten. Niet het minst moeten we dan letten op de koolzaadteelt, die dikwijls zeer voordeelig was en meestal welig tierde op die omgescheurde graslanden.

Lang ook had men in Groningen gesukkeld met een goeden waterafvoer, en eerst nadat deze beter geregeld was, waren tal van gronden geschikter geworden voor en veranderd in akkerbouw.

De meeste gronden schijnen gescheurd te zijn in de jaren 1815—1820, tot de tachtiger jaren is men er zelfs op deze gronden mee voortgegaan.

Door de stijve structuur en moeilijke bewerking dezer knikgronden, eigenden zich deze niet voor de teelt van handelsgewassen (vlas (7), suikerbieten), zooals op de betere klei- en zavelgronden. Op deze gronden was graanbouw hoofdzaak”.

In den tijd, toen de lage kleilanden vanwege hun lage ligging nog grasland waren, moeten we dus vermoedelijk reeds het begin van de knikvorming zoeken. Toen is de koolzure kalk voor het grootste gedeelte uitgeloozd en is het ijzer in den grond voor een deel in beweging gekomen. Bij het beter worden van den waterafvoer is de stand van het grondwater gedaald. Dit had tengevolge, dat de grond van boven opdroogde en scheurde, waardoor de lucht beter in den grond kon binnendringen. Hetzelfde gebeurde natuurlijk ook bij perceelen, waarin het grondwater des zomers lager stond dan in den

winter. Op de grens van het grondwater kon zich nu in den grond uit het in het water opgeloste ferrobicarbonaat bruin, geleiachtig, ijzeroxyde afzetten, dat de fijne kleideeltjes aan elkander kitte. Maar in dit stadium kon zich ook nog een ander proces afspelen. In die gronden, waarin de koolzure kalk uit de bovenste lagen verdwenen is, vormt zich uit het organische materiaal zure humus. Deze zure humus is in staat het ijzer in den grond om te zetten en over te voeren, hetzij in ijzerhumaat, hetzij in kolloïdaal ijzerhydroxyde omgeven door kolloïdaal humuszuur. In deze vormen wordt het ijzer met den humus door het zakwater naar beneden gevoerd. In de nauwe wortelkanalen of nauwe kapillairen in den grond vlokt het kolloïdale ijzer en humus dan weer uit en vormt aderen van bruin, geleiachtig, ijzerhumaat. Door de scheuren en wijdere kanalen zakt het naar beneden, tot het op een drogere grondlaag stuit of met een kalkrijke grondlaag in aanraking komt en dan eveneens uitvlokt. Zoo'n drogere grondlaag treft men aan bij de uiteinden van de wortels, dus bij den wortelhorizont, omdat daar het meeste water aan den grond onttrokken wordt. De grondlaag in het grondwater is in de meeste gevallen rijk aan koolzure kalk, omdat zich in deze laag de uit de hoogere lagen uitgeloopte koolzure kalk heeft opgehoopt. Boven het grondwater vindt dus vooral een uitvlokking van het kolloïdale ijzer en humus plaats. Het is dus duidelijk, dat in de betreffende graslanden boven het grondwater tot onder de graszode overal in den grond zich ijzeroxyde en ook iets ijzerhumaat kon afzetten, die de fijne kleideeltjes aan elkander kitte en de poriën in den grond verstopte. Aldus ontstond er op zekere diepte onder de graszode een dichtere, stugge laag, die het regenwater moeilijker doorliet (8). Aangezien deze laag zich naar beneden niet verder uitstreekte dan tot het grondwater, spreekt het vanzelf, dat de dikte van deze laag sterk afhankelijk was van den stand van het grondwater beneden het maaiveld. Vandaar ook dat in laag gelegen gronden de dikte van deze dichte laag geringer is dan in hooger gelegen gronden.

In latere jaren, toen de waterafvoer veel beter werd, vooral tengevolge van bemaling, moeten zeer vele van deze laag gelegen graslanden in bouwlanden zijn omgezet, zooals HEEMSTRA ook opmerkt. De graszode werd gescheurd en de bovenlaag geregeld bewerkt. Hierdoor werd de grond van boven meer open, de lucht kon beter den grond binnendringen, waardoor een betere oxydatie en omzetting van het organische materiaal plaats vond. Door de grootere koolzuurproductie zal het nog aanwezige ijzeroxyduul toen wel naar diepere lagen zijn verplaatst, waar het zich, na ontwijking van het  $\text{CO}_2$  en oxydatie, als ijzeroxyde heeft afgezet.

Evenwel kon er nog iets anders plaats vinden. Door de geregelde bewerking werd de grond lossere en de kleideeltjes fijner. Daar de koolzure kalk verdwenen was, werden de fijne kleideeltjes niet meer in uitgevlokten toestand

gehouden, maar geraakten heel gemakkelijk in suspensie. Met het naar beneden sijpelende regenwater werden de in suspensie verkeerende fijne kleideeltjes naar beneden gevoerd. In de diepere lagen, waar de kleideeltjes reeds door ijzer aaneengekit waren en in de nauwere kapillairen in den grond konden de fijne kleideeltjes zich dan weder afzetten. Op deze wijze bestond de mogelijkheid, dat een nog dichtere en voor water ondoorlatender grond verkregen werd dan bij graslanden. Bij de knikkige bouwlanden zou men dus een toename van de kleideeltjes, en vooral van de fijnste kleideeltjes, kunnen verwachten van boven af tot onderaan de kniklaag.

Door de jarenlange verplaatsing van de fijne kleideeltjes naar beneden zou de kniklaag dus steeds dichter en ondoorlatender voor water geworden zijn en zou zij ook van beneden naar boven in dikte zijn toegenomen. Hierdoor werd de grond steeds moeilijker te bewerken en wilden de gewassen er steeds minder op gedijen. Dit zou tengevolge gehad hebben, dat tenslotte weer vele knikkige bouwlanden in grasland zijn gelegd.

Men vraagt zich nu onwillekeurig af, wat men in den loop der jaren gedaan heeft om de knikvorming tegen te gaan of om knikkige gronden te verbeteren.

### **3. Op welke wijze heeft men in den loop der jaren getracht om de knikvorming tegen te gaan of om knikkige gronden te verbeteren?**

We hebben gezien, dat een hooge grondwaterstand, gepaard gaande met een lage ligging van het land, en als gevolg daarvan een ligging van het land in grasland, oorzaken zijn, die knikvorming in de hand werken, voornamelijk door het in beweging brengen van het ijzer in den grond. Een verlaging van den grondwaterstand, in het algemeen het zorgen voor een goede ontwatering van het land, zoodat een goede luchtventilatie in den grond kan plaats hebben, zullen tot op zekere hoogte het proces van de knikvorming dus moeten verlangsamen. Maar tevens zal bij het droger worden van den grond het geleiachtige ijzeroxyde water verliezen en daardoor iets van zijn samenklittende kracht inboeten. Wordt de grond dan weer natter, dan zal het ijzeroxyde weer iets water opnemen, maar niet zooveel als het eerst had afgestaan. Hoe intensiever de ontwatering dus is, des te meer water zal het ijzeroxyde kunnen verliezen en des te geringer zal zijn samenklittende werking worden. TANTZEN (9) wijst dan ook op het uitgebreide ontwateringssysteem door slooten en greppels in de Duitsche „Marschen”. Ook VAN BEMMELLEN vermeldt, dat een verbeterde afwatering de gunstigste resultaten op knikgronden heeft teweeggebracht.

Verder hebben wij gezien, dat knikvorming eerst begint op te treden, wanneer de koolzure kalk uit de bovenste grondlagen verdwenen is. Door den

grond op tijd te bekalken, d.w.z. voordat de koolzure kalk er geheel uit verdwenen is, zal het dus mogelijk moeten zijn, knikvorming te voorkomen. Maar ook gronden, vooral bouwlanden, die reeds bezig zijn knikkig te worden, zal men door een bekalking moeten kunnen verbeteren. Door het bekalken van een dergelijken grond zullen de fijne kleideeltjes in de bovenste grondlagen, die gemakkelijk in suspensie gaan, uitgevlokt worden. Zij zullen zich weer tot kruimels vereenigen, terwijl zij zich voordien in de enkel-korrel-structuur bevonden, hetgeen een verbetering van de structuur van den bovengrond ten gevolge zal hebben. Misschien kunnen ook knikgronden zelf door een bekalking verbeterd worden. Door een betere ontwatering zal de knikgrond droger worden en gaan scheuren. Door deze scheuren zal ook kalk van de gegeven kalkmeststoffen naar beneden gevoerd worden. Zuurstof, kalk, koolzuur zullen dus in den knikgrond binnendringen en misschien een gunstige werking hierop uitoefenen.

Nu hebben we er reeds op gewezen, dat in zeer vele gevallen onder de knikklei klei wordt aangetroffen, die rijk aan koolzure kalk is. In plaats van den grond te bekalken, is men er reeds zeer vele jaren geleden toe overgegaan om de onder de knikklei liggende koolzure kalk-houdende klei voor een deel naar boven, aan de oppervlakte, te halen en over het overige gedeelte van het land te brengen. Hierdoor verkreeg men een iets dikkere en betere bouwvoor, terwijl het proces van de knikvorming werd tegengegaan. Deze bewerking noemde men „woelen” en de naar boven gebrachte koolzure kalk-houdende klei kreeg den naam van „woelklei”. Deze werkwijze om knikgrond te verbeteren heeft men in Duitschland in de oude „Marschen” reeds lang geleden toegepast. TANTZEN deelt mede, dat volgens ALERS (10) daar reeds in het jaar 1722 gewoeld zou zijn.

Ook in ons land is het woelen ter verbetering van knikgronden reeds sedert lang in gebruik. Al omstreeks 1800 moet er gewoeld zijn (11). Door dit woelen kreeg men niet alleen een beteren bouwgrond, maar de op bepaalde afstanden gegraven woelgoten zorgden voor een beteren waterafvoer.

#### 4. Onderzoek betreffende knikgronden in ons land in latere jaren

In Friesland komen zeer vele graslanden voor, waarvan de zode, die dikwijls zeer dun is, op een kniklaag rust (in Friesland spreekt men van kniplaag). Deze graslanden hebben daardoor spoedig last van droogte, terwijl ze in het najaar, bij grooten regenval, gemakkelijk door het vee vertrapt worden.

In 1912 en volgende jaren heeft de Heer F. F. LEUPEN, leeraar aan de Rijks landbouwwinterschool te Leeuwarden, een aantal van die graslanden nauw-

keurig onderzocht (12). De onderzochte perceelen lagen binnen de lijn Leeuwarden—Franeker—Bolsward—Bozum—Leeuwarden. Deze perceelen heeft bij aangeboord tot op een diepte van 1,45 m beneden maaiveld. Bij elke boring trof hij op grotere of kleinere diepte onder het oppervlak den knikgrond aan en daaronder woelklei. De knikgrond had geheel hetzelfde uiterlijk en dezelfde hoedanigheid, zooals op blz. 759 beschreven is. Koolzure kalk kwam er niet in voor, terwijl de er onder liggende woelklei rijk aan dit bestanddeel was. De gronden, waar knip aangetroffen werd, waren bijna altijd laag gelegen landen, zoodat LEUPEN ook van meening is, dat de hoogte-ligging van het land zeker van invloed op het ontstaan der knipgronden moet zijn geweest.

Ter verbetering van deze knipgronden heeft LEUPEN in 1913 enkele proeven genomen met het bekalken van deze gronden. Op een gedeelte van een tweekal graslandperceelen te Kubaard heeft hij in het najaar van 1912 per ha 10 000 kg schuimaarde, bevattende ongeveer 65 % koolzure kalk, gegeven. Ook in volgende jaren ontvingen deze perceelsgedeelten af en toe een kalkbemesting. Tot en met 1925, resp. 1928, was van een meerdere hooi-opbrengst op de bekalkte gedeelten boven de niet-bekalkte gedeelten van deze perceelen geen sprake. Naast deze proef met een bekalking met schuimaarde heeft LEUPEN in 1913 ook een proef genomen met het brengen van de kniplaag onder de laag woelklei. Deze proef nam hij op een stuk zeer slecht grasland te Dronrijp. De teellaag van dit perceel was zeer gering, slechts 7 cm, terwijl de kniplaag daaronder ongeveer 50 cm dik was.

Om een eventueel nieuw „zetten” van de kniplaag zooveel mogelijk te voorkomen, werd niet de laag knip van 50 cm alleen naar beneden gebracht, maar werd deze kniplaag eerst met een laag woelklei vermengd. Het werk werd als volgt uitgevoerd.

Eerst haalde men de zode ter dikte van  $\pm 7$  cm van het perceel af en vermengde de onder de zode liggende kniplaag van 53 cm dikte met de daaronder gelegen laag woelklei van 20 cm. Dezen gemengden grond bracht men op een diepte tusschen 55 en 125 cm onder maaiveld. De dieper gelegen woelklei werd daarna laagsgewijze gebracht boven den gemengden grond en wel zoo, dat de diepst gelegen woelklei het meest boven kwam te liggen en daarop werd de oude graszode weer gelegd. Het omgezette grondprofiel zag er dus op de volgende wijze uit: 1e graszode 7 cm dik, 2e woelklei ter dikte van 50 cm, 3e mengsel van knip en woelklei van 73 cm.

Op deze wijze werd van het geheele perceel van 45 are 7,85 are omgewerkt; de kosten hiervan bedroegen f 100,—, terwijl deze aanvankelijk op f 45,— per 10 are geraamd waren. De grootste oorzaak van deze misraming was, dat de verwerking van de dikke laag knip, die bijna onhandelbaar was, veel meer arbeid kostte dan berekend was, terwijl de arbeidsloonen vrij hoog waren.

In 1914 is dit land beweid, terwijl in 1915, 1916 en 1917 het niet omgezette gedeelte resp. 40 %, 10 % en 40 % meer aan hooi opbracht dan het omgezette. Het omgezette gaf zoowel in 1915 als in 1916 meer klaver dan het niet omgezette. Van een gunstige werking van de omzetting van de kniplaag op de hooiopbrengst is bij deze proefneming nooit iets waar te nemen geweest.

De mogelijkheid bestaat, dat het zeer vele jaren duurt, voordat de oude graszode zich weer voldoende ontwikkeld heeft, zoodat eerst na vele jaren een gunstig resultaat van de omzetting verwacht kan worden. Daarbij komt nog, dat door de veranderde samenstelling van den grond, van koolzure kalk-vrij in koolzure kalk-houdend, het grasbestand zich zal wijzigen, waardoor aanvankelijk een mindere grasopbrengst zal worden verkregen. Misschien is het ook mogelijk, dat door de omzetting de watervoorziening van het grasbestand van de afgestoken zode in den beginne slechter wordt, zoodat ook uit dien hoofde in de eerste jaren na de omzetting geen gunstige werking van de omzetting is waar te nemen.

Vóór 1912 heeft één van ons, toen Directeur van het Rijkslandbouwproefstation Wageningen, enkele monsters van knikgronden, voorkomende op de boerderij van den Heer H. O. WIJERS te Heteren (Betuwe), onderzocht (13). Van een tweetal plekken op deze boerderij, resp. gelegen in het bouwland en in een boomgaard, zijn op 3 verschillende diepten grondmonsters genomen, welke monsters op hun gehalte aan zand en klei werden onderzocht. Dit onderzoek, waarbij van een slibcylinder volgens KÜHN gebruik gemaakt werd, leverde het volgende resultaat op:

Diepte in cm	Grootte der deeltjes in millimeters:			
	kleiner dan 0,002	0,02—0,002	0,1—0,02	2,0—0,1
Bouwland:				
15—25	23,0	31,0	26,7	13,7
50—60	23,9	35,0	28,2	7,5
75—100 (kniklaag)	41,3	41,0	8,2	1,8
Boomgaard:				
15—25	26,6	42,0	20,3	4,6
50—60	38,6	38,9	12,5	2,1
80—100 (kniklaag)	44,8	35,1	12,2	0,8

Een sterke toename van het percentage aan de allerkleinste deeltjes en een sterke afname van het zandgehalte naar beneden toe toonen deze cijfers duidelijk aan. Of dit veel hoogere gehalte aan allerkleinste deeltjes in de kniklaag aan een uitspoeling van deze deeltjes uit de boven de kniklaag gelegen grond-

lagen en ophooping in de kniklaag moet worden toegeschreven, is niet met zekerheid te zeggen. De mogelijkheid bestaat ook, dat dit verschil in allerkleinste deeltjes in de verschillende grondlagen reeds bij de afzetting van deze grondlagen aanwezig was. En deze mogelijkheid is des te meer waarschijnlijk, omdat de kniklaag nog al tamelijk diep beneden het oppervlak van den grond gelegen is.

In Juni 1917 is door het Bodemkundig Instituut, toen nog de afdeling voor bodemkundig onderzoek van het Rijkslandbouwproefstation Groningen, het eerste knikprofiel in de provincie Groningen bemonsterd. Het bemonsterde perceel behoorde aan den Heer N. H. TONKES te Solwerd bij Appingedam en was gelegen ten noorden van de spoorlijn Appingedam—Delfzijl en ten oosten van de Uitwierder Maar. Op dit perceel was men toen bezig de kniklaag af te graven voor de fabricage van tichelsteenen. De van de verschillende grondlagen genomen monsters zijn onderzocht op hun gehalten aan organische stof, koolzure kalk, klei en zand. Het resultaat van dit onderzoek, alsmede een beschrijving van het bemonsterde profiel, is in de onderstaande tabel opgenomen.

*Knikprofiel onder Uitwierda*

N <sup>o</sup> . B.	Benaming van de grondsoort (in de practijk)	Diepte van de laag in cm	Gehalten van den drogen grond aan:						pH bepaald Juli 1935 chinhidronelectrode
			koolzure kalk	organische stof	deeltjes kleiner dan 0,002 mm	deeltjes van 0,02 tot 0,002 mm	deeltjes kleiner dan 0,02 mm	deeltjes van 2 tot 0,02 mm zand	
457	Bouwvoor, zware kleigrond	0 — 25	1,1	2,0	30,7	21,5	52,2	44,7	7,2
458	1e Kniklaag . . . . .	25 — 52,5	0,2	0,9	37,1	23,3	60,4	38,5	7,1
459	2e Kniklaag . . . . .	52,5 — 77,5	0	0,2	54,7	27,2	81,9	17,9	7,2
460	Zandige klei . . . . .	77,5 — 107,5	4,8	0	22,0	13,3	35,3	59,9	8,6
463	Zandige klei met ijzerafzet- tingen . . . . .	107,5 — 135	8,7	0,1	11,6	8,8	20,4	70,8	—
465	Zware grauwe klei . . . .	135 — 160	8,7	0	11,6	8,8	20,4	70,9	—
466	Zware blauwe klei . . . .	160 — 190	8,9	0,3	15,9	9,5	25,4	65,4	—

Ten tijde van de bemonstering verkeerde de bouwvoor, tengevolge van den strengen winter van 1916 op 1917, in goeden, kruimeligen toestand. De knik, zoowel van de eerste laag van 25—52,5 cm als van de tweede laag van 52,5—77,5 cm, was zeer goed voor de fabricage van tichelsteenen. In de tweede kniklaag waren twee lagen te onderscheiden. Het bovenste gedeelte was lichter, bleeker gekleurd, terwijl het onderste gedeelte bruin gekleurd was door ijzerafzettingen. Dit knikprofiel vertoonde dus in uiterlijk veel overeenkomst met een loodzand-humuszandsteen profiel (14). In de laag van 107,5—135 cm

kwamen ook vele ijzerafzettingen voor. Deze laag bevatte veel z.g. ijzerknollen, terwijl het onderste gedeelte veel gele ijzerafzettingen bevatte.

Uit de cijfers van de tabel blijkt, dat het gehalte aan kleideeltjes, vooral aan de allerfijnste deeltjes kleiner dan 2 micron, van boven tot en met de tweede kniklaag sterk toeneemt.

Het onderzoek van het knikprofiel onder Uitwierda was aanleiding, dat door Dr. D. J. HISSINK twee lezingen over het onderwerp „Knik” gehouden werden en wel op 24 Januari 1918 op de Algemeene Vergadering van de Landbouwwereeniging „Grijpskerk en Omstreken” en op 2 Februari 1918 voor de Afdeling Appingedam van de Groninger Maatschappij van Landbouw en Nijverheid (15). Na de lezing te Appingedam verklaarde de Heer T. G. VEENKAMP te Delfzijl, dat hij zware kleigronden had, die niet knikkig waren en lichtere kleigronden, die bovendien nog als grasland lagen, die sterk knikkig waren. Bij een later bezoek aan deze perceelen in April 1918, bleken die zware, niet-knikkige, kleigronden, ongeveer een 200 meter uit den zeedijk gelegen, nog vrij wat koolzure kalk te bezitten. Deze perceelen maakten den indruk nog niet zoo oud land te zijn. En het was dus niet te verwonderen, dat zich hier nog geen knik gevormd had. De lichtere, knikkige gronden lagen ten oosten van de Uitwierder Maar, iets ten Noorden van Marsum. Deze perceelen hadden ongeveer 60 jaar lang als grasland gelegen, daar zij destijds wegens den zwaren knik onmogelijk verder te bebouwen waren. In het voorjaar van 1918 had de Heer VEENKAMP deze perceelen gescheurd. De gescheurde bovengrond zag wat bruin door ijzerafzettingen. Door de graswortels en de ijzerafzettingen maakte de grond den indruk niet zwaar te zijn. Onder den bovengrond op ongeveer 30 cm diepte begon de kniklaag. Van den bovengrond van de verschillende perceelen is een monster voor onderzoek meegenomen. Dit onderzoek leverde het volgende resultaat op.

N <sup>o</sup> . B	Omschrijving volgens den Heer VEENKAMP	Diepte van de laag in cm	Gehalten van den drogen grond aan:					
			koolzure kalk	organische stof	deeltjes kleiner dan 0,002 mm	deeltjes van 0,02 tot 0,002 mm	deeltjes kleiner dan 0,02 mm klei	deeltjes van 2 tot 0,02 mm zand
509	Zware, niet-knikkige klei- grond . . . . .	0—25	4,0	1,5	24,9	15,3	40,2	54,3
510		0—25	3,4	1,6	27,1	13,6	40,7	54,3
513	Lichte, knikkige kleigrond. Gescheurd grasland . .	0—30	0	3,0	37,0	24,6	61,6	35,4



Het onderzoek wees dus uit, dat de opvattingen van den Heer VEENKAMP juist tegengesteld aan de werkelijkheid waren. De zware, niet-knikkige kleigrond was niet zoo zwaar en bevatte nog 3 à 4 % koolzure kalk, terwijl de lichte, knikkige kleigrond tamelijk zwaar was en vrij van koolzure kalk. De grondgesteldheid van de perceelen was dus zoodanig, als op grond van hun samenstelling ook kon verwacht worden.

Op de vergadering van de Landbouwvereniging „Grijpskerk en Omstreken” verklaarde de Heer H. K. MEIJER te de Waarden gem. Grijpskerk, dat hij op zijn boerderij zeer oud groenland had, dat volgens overlevering altijd groenland was geweest, nooit bekalkt was en toch in den bovengrond nog koolzure kalk bevatte en niet knikkig was. Dit groenland bleek te liggen ten Zuiden van den ouden zeedijk van 1529 van Kommerzijl naar Munnikzijl, dus inderdaad zeer oud te zijn. In den bovengrond van 0—10 cm kwam nog 1 % koolzure kalk voor, in de laag van 10—20 cm 1,4 % en in de laag van 20—30 cm 3,1 %. In den grond van alle lagen werd een enkel stukje kalk of een enkel stukje schelp aangetroffen. De grond behoorde tot de vrij zware kleigronden met ongeveer 38 % klei. Waarom in dezen grond de koolzure kalk in den loop der jaren nog niet was uitgespoeld en hier geen knikvorming was opgetreden, is tot nu toe niet te verklaren. Het is mogelijk, dat in de lichtere kleigronden de koolzure kalk in een groveren vorm voorkomt dan in de zwaardere kleigronden, zoodat ze in eerstgenoemde gronden niet zoo gemakkelijk door het koolzuur-houdende bodemvocht wordt aangetast en in oplossing gebracht (16).

Het tweede knikprofiel, dat in de Provincie Groningen bemonsterd is en wel in Juni 1920, was gelegen op de boerderij van de familie Erven P. HEIDEMA SR. te Warffumer Zuiderhorn. Deze boerderij ligt ten oosten van de Warffumer Maar, ten Noorden van Onderdendam. Het bemonsterde perceel was grasland en had in allen geval al langer dan 40 jaar als grasland gelegen. Bij de bemonstering bleek de kniklaag op 12½ cm onder maaiveld te beginnen. De zode van 0—12½ cm was sterk met graswortels doorschoten. In den knik waren de graswortels direct aanzienlijk minder. Tot 28½ cm onder maaiveld kwamen in den knik geen roode aderen van ijzerafzettingen voor. Van 28½ tot 38½ cm was de knik iets rood geaderd. Vanaf 38½ cm was de grond niet knikkig meer. Van 38½ tot 58 cm werd sterk rood geaderde klei aangetroffen. Deze klei was bij het wrijven tusschen de vingers meer plastisch, terwijl de knik brokkelig was. Daarop volgde van 58 tot ongeveer 80 cm gewone grijze klei, van ong. 80 tot ong. 90 cm zandige klei en van 90 tot ongeveer 117½ cm weer gewone grijze klei. Op 117½ cm onder maaiveld kwam darg voor. Tot aan de darg bevatte de grond geen koolzure kalk. Van

de bovenste 5 lagen zijn grondmonsters genomen en onderzocht op hun granulaire samenstelling met het volgende resultaat.

*Knikprofiel Warffumer Zuiderhorn*

N <sup>o</sup> . B	Omschrijving	Diepte van de laag in cm	Gehalten van den drogen grond aan:						pH bepaald Juli 1935 chinhydronelectrode
			koolzure kalk	organische stof	deeltjes kleiner dan 0,002 mm	deeltjes van 0,02 tot 0,002 mm	deeltjes kleiner dan 0,02 mm	deeltjes van 2 tot 0,02 mm klei zand	
800	Zode . . . . .	2½—12½	0,3	10,7	35,2	20,9	56,1	32,9	5,1
801	Knik . . . . .	12½—28½	0,1	2,5	38,7	22,7	61,4	36,0	5,6
802	Knik met iets roode aderen	28½—38½	0	3,1	38,6	20,3	58,9	38,0	5,9
803	Sterk rood geaderde klei	38½—58	0	2,4	40,9	21,1	62,0	35,6	6,0
804	Grijze klei . . . . .	58—70	0	0,3	37,6	17,1	54,7	45,0	6,6

Een frappante toename van de allerfijnste deeltjes van boven tot het benedenste gedeelte van de kniklaag is in dit profiel niet te zien.

In het voorjaar van 1923 was door Dr. K. ZIJLSTRA, toen Directeur van de vijfde Afdeling van het Rijkslandbouwproefstation Groningen en den Heer Ir. P. G. MEYERS, toen Rijkslandbouwconsulent voor Noordelijk Groningen een proefveld aangelegd op een perceel land van den Heer NOORDHOF te Middelstum met het doel om na te gaan, op welke wijze de stugge knikgrond van dit perceel het beste van bouwland in weiland was om te zetten. Doet men dit op dezen grond op de gewone wijze, dan groeit het gras gedurende het eerste jaar goed, doch daarna gaat het dood. Het eene gedeelte van dit proefveld was bekalkt, het andere niet, terwijl verschillende grasmengsels waren aangewend. In September 1923 zijn door de toenmalige bodemkundige Afdeling van het Rijkslandbouwproefstation van één veldje van het onbekalkte gedeelte van dit proefveld grondmonsters genomen tot op een diepte van 1 m onder maaiveld. Volgens het onderzoek hadden deze monsters een granulaire samenstelling, zooals in de tabel bovenaan blz. 771 is weergegeven.

Beneden de kniklaag is de grond tot daar bemonsterd, waar de opbruising van koolzure kalk begon. Deze opbruising begon op de verschillende bemonsterde plekken op zeer uiteenlopende diepten.

Van een perceel roodoorngrond van den Heer G. ATZEMA te Schildwolde zijn in Augustus 1924 van dat gedeelte, waar de ondergrond van de roodoorn

N <sup>o</sup> . B	Omschrijving	Diepte van de laag in cm	Gehalten van den drogen grond aan:					
			koolzure kalk	organische stof	deeltjes kleiner dan 0,002 mm	deeltjes van 0,02 tot 0,002 mm	deeltjes kleiner dan 0,02 mm. klei	deeltjes van 2 tot 0,02 mm. zand
1535	Zware, stugge donkergrijze klei . . . . .	0 tot ± 20	0,2	2,3	42,0	23,7	65,7	31,8
1536	Kniklaag, zeer vaste donkergrijze klei. . . . .	± 20 tot 30 à 35	0,1	1,5	47,4	23,7	71,1	27,3
1537	Zware, lichtgrijze klei met veel ijzerafzettingen . .	30 à 35 tot 55 à 90	0,3	0,5	42,3	18,8	61,1	38,1
1538	Nog vrij stopverfachtige klei, met iets zandlaagjes	55 à 90 tot 100	5,5	0,2	43,9	20,1	64,0	30,3

knikkelig was, enkele monsters genomen. Hier was dus een geval, waarop VAN BEMMELLEN wijst, dat onder roodoorn knik voorkomt. De kniklaag was maar dun. De granulaire samenstelling van deze monsters was als volgt:

N <sup>o</sup> . B	Omschrijving	Diepte van de laag in cm	Gehalte van den drogen grond aan:			
			koolzure kalk	organische stof	klei (deeltjes kleiner dan 0,02 mm)	zand (deeltjes van 2 tot 0,02 mm)
1694	Roodoorn . . . . .	0—21	0	9,2	48,9	41,9
1695	Knikkige laag . . . . .	21—33	0	6,8	80,5	12,7
1696	Spalterveen . . . . .	33—53	0	83,1	13,1	3,8

In September 1928 is van het knikperceel te Warffumer Zuiderhorn, op de boerderij van den Heer Ir. J. HEIDEMA te Groningen, van den grond van de verschillende lagen het volumegewicht bepaald. Dit is geschied door een koperen ring van 8 cm hoogte en met een diameter van 8 cm in den grond van de betreffende laag te drukken. Daarna is deze ring uitgegraven en is de grond, die aan beide zijden van den ring uitsteekt, vlak afgesneden gelijk met de randen van den ring. Vervolgens is de ring, aan beide zijden met glasplaatjes

afgedekt, gewogen, waarna de grond uit den ring in een goed sluitende stop-flesch is gedaan. Van dezen grond is bepaald het totaal vochtgehalte (A-cijfer) en het soortelijk-gewicht. Uit het volumegewicht en het soortelijk-gewicht zijn de volumina aan vaste deeltjes en poriën van den grond van de betreffende laag, uitgedrukt in volume-procenten, te berekenen, en verder met behulp van het totaal vochtgehalte de volumina aan water en lucht in den grond.

Van de volgende lagen is het volumegewicht bepaald: laag van  $2\frac{1}{2}$ — $10\frac{1}{2}$  cm, zode, droge, erg losse grond, rijk aan wortelvezels; bevat wel wat scheurtjes, die echter slechts smal zijn; laag van 15—23 cm, erg droge, brokkelige knikgrond, met vele dunne scheurtjes en nog vrij rijk aan wortelvezels; laag van 36—44 cm, sterk rood geaderde knikgrond, bevat nog steeds wortelvezels, ofschoon veel minder dan de vorige laag, en zoo goed als geen scheuren meer; laag van 53—61 cm, meer zandige klei, erg dicht en vast, met veel ijzerafzettingen, geen scheurtjes en zoo goed als geen wortelvezels meer.

Het resultaat van het onderzoek van deze grondlagen is in de volgende tabellen opgenomen.

N <sup>o</sup> . B	Omschrijving	Diepte van de laag in cm	Gehalte van den drogen grond aan:			
			koolzure kalk	or- ganische stof	klei (deeltjes kleiner dan 0,02mm)	zand (deeltjes van 2 tot 0,02mm)
2836	Zode . . . . .	$2\frac{1}{2}$ — $10\frac{1}{2}$	0,4	9,8	58,2	31,6
2837	Knik . . . . .	15—23	0	3,2	64,0	32,8
2838	Sterk rood geaderde knik. . .	36—44	0	1,9	55,4	42,7
2839	Meer zandige klei . . . . .	53—61	0	0,6	30,5	68,9

N <sup>o</sup> . B	Diepte van de laag in cm	100 g droge grond bevat grammen water (A-cijfer)	Volume- gewicht (v.g.)	Soorte- lijk- gewicht (s.g.)	In 100 cc grond in zijn natuurlijke ligging zijn aanwezig cc			Poriën- volume in %
					vaste stof	water	lucht	
2836	$2\frac{1}{2}$ — $10\frac{1}{2}$	41,6	0,96	2,50	38,4	40,0	21,6	61,6
2837	15—23	24,2	1,28	2,61	48,9	31,0	20,1	51,1
2838	36—44	24,1	1,31	2,64	49,5	31,6	18,9	50,5
2839	53—61	17,5	1,48	2,67	55,4	25,5	19,1	44,6

In April 1931 zijn op een perceel zeer oud grasland, ten noorden van het Verzorgingshuis te Groningen, thans sportterrein in het Oosterpark, enkele grondprofielen bemonsterd, ten einde de gemeente van advies te dienen inzake het aanleggen van sportvelden op dit terrein. Bij dit onderzoek bleek op dit terrein onder de graszode een min of meer dikke kniklaag voor te komen. Het grondprofiel zag er als volgt uit. Van 0—25 cm onder maaiveld bevond zich een zware kleilaag, zonder  $\text{CaCO}_3$ . Het bovenste gedeelte van deze laag (van 0 tot ongeveer 10 cm) was sterk doorworteld (de eigenlijke graszode); de beworteling nam echter naar onderen, van 10 tot 25 cm onder maaiveld, sterk af (de wortelhorizont). De eigenlijke graszode vormde een vrij compacte massa; de wortelhorizont was losser en kruimeliger van structuur. Onder deze laag kwam van 25—46 cm een zeer taaie, droge kniklaag voor, zonder  $\text{CaCO}_3$  en vrijwel zonder plantenresten. Van 25—30 cm werden in deze laag ijzeroxydeafzettingen aangetroffen. Van 46—72 cm trad een meer zwartachtige, zeer taaie en droge kniklaag, eveneens zonder  $\text{CaCO}_3$ , op. Een zeer donkere laag van 62—72 cm sloot deze laag van de volgende af. Onder deze laag kwam van 72—110 cm weke, zware klei voor, die alleen beneden 95 cm iets  $\text{CaCO}_3$  bevatte. Van de verschillende lagen van dit grondprofiel is, behalve de granulaire samenstelling, tevens het volumegewicht van den grond en de doorlatendheid van den grond voor water bepaald (17).

De beide volgende tabellen bevatten de resultaten van de verschillende onderzoeken.

*Knikprofiel Gemeente-terrein Groningen*

N <sup>o</sup> . B	Omschrijving	Diepte van de laag in cm	Gehalten van den drogen grond aan:				Gemiddelde doorlatend- heid = D (meters water per etmaal)
			koolzure kalk	or- ganische stof	klei	zand	
4020	Graszode . . . . .	4—11	0	14,6	64,7	20,7	0,29
4021	Wortelhorizont . .	15—22	0	5,7	76,7	17,6	17,18
4022	Kniklaag . . . . .	27—34	0	2,5	83,5	14,0	0,84
4023		37—44	0	2,0	82,6	15,4	0,052
4024		47—54	0	1,1	91,3	7,6	0,009
4025		57—64	0	0,6	78,0	21,4	0,051
4026	Grijze, zware klei.	75—82	0	0,5	83,9	15,6	1,02
4027		85—92	0	0,8	78,4	20,8	1,18
4028		95—102	1,1	0,2	83,1	15,6	1,14

Diepte van de laag in cm	100 g droge grond bevat grammen water (A-cijfer)	Volume-gewicht (v.g.)	Soortelijk gewicht (s.g.)	In 100 cc grond in zijn natuurlijke ligging zijn aanwezig cc			Poriën-volume in %
				vaste stof	water	lucht	
5—13	52,6	0,93	2,46	37,9	49,0	13,1	62,1
16—24	43,4	1,09	2,60	42,0	47,4	10,6	58,0
28—36	47,4	1,17	2,75	42,6	55,4	2,0	57,4
38—46	43,9	1,21	2,75	44,2	53,3	2,5	55,8
48—56	39,0	1,28	2,73	46,9	49,9	3,2	53,1
58—66	36,2	1,31	2,73	48,3	47,7	4,0	51,7
76—84	50,7	1,12	2,70	41,4	56,6	2,0	58,6
86—94	54,9	1,06	2,70	39,3	58,1	2,6	60,7
96—104	62,6	1,00	2,70	37,1	62,6	0,3	62,9

De cijfers van deze tabellen wijzen ook in dit geval op een sterke toename van de kleideeltjes van boven af tot in de kniklaag van 47—54 cm onder maaiveld. Verder blijkt uit deze cijfers, dat de kniklagen van 37—64 cm voor water praktisch ondoorlatend zijn ( $D = 0,05$  en lager). De kniklaag onder den wortelhorizont (27—34 cm) is iets beter doorlatend ( $D = 0,84$ ) dan de onder deze laag gelegen kniklagen, maar toch is deze doorlatendheid nog gering. De wortelhorizont van 15—22 cm bezit nog een goede doorlatendheid ( $D = 17,2$ ).

De kniklagen beneden de 35 cm onder maaiveld zijn niet alleen praktisch ondoorlatend voor water, maar ook de graswortels kunnen er moeilijk in binnen dringen. Voor zijn watervoorziening is het gras dus op den slechts 25 tot 35 cm dikken bovengrond aangewezen. In warme, droge zomerperioden heeft het grasbestand spoedig gebrek aan water, omdat de kniklaag ook geen grondwater doorlaat, terwijl in natte perioden spoedig een te veel aan water ontstaat, omdat het regenwater niet naar de diepte kan wegzakken. Toch schijnt men dit laatste, te veel water, liever te hebben dan gebrek aan water, hetgeen blijkt uit het bekende gezegde van de Friesche greidboeren „zes dagen regen en den zevenden dag een donderbui”. Veel regen geeft veel gras en de kwantiteit schijnt dan wel iets te vergoeden voor de mindere kwaliteit.

Knikgrond komt dus voor in het gebied van „de oude klei”, zowel in de provincie Groningen als in de provincie Friesland. Volgens een mededeeling zou binnen den Wolddijk, een streek in het centrum van de provincie Groningen en in het gebied van de oude klei gelegen, geen knik voorkomen. In dit centrum moeten reeds vroegtijdig indijkingen plaats gevonden hebben. Zoo zou reeds in de 8ste eeuw door een zekeren Walfridus de z.g. Innersdijk ingedijkt zijn. Deze landstreek, waarin thans o.a. de dorpen Zuidwolde, Noordwolde, Bedum en Westerdijkshorn liggen, was een lage kom, die destijds de verzamelplaats van het regenwater, dat van de omliggende hoogere gronden daarheen afzakte, moet zijn geweest. Door omsluiting van deze streek met een dijk kon

dit land beter drooggelegd worden (18). Op de kaart van de Wierden en Dijken tusschen Lauwerszee en Eems, samengesteld door S. P. RIETEMA, komt in het centrum van de provincie Groningen eveneens een oude dijk voor, waarbinnen bovengenoemde dorpen liggen. Vermoedelijk is deze dijk, de Wolddijk, dezelfde als die van Walfridus. Op deze kaart wordt ook de grens van „de oude klei” aangegeven (zie kaartje na blz. 856). Opmerkelijk is het, dat binnen den ouden Wolddijk geen terpen voorkomen, terwijl deze in het overige oude kleigebied wel aanwezig zijn. Het gebied binnen dezen ouden dijk werd dus blijkbaar reeds in de alleroudste tijden niet meer door het zeewater overstroomd. Op grond van het feit, dat in dit gebied zeer vele plaatsen voorkomen, waarvan de naam op „wolde” eindigt, meent BEEKMAN (19), dat de zware klei binnen dezen dijk vroeger zeker met veel elzen en ander rijshout en riet moet bezet geweest zijn, en dat daarom dit gebied schaars bevolkt was. Volgens bovengenoemde kaart ligt het onderzochte terrein van de Gemeente Groningen buiten bovenstaanden ouden dijk. Het land, waar dit terrein ligt, is dus langer door het zeewater overstroomd geworden dan het gebied binnen den ouden Wolddijk. Binnen dezen ouden dijk, in den oostelijken Bedumer polder, is in September 1920 op het land van den Heer J. J. HOPMA een bodemprofiel bemonsterd. De Heer HOPMA, die steenfabrikant was, verwerkte klei binnen den Wolddijk. Deze klei zou direct geschikt voor de fabricage van steenen zijn, terwijl de knikklei eerst met zand gemengd moet worden. Voor de steenfabricage gebruikte men de laag van 30—75 cm onder maaienveld, soms iets dieper, als de grond nog kleiig was. De volgende tabel geeft een overzicht van het bemonsterde bodemprofiel en van de granulaire samenstelling van de verschillende bemonsterde grondlagen.

*Profiel Bedum*

N <sup>o</sup> . B	Omschrijving	Diepte van de laag in cm	Gehalten van den drogen grond aan:						zauwgraad (pH) be- peald April 1938
			koolzure kalk	organische stof	deeltjes kleiner dan 0,002 mm	deeltjes van 0,02 tot 0,002 mm	deeltjes kleiner dan 0,02 mm klei	deeltjes van 2 tot 0,02 mm zand	
831	Bouwvoor . . . . .	7—30	0,9	3,9	36,6	19,2	55,8	39,4	7,1
832	Donker gekleurde vette klei	30—39	0,1	2,4	50,2	25,0	75,2	22,3	6,9
833	Witte klei met gele plekken van ijzeroxyde . . . . .	39—66	0,1	0,4	55,6	25,5	81,1	18,4	6,9
834	Overgangslaag . . . . .	66—75	4,2	0	41,9	20,1	62,0	33,8	7,3
835	Grijze zandige klei . . . . .	75—100	6,9	1,7	24,7	13,4	38,1	53,3	7,5
836	Sterk rood gekleurde zandige klei . . . . .	100—130	6,7	2,1	15,7	9,0	24,7	66,5	7,7
837	Blauwe zandige klei . . . . .	130—150	5,9	1,7	11,2	5,6	16,8	75,6	7,2

Bij de bemonstering lag het land gestoppelploegd  $\pm$  7 cm.

(21) B 91

Ook in dit profiel, hoewel geen knik bevattende, zien we een stijging van het gehalte der kleideeltjes van boven naar beneden tot daar, waar de koolzure kalk in sterke mate begint voor te komen. Voor verdere gegevens betreffende dit profiel zij naar Hoofdstuk VI verwezen.

## HOOFDSTUK II

### 1. In hoeverre is het mogelijk de kniklagen in oude, ondoorlatende kleigronden in het centrum van de Provincie Groningen te verwijderen?

In de voorafgaande bladzijden staat vermeld, hetgeen betreffende de knikgronden bekend was en welke de opvattingen omtrent het ontstaan van de knikgronden waren, toen het Dagelijksch Bestuur der Groninger Maatschappij van Landbouw zich om advies inzake bovenstaande vraag tot het Bodemkundig Instituut wendde. In overleg met de Heeren Ir. J. HEIDEMA, toentertijd Directeur van de Middelbare Landbouwschool te Groningen en Ir. G. VEENSTRA, Rijkslandbouwconsulent voor Noordelijk Groningen, heeft het Bodemkundig Instituut toen een concept-advies betreffende deze vraag opgesteld.

In dit concept-advies is onder meer naar voren gebracht, dat alleen los maken van de kniklaag en het op zijn plaats laten daarvan onvoldoende is, aangezien na eenige jaren de kniklaag zich weer in meer of minder mate zal zetten. Dat om doeltreffend te zijn de geheele kniklaag verwijderd zal moeten worden.

Twee methoden zijn hiervoor aangegeven.

*a.* Het naar beneden werken van de kniklaag over haar geheele dikte en het vervangen daarvan door den onder de kniklaag voorkomenden grond. Hierbij werd opgemerkt, dat dit alleen tot verbetering van het land zou leiden, wanneer onder de kniklaag koolzure kalk-houdende klei voorkwam.

*b.* Het afgraven en verwijderen van het land van de geheele kniklaag en het brengen van den bovengrond op den onder de kniklaag liggenden ondergrond. Opgemerkt werd, dat ook op deze wijze alleen dan een verbetering van het land te verkrijgen zou zijn, wanneer onder de kniklaag koolzure kalk-houdende klei voorkwam. Bovendien werd opgemerkt, dat in dit geval het maaiveld zooveel lager zou komen te liggen, als de dikte van de afgegraven kniklaag zou bedragen en dat in sommige gevallen, afhankelijk van den stand van het omringende buitenwater, dan een afzonderlijke bemaling van het aldus verkregen land noodzakelijk zou zijn (20).

Bovendien werd er op gewezen, dat, wanneer onder de kniklaag geen koolzure kalk-houdende klei voorkomt, dan een verbetering van het land door verwijdering van de kniklaag op één van de aangegeven wijzen niet te verwachten



zou zijn, zoodat steeds een nauwkeurig onderzoek van het bodemprofiel in de eerste plaats noodig is.

Ten aanzien van de vraag, of het inderdaad wenschelijk is de kniklaag te verwijderen, werd er in het concept-advies op gewezen onderscheid te maken tusschen:

- A. oud, blijvend grasland;
- B. tijdelijk grasland of bouwland.

Ten opzichte van oud, blijvend grasland werd opgemerkt, dat bij verwijdering van de kniklaag de graszode zou moeten worden afgestoken om deze later weer op den omgezetten grond aan te brengen en dat hierbij het versnijden van de wortels, ook al werd de graszode 10 cm dik afgestoken, van zoodanigen invloed zou zijn, dat het oude grasland in de eerste jaren niet meer zou worden teruggekregen.

Voor oud, blijvend grasland werd het verwijderen van de kniklaag dan ook als ondoelmatig beschouwd, aangezien het veel geld zou kosten, terwijl het oude grasland niet meer zou worden teruggekregen. Hierbij werd gewezen op de proefneming van den Heer LEUPEN (zie blz. 764).

Voor tijdelijk grasland of bouwland werd er geen enkel bezwaar in gezien om de kniklaag te verwijderen. Alleen werd er op gewezen, dat in deze gevallen de vraag onder de oogen gezien moest worden, of het verwijderen van de kniklaag uitvoerbaar was en of de daaraan verbonden kosten evenredig zouden zijn aan de verbetering van het land.

Ter verbetering van de oude, knikkige, blijvende graslanden werd opgemerkt, dat men zou kunnen probeeren de greppels, die soms niet meer dan laagten tusschen de bolliggende strooken zijn, uit te diepen tot beneden de kniklaag, dus tot den doorlatenden ondergrond; in deze sleuven een drain te leggen, de sleuven op te vullen met koolzure kalk-houdende klei en het land verder geleidelijk aan gelijk te maken. Dat op deze wijze een betere afwatering van het land verkregen zou worden. Was de stand van het grondwater in de omringende slooten evenwel hooger dan den onderkant van de kniklaag, dan zou het uitdiepen van de greppels tot beneden de kniklaag niet noodzakelijk zijn.

Opgemerkt werd verder, dat, hoewel bovenstaande werkwijze waarschijnlijk wel eenige verbetering van het land zou opleveren, toch de voornaamste oorzaak van het ontstaan van de kniklaag daardoor niet weggenomen zou worden. Dat deze toch ligt in de ontkalking van den grond, zoodat het dus aanbeveling zou verdienen het land tevens te bekalken. Dat dit het beste zou kunnen geschieden door het land elk jaar een weinig kalk te geven en dat de beste wijze om deze kalk te geven waarschijnlijk het uitstrooien van koolzure kalk-hou-

denden grond over het land zou zijn, omdat schuimaarde en andere kalkmeststoffen te scherp voor het grasland schijnen te zijn, zoodat dit door deze meststoffen verschroeit.

Ten slotte werd er op gewezen, dat de verwijdering van de kniklaag bij tijdelijk grasland of bouwland volgens de onder *b* aangegeven methode slechts mogelijk zou zijn, wanneer de afgegraven knikgrond voor de fabricage van tichelsteenen gebruikt kon worden, hetgeen in het algemeen slechts mogelijk zou zijn voor die gronden, die in de nabijheid van steenfabrieken liggen.

De slotconclusie was dus, dat bij het meerendeel van de gronden het verwijderen van de kniklaag op de onder *a* aangegeven methode zou moeten geschieden.

Ter berekening van de kosten, die aan dit werk verbonden zouden zijn, zijn ten laatste nog enkele beschouwingen gewijd. Maar daar deze kosten ten nauwste samenhangen met de diepte, waarop de kniklaag naar beneden zal moeten worden gebracht, in het algemeen dus met de hoeveelheid grond, die verzet zal moeten worden, zullen deze voor elk geval verschillend zijn en was dus geen vast bedrag daarvoor op te geven.

Naast dit concept-advies heeft de Heer Ir. J. HEEMSTRA, Rijkstuinbouwconsulent voor Groningen en Drenthe, te Groningen enkele opmerkingen met beschouwingen over het knikvraagstuk ingezonden.

Om op de vragen, wat is knik en onder welke omstandigheden heeft knikvorming plaats, een antwoord te kunnen geven is het volgens Ir. HEEMSTRA van belang om in de eerste plaats na te gaan, waar in de provincie Groningen knik wordt aangetroffen. Dit zou volgens hem kunnen geschieden door het houden van een enquête bij diverse landbouwverenigingen. En in de tweede plaats om na te gaan door welke omstandigheden de vorming van knik verklaard wordt. Ir. HEEMSTRA wijst er op, dat zijns inziens deze vorming niet alleen een kwestie van een uitloogingsproces zou zijn, maar dat de aard van den grond, de hoogteligging van den grond, de vegetatie bij deze vorming waarschijnlijk mede een rol spelen. Volgens hem wordt knik vooral op gronden van lagere ligging aangetroffen.

Verder stelt Ir. HEEMSTRA de vraag of men knikgronden ook door vermenging met zand blijvend zou kunnen verbeteren. Volgens hem zou men door vermenging met zand drie slechte eigenschappen van den knik in het bijzonder verbeteren, doordat men door die vermenging zou verkrijgen: 1. een hoogere ligging van den grond; 2. een grootere doorlaatbaarheid; 3. een betere verhouding tusschen lucht en water in den grond, welke factoren gezamenlijk op tal van bodemeigenschappen een gunstigen invloed zouden hebben.

In deze vermenging met zand zag Ir. HEEMSTRA tevens nog een object van werkverschaffing voor andere categoriën van personen, welk denkbeeld hij in zijn beschouwingen nader heeft uitgewerkt.

Tenslotte wijst Ir. HEEMSTRA er nog op, dat uit de beschouwingen wel blijkt, dat de kosten van verbetering van knikgronden door middel van graafwerk en grondverplaatsing zeer groot zullen zijn en stelt de vraag of niet met veel minder kosten ook een aanzienlijke verbetering van deze gronden te verkrijgen zou zijn.

Volgens hem zou op deze vraag een bevestigend antwoord gegeven kunnen worden voor zoover het bouwland betreft, n.l. door het geven van een dubbele zware bemesting met schuimaarde, b.v. met 50 000 kg schuimaarde in den 2den steek van 30—60 cm en 30 000 kg schuimaarde in de bouwvoor en hij geeft dan ook een proefneming hiermede in overweging.

Het concept-advies van het Bodemkundig Instituut, alsmede de beschouwingen van Ir. HEEMSTRA zijn in een vergadering van het Dagelijksch Bestuur der Groninger Maatschappij van Landbouw, gehouden op 23 April 1935, nader besproken. Als resultaat van deze besprekingen werd overeengekomen, om een vragenlijst samen te stellen en deze aan de Afdelingen van de Groninger Maatschappij van Landbouw ter beantwoording toe te zenden. Deze vragenlijst zou worden samengesteld door den Secretaris van de Maatschappij en de Heeren Ir. J. HEIDEMA, Ir. J. HEEMSTRA, Ir. G. VEENSTRA en het Bodemkundig Instituut. Op het ontwerp voor deze vragenlijst zou tevens het oordeel van Ir. MESU worden gevraagd.

De volgende vragenlijst werd met een begeleidend schrijven aan de Afdelingen toegezonden.

#### *Vragenlijst*

#### *A. Algemeene vragen betreffende het voorkomen van knikgronden en hunne geaardheid*

1. Komen in Uw gebied knikgronden of andere zware ondoorlatende gronden voor; waar zijn deze gelegen en waarin uit zich deze knikkigheid? Hoe groot schat U de oppervlakte van deze gronden in het rayon Uwer afdeling?
2. Hoe dik zijn de kniklagen; op welke diepte onder maaiveld liggen ze; welke grondsoort (koolzure kalk-houdende klei, darg, zandige klei) wordt onder de knik aangetroffen?
3. Is het land gedraineerd of begreppeld; op welke afstanden en op welke diepten; is het grasland of bouwland; wat is de stand van het maaiveld ten opzichte van het peil van het slotwater?

*B. Vragen betreffende een nadeeligen invloed van knikgronden en hunne verbetering*

4. Welke verschijnselen vertoonen de verschillende gewassen in bepaalde jaren, die zouden kunnen wijzen op een nadeeligen invloed van knikkige lagen?
5. Hoeveel is naar Uwe schatting de opbrengst per ha op knikkige gronden gemiddeld minder dan op door verbetering doorlatend gemaakte gronden?
6. Is er al eens iets ter verbetering van deze knikgronden gedaan en zoo ja, waarin bestond deze verbetering (woelen, bekalken met schuimaarde, draineeren, begreppelen, of iets dergelijks)?
7. Wat is het resultaat van deze verbetering geweest?
8. Kunnen door U ook andere middelen ter verbetering van deze gronden worden aangegeven of acht U verbetering onmogelijk en waarom?

*C. Medewerking*

9. Indien in Uw gebied knikgronden voorkomen, welke landbouwers zijn dan bereid hunne medewerking te verleen en bij een onderzoek van bodemprofielen van deze gronden?

De wijze, waarop dit onderzoek zal plaats vinden, zal later nader worden aangegeven. Geldelijke kosten, behalve eventueele hulp van het personeel bij het graven van een proefkuil, zijn aan dit onderzoek niet verbonden.

In de vergadering van 7 October 1935 van het Dagelijksch Bestuur van de Groninger Maatschappij van Landbouw heeft de Directeur van het Bodemkundig Instituut een overzicht van de ingekomen antwoorden op de rondgezonden vragenlijst gegeven. Op deze vergadering werd besloten, dat bovengenoemde Heeren een eindrapport betreffende het knikvraagstuk zouden opmaken. Dit eindrapport, plus advies, is op 7 November 1935 bij het Dagelijksch Bestuur van de Groninger Maatschappij van Landbouw ingediend en luidt aldus:

**2. Rapport en Advies betreffende het in gesubsidieerde werkverschaffing verbeteren van knikgronden in Centraal Groningen, uitgebracht aan het Dagelijksch Bestuur van de Groninger Maatschappij van Landbouw**

Naar aanleiding van de vraag, in hoeverre de verbetering van knikhoudende gronden in het centrum van de Provincie Groningen, door de ondoorlatende kniklaag naar beneden te brengen en de onder de kniklaag liggende, koolzure kalkhoudende, laag naar boven, als object voor een gesubsidieerde werkverschaffing zou kunnen dienen, heeft het Dagelijksch Bestuur van de Groninger Maatschappij van Landbouw zich om advies gewend tot den Directeur van het Bodemkundig Instituut, Dr. D. J. HISSINK. Na overleg met de Heeren

Ir. HEIDEMA, Ir. VEENSTRA, Ir. HEEMSTRA, heeft deze, in samenwerking met Dr. VAN DER SPEK, een uitvoerig rapport betreffende de verbetering van knikhoudende gronden opgesteld. Dit rapport is in de vergadering van het Dagelijksch Bestuur van de Groninger Maatschappij van Landbouw op 23 April 1935 besproken. Bij deze bespreking kwam duidelijk naar voren, dat men eigenlijk betreffende de knikhoudende gronden over weinig gegevens beschikte en dat het, voor de beantwoording van de gestelde vraag, wenschelijk zou zijn iets meer te weten omtrent het voorkomen en de geaardheid van de knikgronden, de dikte van de kniklaag, de ligging van de kniklaag onder het maaiveld, de grondsoort, die onder de kniklaag wordt aangetroffen, enz.

Als gevolg van deze bespreking is aan de Besturen der aangesloten Vereenigingen van de Groninger Maatschappij van Landbouw een rondschrifven met vragenlijst toegezonden. Deze vragenlijst bevatte, behalve bovengenoemde punten, ook vragen betreffende de reeds toegepaste verbeteringsmiddelen van de knikgronden en het resultaat van deze middelen. Aan de Besturen van de aangesloten Vereenigingen werd het verzoek gericht de vragenlijst in studie te willen nemen en zoo uitvoerig mogelijk te willen beantwoorden.

#### *De resultaten van de gehouden enquête*

Een 15-tal Vereenigingen heeft aan het verzoek van het Dagelijksch Bestuur der Groninger Maatschappij van Landbouw voldaan. Van die 15 Vereenigingen zijn er slechts enkele, die mededeelen, dat in hun gebied geen of slechts sporadisch knikgronden voorkomen (Eenrum, Bierum, Bellingwolde). Bij de overigen komen in verschillende mate knikgronden voor. De dikte van de kniklagen is zeer verschillend en varieert van 15 tot 100 cm. Zij komen op verschillende diepten onder het maaiveld voor, maar in de meeste gevallen op 20 à 30 cm onder het maaiveld, in enkele gevallen dieper. Zoo geeft de Vereeniging Baflo een diepte van ongeveer 60 cm onder het maaiveld op, doch dit is wel het uiterste. Onder de kniklaag bevindt zich of koolzure kalkhoudende klei of zandige klei of darg en alle drie deze grondtypen kunnen in eenzelfde gebied onder de kniklaag aanwezig zijn.

Verschillende Vereenigingen (Appingedam, Farmsum, Noordbroek, Loppersum) achten het enkel verbreken, het losmaken, van de ondoorlatende kniklaag bedenkelijk, niet afdoende, zelfs totaal verkeerd, omdat men meent, dat losgemaakte knik zich weer spoedig dicht zal zetten en de grond daardoor nog ondoorlatender zal worden, dan hij reeds was. De Vereeniging Loppersum motiveert deze opvatting met er op te wijzen, dat na een lange droogte de kniklaag in scheuren staat, terwijl de grond zeer spoedig na grooten regenval toch weer een compacte ondoorlatende laag vormt. De Afdeling Appingedam

voegt aan de opvatting, dat losgemaakte knik zich weer spoedig dicht zal zetten, de restrictie toe, tenzij overmaat van kalk wordt doorgemengd.

Men ziet dus, zooals ook reeds in het concept-advies van den Directeur van het Bodemkundig Instituut werd opgemerkt, in het alleen verbreken van de ondoorlatende kniklaag en het op zijn plaats laten daarvan, niet veel heil. Wel zijn alle Vereenigingen unaniem van oordeel, dat deze gronden door bekalken, vooral met schuimaarde, en draineeren te verbeteren zijn. Bovendien raden enkele Vereenigingen aan, den grond boven de drains extra te bekalken. Door deze middelen wordt de structuur van den grond verbeterd, wordt de grond gemakkelijker te bewerken en stijgt de opbrengst. Wat dit laatste punt betreft worden getallen van 10—20—25 tot zelfs 50 % toe, genoemd.

Betreffende de hoeveelheid kalk, die gegeven wordt, wordt alleen door de Vereeniging Loppersum een getal van  $\pm 40\ 000$  kg schuimaarde per ha genoemd. Toch is het bekend, dat ook wel grootere giften, tot  $\pm 60\ 000$  kg per ha, gegeven worden, terwijl verschillende landbouwers er de voorkeur aan geven, deze groote hoeveelheden kalk niet in één keer te geven, maar in enkele jaren achter elkaar.

De afstanden, waarop gedraineerd wordt, varieeren van 8 tot 15 meter, bij een diepte van ongeveer 1 à 1,25 meter.

Alleen de Vereeniging Overschild schrijft van drainafstanden van 25 tot 40 meter.

### *Conclusie*

Als verbeteringsmiddelen van de knikgronden, die ook algemeen toegepast worden, wordt door de verschillende Vereenigingen alleen gewezen op draineeren en bekalken. Over de kwestie van het naar beneden brengen van de kniklaag en het naar boven brengen van den onder de kniklaag liggenden grond als verbeteringsmiddel is door geen van de Vereenigingen gedacht.

Dat door draineeren en door bekalken de knikgronden verbeterd kunnen worden, ligt voor de hand.

Een goede drainage van de knikgronden zal een beteren waterafvoer van deze landen bewerkstelligen. Hierdoor zal de grond droger worden en gaan scheuren. Ook de knik zal gaan scheuren. Door deze scheurvorming zal de grond doorlatender voor water worden en door den drogeren toestand van het land, zal dit ook beter te bewerken zijn.

Voor een goede drainage is het evenwel noodig, dat de drains in verband met de grondgesteldheid (zwaarte van den grond, enz.) op den juisten afstand, op de juiste diepte en op de juiste wijze worden gelegd; de drainsleuven met goeden, doorlatenden grond worden opgevuld en het slootwater op een bepaald peil wordt gehouden.

Hoewel draineeren wel eenige verbetering van de knikgronden zal geven, zoo wordt de oorzaak van het ontstaan van de kniklaag daardoor toch niet weggenomen en zal dus met draineeren alleen geen voldoende verbetering verkregen worden. De oorzaak van het ontstaan van de kniklaag ligt in de ontkalking van den grond. Vandaar dat het geen verwondering behoeft te wekken, dat de landbouwers door bekalking een belangrijke verbetering van de knikgronden kunnen waarnemen. Knikvorming is een proces dat van beneden naar boven voortschrijdt. De kniklaag groeit als het ware naar boven, dus in de richting van het maaiveld. Vandaar dat bij de knikvorming de bouwvoor, maar vooral bij grasland de zode, steeds dunner wordt. Door bekalken wordt nu niet alleen den verderen groei van de kniklaag tegengegaan, maar wordt ook de reeds minder doorlatende bouwvoor in kruimeliger, doorlatender, grond omgezet.

Hoewel dus draineeren en bekalken van de knikgronden een verbetering van deze gronden veroorzaken, zoo is het toch wel aan te nemen, dat door het naar beneden brengen van de kniklaag en het vervangen van deze laag door den onder de kniklaag voorkomenden grond een nog grootere verbetering van deze gronden verkregen zal worden. Door deze grondomzetting zullen niet alleen knikkige bouwgronden te verbeteren zijn, maar ook die knikkige gronden, die men, vanwege de moeilijke bewerking, in grasland heeft gelegd. Of een dergelijke omzetting van den grond, ook indien zij in werkverschaffing wordt uitgevoerd, rendabel zal zijn, zal hiervan afhangen, hoe diep de kniklaag naar beneden gebracht zal moeten worden, dus hoeveel grond verzet zal moeten worden. Vermoedelijk zullen slechts die perceelen voor dit doel in aanmerking blijken te komen, waarop de kniklaag niet te diep onder het maaiveld voorkomt (hoogstens 30 cm), de kniklaag niet te dik is (van 30 tot 60 cm) en onder de kniklaag koolzure kalkhoudende klei voorkomt. Misschien zou ook op knikkige gronden, die onder de kniklaag geen koolzure kalkhoudende klei, maar darg hebben, een vermenging van den knikgrond met de darg een verbetering van deze gronden kunnen geven. Zeer zeker zal ook op deze gronden door deze omzetting de doorlatendheid van de kniklaag voor water beter worden.

#### *Advies*

Overwegende, dat het naar beneden brengen van de kniklaag en het vervangen van deze laag door den onder de kniklaag voorkomenden grond, vooral wanneer deze koolzure kalkhoudend is, een belangrijke verbetering van den grond zal tot stand brengen, wordt geadviseerd die perceelen, waarop deze bewerking geacht wordt rendabel te zijn, op te sporen en op deze perceelen een proef met het omzetten te nemen. Voor het opsporen van deze

objecten zal een nauwkeurige bodemkundige bestudeering van het profiel noodig zijn.

Het Dageelijksch Bestuur voornoemd heeft het rapport in zijn vergadering van 18 November 1935 behandeld. Het aan de hand van de conclusies gegeven advies had de instemming van deze vergadering. Het rapport, met een bijvoegsel van een drietal opmerkingen, is daarop aan den Heer Ir. F. P. MESU, Directeur van den Cultuurtechnischen Dienst te Utrecht en aan den Rijksinspecteur voor de werkverschaffing in Groningen toegezonden.

Naar aanleiding van het in het uitgebrachte rapport gegeven advies om proeven met het omzetten van knikgronden te nemen heeft de Heer Ir. MESU aan den Cultuurconsulent, Ir. D. R. MANSHOLT te Groningen (21) en aan den Adjunct-Rijkslandbouwconsulent, Ir. S. D. RISPENS te Leeuwarden, opdracht gegeven in hun ressort geschikte objecten voor deze proefneming op te sporen.

### 3. Onderzoek naar geschikte knikgronden voor een proefneming met het omzetten van de kniklaag

In overleg met den Rijkslandbouwconsulent voor Noordelijk Groningen, Ir. G. VEENSTRA, heeft Ir. MANSHOLT, in samenwerking met het Bodemkundig Instituut, in verschillende deelen van de Provincie Groningen, diverse landbouwers, waarvan verwacht kon worden, dat zij knikgronden bezaten, bezocht. Bij de meeste van deze landbouwers heeft een voorloopige bemonstering van een perceel plaats gevonden. De bij deze bemonstering verkregen grondmonsters zijn op het Bodemkundig Instituut onderzocht op de gehalten aan koolzure kalk, klei + humus, zand en op zuurgraad. Een overzicht van de onderzochte perceelen is in tabel I (blz. 840) opgenomen.

Het was niet gemakkelijk om een geschikt perceel voor een proefneming te vinden, omdat dit perceel aan verschillende eischen moest voldoen. In de eerste plaats mocht de kniklaag niet te dik zijn, hoogstens 30 cm; verder moest de koolzure kalk-houdende grond onder de kniklaag niet te diep onder het maaiveld beginnen, zoo mogelijk op 55 à 60 cm, en op deze diepte moest het gehalte aan koolzure kalk niet te gering zijn, minstens 5 à 6 % bedragen, terwijl de grond op deze diepte niet te licht mocht zijn. Bovendien mocht het bodemprofiel van het perceel niet te veel uiteenloopen en ten slotte moest de eigenaar van het perceel iets voor de proefneming gevoelen. Dit laatste stuitte nog al eens op bezwaren, vooral wanneer het een perceel grasland betrof.

Van de onderzochte perceelen zijn er tenslotte drie uitgezocht, die zoo goed mogelijk aan de gestelde eischen voor een proefneming voldeden en waarvan de eigenaars hun volle medewerking toezegden. Deze perceelen waren gelegen



bij **GEERS. KREMER** te Oldehove (grasland), bij den Heer **W. K. VAN DER PLOEG** te Westerwijtwerd (bouwland) en bij den Heer **S. A. SEBENS** te Nieuwolda (bouwland).

In Friesland was het veel moeilijker om een geschikt perceel te vinden dan in Groningen, terwijl daar de meeste eigenaren van knikkgige perceelen niets voor een proefneming met het omzetten van de kniklaag gevoelden, omdat deze perceelen in grasland lagen en er geen aanleiding voor hen bestond deze graslanden te scheuren. Tenslotte heeft Ir. **RISPENS** toch iemand gevonden en wel den Heer **J. WASSENAAR** te Marsum, die een knikkg perceel grasland gescheurd had voor verbouw van voedergewassen voor eigen veestapel en die zoo welwillend was dit perceel voor een proefneming beschikbaar te stellen.

In overleg met de Nederlandsche Heide-Maatschappij is toen voor ieder van de genoemde perceelen voor een oppervlakte van plm. 0.5 ha een begroting voor omzetting tot op plm. 1,10 à 1,20 m diepte met uitvoering in werkverschaffing opgemaakt.

De kosten werden begroot voor de perceelen bij **GEERS. KREMER** en bij den Heer **VAN DER PLOEG** op f 900,— arbeidsloon, gebaseerd op een uurloon van f 0,24 in accoord, en plm. f 100,— bijkomende kosten (invaliditeits- en ziekteverzekering, ongevallenverzekering, enz.) en voor het perceel bij den Heer **SEBENS** op plm. f 975,— arbeidsloon en plm. f 100,— bijkomende kosten. Hierbij moesten de proefnemers voor dagelijksch toezicht zorgen. Het bedrag aan loon was dus wel zeer hoog.

Aangezien het hier proefnemingen gold, waaraan uit den aard der zaak voor de proefnemers eenige risico verbonden was, en gezien de aard van de proefnemingen, die bij welslagen een vergroting van de productiemogelijkheid van verschillende gronden en dientengevolge een verruiming van de werkgelegenheid in den landbouw tengevolge zouden kunnen hebben, achtte de Rijksinspecteur voor de Werkverschaffing in de Provincie Groningen een zoo groot mogelijke subsidie in het loon gerechtvaardigd. Op diens advies werd door den Minister van Sociale Zaken dan ook een subsidie van 100 % van de loonen en regenverlet voor de proefnemingen toegestaan. Voor rekening van de proefnemers bleven dus nog de kosten van de Sociale verzekeringen. Deze kosten werden voor de proefnemers nog te hoog geacht, waarom Ir. **MANSHOLT** tot het Dagelijksch Bestuur van de Groninger Maatschappij van Landbouw het verzoek richtte om een subsidie van 50 % der Sociale verzekeringen, tot een maximum bedrag van f 50,— per proefnemer, te willen verleen. Op dit verzoek werd door het Dagelijksch Bestuur goedgegunstig beschikt.

Ook voor het perceel in Friesland heeft de Nederlandsche Heide-Maatschappij een begroting opgemaakt. Deze begroting was er op gebaseerd, dat het geheele werk onder toezicht van de Heide-Maatschappij zou worden uitgevoerd.

Het om te zetten perceelsgedeelte zou 70 are bedragen en tevens gedraineerd worden. Deze begrooting zag er aldus uit:

	Arbeids- loonen	Andere kosten
Spitten en egaliseeren 0,7 ha à f 1800,— . . . . .	f 1260,—	
Huur en transport schuilketen . . . . .		f 72,—
Kosten uitvoerder 4 weken à f 25,— . . . . .		100,—
Regenverlet. . . . .	80,—	
Invalideits-, ziekte- en ongevallenverzekering rond . .		115,—
Toezicht, administratie en algemeene kosten. . . . .		107,—
Onvoorzien ter afronding . . . . .	13,—	28,—
Drainage ± 900 m à f 0,08 . . . . .	72,—	
	f 1425,—	f 422,—

Ook bij deze begrooting was aangenomen, dat een arbeider per uur f 0,24 kon verdienen. Huur en transport van kruiwagens waren in deze begrooting niet opgenomen, omdat de Heer WASSENAAR voor het verslepen van grond voor paard en wagen zou zorgen.

### HOOFDSTUK III

#### De bodemkundige gesteldheid van de uitgezochte perceelen

Van ieder van de uitgezochte perceelen zou een gedeelte worden omgezet, terwijl het overblijvende gedeelte in zijn oorspronkelijken toestand zou blijven. Op deze wijze zou het beste kunnen worden nagegaan of het omzetten van de kniklaag ook gunstig had gewerkt en waarin de verbetering het meest tot uiting kwam (grondbewerking, doorlatendheid voor water, opbrengst).

In de eerste plaats diende nu voor het geheele perceelsgedeelte, dat zou worden omgezet, te worden nagegaan de juiste diepte (onder maaiveld) en dikte van de om te zetten grondlagen. Hiervoor zijn op de verschillende perceelen een aantal kuilen van 1 bij 1 m en plm. 1 m diep gegraven. In deze kuilen is het bodemprofiel nauwkeurig bestudeerd en is nagegaan welke verschillende grondlagen er in het profiel voorkwamen en welke de diepteligging van deze grondlagen was. Van de verschillende grondlagen zijn groote monsters genomen, die op het laboratorium zijn onderzocht, voornamelijk op hun granulaire samenstelling en zuurgraad. Van enkele lagen van een of twee kuilen per perceel is ook het volume-gewicht van den grond bepaald. Bovendien is van ieder perceel de doorlatendheid van den grond voor water op een groot aantal plekken met behulp van de z.g. boorgatenmethode (22) nagegaan (zie Hoofdstuk V).

Het onderzoek van de vier perceelen zullen we nu één voor één behandelen.

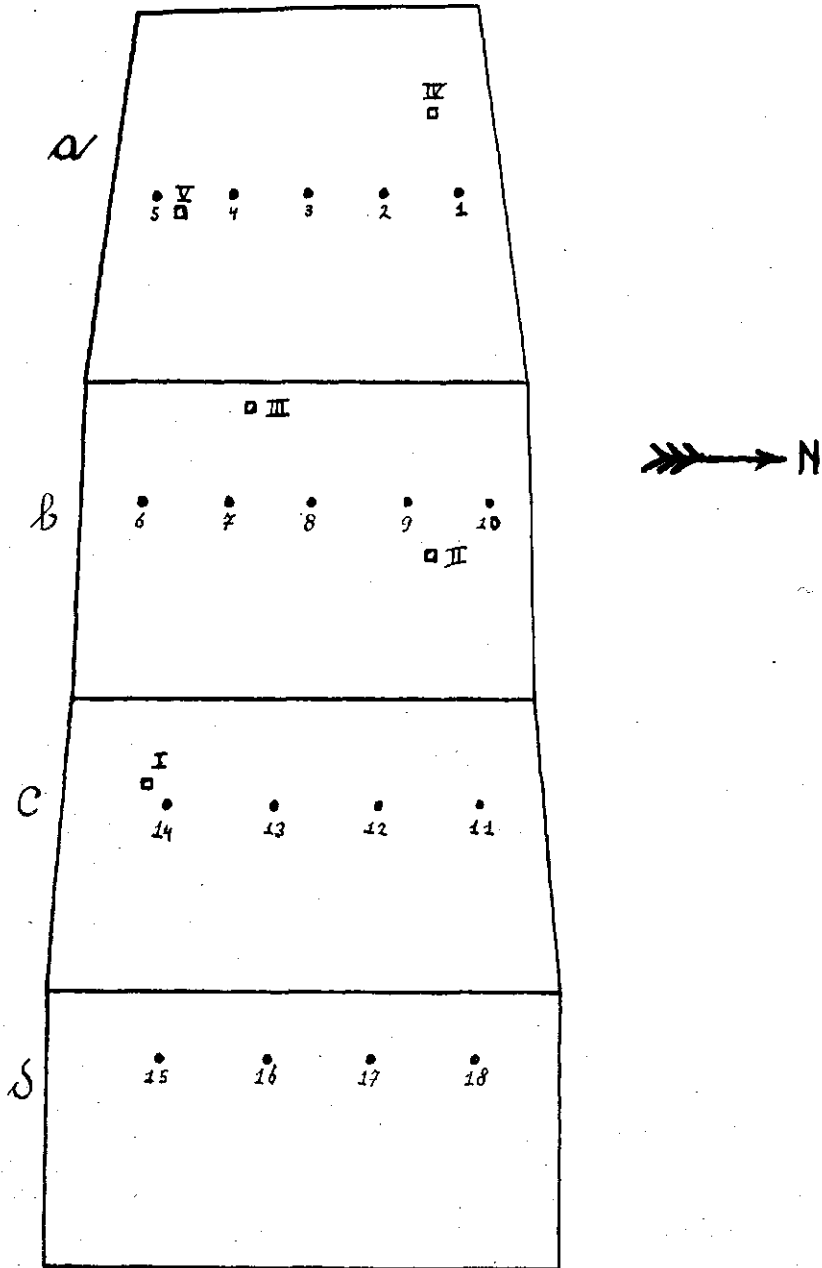
I. *Perceel groenland bij GEBRS. KREMER te Oldehove*

*Ligging van het perceel en bijzonderheden.* Dit perceel is gelegen ten Zuiden van den weg, die van Oldehove loopt naar den weg Aduard—Saaksum. Het gebied rondom Oldehove behoort tot de „oude klei” in het Westerkwartier, welke als een eiland te midden van de jonge kleigronden ligt (zie kaartje na blz. 856). De dijk om dit gebied is waarschijnlijk de oudste van het Westerkwartier, misschien wel uit de 4de of 5de eeuw, toen er reeds landbouw werd gedreven (23). Het perceel ligt negen jaar als groenland, is niet bekalkt en niet gedraineerd. Het wordt bemalen door het gemaal Electra. Schetsteekening I op blz. 788 geeft een beeld van het perceel. De vijf vierkantjes (I tot en met V) geven de plaatsen van de kuilen aan, de stippen (1 tot en met 18) de plekken van de boorgaten voor de doorlatendheidsbepaling. Het noord-oostelijk gedeelte van het perceel was het hoogste gelegen, terwijl het land naar het zuiden iets afhelde. Ook naar het noord-westen helde het af, maar het meeste naar het zuid-westen. Kuil II lag op het hoogste gedeelte van het perceel en kuil V op het laagste, met daartusschen in volgorde van hun hoogteligging de kuilen I, III en IV.

*Profielbeschrijving.* Bij kuil I bestond de bovenste laag tot 17 cm onder maaiveld uit zware klei, die goed te verbrokkelen was en flink doorworteld. Daaronder werd de klei taaier en pikkiger, aanvankelijk nog met vrij wat wortels, maar deze werden naar beneden minder talrijk. Onder de zode werden enkele bruine ijzerafzettingen waargenomen. De ringen voor de volume-gewichtsbepaling waren zeer moeilijk in deze laag te drukken. Van 34 tot 41 cm kwam een zeer zware en zeer taaie kleilaag voor, die zich niet liet verbrokkelen, maar die bij het bemonsteren van elkaar getrokken moest worden. Op 41 cm diepte bevond zich een heel dun laagje meer zandige klei, die met zoutzuur opbruiste. Daaronder was de klei weer tamelijk taai, met enkele bruine ijzerafzettingen en nog enkele wortels. De opbruising met zoutzuur was nog zeer gering, hoewel plaatselijk iets sterker. Op 54 cm werd de opbruising met zoutzuur duidelijker en nam naar beneden toe. Aanvankelijk was de zware klei nog stug, maar werd dieper natter en daardoor kleviger en minder stug. Vanaf 54 cm bevatte de grond geel-groene ijzerafzettingen, die naar beneden toe toenamen. Op deze hoogte en iets dieper zat de grond vol met oude wortelgangen, waarin nog enkele resten van haarwortels voorkwamen. Op 66 cm diepte en iets dieper werden enkele schelpresten aangetroffen.

Bij kuil II was de laag van 0—25 cm zeer donker gekleurd en stak scherp af bij de daaronder liggende lagen. Van 40 tot 50 cm werd zeer zware, stugge klei aangetroffen met enkele bruine ijzerafzettingen. Op 42 cm kwam een zwart gekleurd laagje voor. Op 50 cm begon de grond veel zandiger te worden,

Proefveld bij GEBRS. KREMER te Oldehove.  
 Schetsteekening I, schaal 1 : 1000.



maar bruiste niet met zoutzuur op. Een duidelijke opbruising met zoutzuur begon pas op 65 cm diepte. Op deze diepte bestond de grond weer uit zeer zware klei, tamelijk taai en kleverig, die van elkaar getrokken moest worden om hem te bemonsteren. Op 80 cm kwamen in deze klei geel-groene ijzerafzettingen voor en zat de grond vol gaatjes van oude wortels.

De bovengrond bij kuil III was gelijk aan die van de beide andere kuilen. Onder de graszode, op 30 cm diepte, werd de grond niet zwaarder maar zandiger, hoewel nog geen duidelijke opbruising met zoutzuur plaats had. Op 36 cm diepte begon een vrij zandige laag, die met zoutzuur sterk opbruiste. Daaronder, op 56 cm, werd de grond iets minder zandig, betrekkelijk stug, met enkele geel-groene ijzerafzettingen. Op ongeveer 80 cm kwamen enkele schelpjes voor. Dieper werd de grond zwaarder met veel geel-groene ijzerafzettingen, natter en daardoor kleveriger maar niet stug.

De bovenste lagen bij kuil IV vertoonden zeer veel overeenkomst met die bij kuil I. Bij kuil IV werd op 41 cm diepte een zandig laagje van ongeveer 3 cm dik aangetroffen, dat met zoutzuur niet opbruiste. De laag van 46 tot 56 cm bestond uit zware klei, die wel wat taai was, maar zich toch nog vrij gemakkelijk liet verbrokkelen. Deze klei bevatte tamelijk veel geel-groene ijzerafzettingen. Op 56 cm diepte kwamen enkele resten van schelpen voor tot op 68 cm toe. Tot 110 cm was de grond zwaar, meer of minder taai en met ijzerafzettingen.

Bij kuil V bestonden alle grondlagen uit zeer zware klei, in de bovenste grondlagen meer of minder taai, in de benedenste natter en daardoor kleveriger en soms minder taai. Vooral de laag van 34—48 cm was stug. Op 50 cm diepte kwam een dun zandlaagje voor. Op 64 cm begon de opbruising met zoutzuur.

*Bespreking van het bodemprofiel* (zie tabel II op blz. 844/45). Bij alle 5 bodemprofielen komt op zekere diepte beneden het maaiveld een zandlaagje of een laag zandige klei voor, d.w.z. zware, soms stugge, klei waartusschen zand. Bij kuil I bevindt zich op 41 cm diepte een zandlaagje van ongeveer 1 cm dik; bij kuil II is de laag van 50—65 cm tamelijk zandig; bij kuil III is de laag van 30—36 cm reeds iets zandig, terwijl de laag daaronder van 36—56 cm tamelijk zandig is. Bij dezen kuil begint de grond reeds zeer spoedig onder de zode zandig te worden. Bij kuil IV wordt op 41 cm diepte een zandlaagje van ongeveer 3 cm dik aangetroffen, terwijl bij kuil V op 50 cm diepte een dun zandlaagje voorkomt. Het zand van deze zandlaagjes of lagen zandige klei is iets grover dan het zand, dat in de andere kleilagen voorkomt. De grond boven dit zandlaagje of de laag zandige klei bevat geen koolzure kalk, maar direct er onder wordt koolzure kalk aangetroffen en het gehalte hiervan neemt naar de diepte toe; bij kuil I bijv. van 0,9 % tot 8,2 %, kuil IV van

0,6 % tot 6,8 %. De grond, zowel boven als beneden de zandlaag of zandige laag, bestaat uit zware tot zeer zware klei. Bij enkele kuilen is een zeer duidelijke toename van het kleigehalte van het maaiveld tot de zandlaag of zandige laag waar te nemen. Bij kuil I bedraagt deze toename van het kleigehalte, berekend op klei + zand = 100, van 60 tot 82 %, bij kuil II van 51 tot 64 % en bij kuil V van 66 tot 74 %.

Hoewel in de bovenste lagen geen koolzure kalk voorkomt, is de grond van deze lagen toch nagenoeg niet zuur. De laagste pH-waarde bedraagt 6,3. De klei-humussubstantie van deze lagen moet dus nog vrij wat basen bevatten. Verder is het humusgehalte, vooral in de diepere lagen, zeer laag en bedraagt tusschen de 40 en 80 à 90 cm onder maaiveld hoogstens 1,0 %.

De bovenlagen van dit perceel, met uitzondering van de zode, bestaan dus uit zware tot zeer zware, stugge, klei zonder koolzure kalk, terwijl in de diepere lagen ook zware klei voorkomt, niet zoo stug, met reeds een flink gehalte aan koolzure kalk niet te diep onder het maaiveld. Aangezien de doorlatendheid van den grond voor water op dit geheele perceel zeer gering bleek te zijn (zie blz. 822), leek ons dit perceel uitermate geschikt voor een proefneming met het omzetten van de taaie, voor water ondoorlatende, zware kleilagen onder de zode. De laag van 0—25 cm zou op zijn plaats gelaten worden, terwijl de laag van 25—65 cm naar beneden zou gebracht worden, het bovenste gedeelte het verste naar beneden, en de laag van 65—105 cm op de plaats van de laag van 25—65 cm met den diepst gelegen grond aan den bovenkant. Onder de oorspronkelijke laag van 0—25 cm zou dan een laag van 40 cm dikte komen met een kleigehalte tusschen ongeveer 50 en 65 % en een gehalte aan koolzure kalk van 6 à 6,5 %. Tevens lag het in de bedoeling om het gedeelte a (zie schetsteekening 1), groot 2575 m<sup>2</sup>, alleen om te zetten en niet te draineeren, het gedeelte b, groot 2520 m<sup>2</sup>, om te zetten en te draineeren op afstanden van 8 m, het gedeelte c, groot 2520 m<sup>2</sup>, te scheuren en eveneens te draineeren op afstanden van 8 m en het gedeelte d, groot 2553 m<sup>2</sup>, alleen te scheuren en ongedraineerd te laten. Op deze wijze zou ook de invloed van scheuren naast omzetten en van draineeren naast niet draineeren bestudeerd kunnen worden.

Toen met het omzetten van den grond begonnen kon worden, kwam er helaas van de GEBRS. KREMER bericht, dat zij van de proefneming afzagen. Zij hadden geen behoefte aan meerderen bouwgrond en de graslandprijzen waren inmiddels gestegen, zoodat de animo bij de GEBRS. KREMER voor deze proefneming was verminderd, ondanks de gunstige verwachtingen, die wij daarvan koesterden.

Van verschillende grondlagen bij kuil I en kuil IV is het volumegewicht

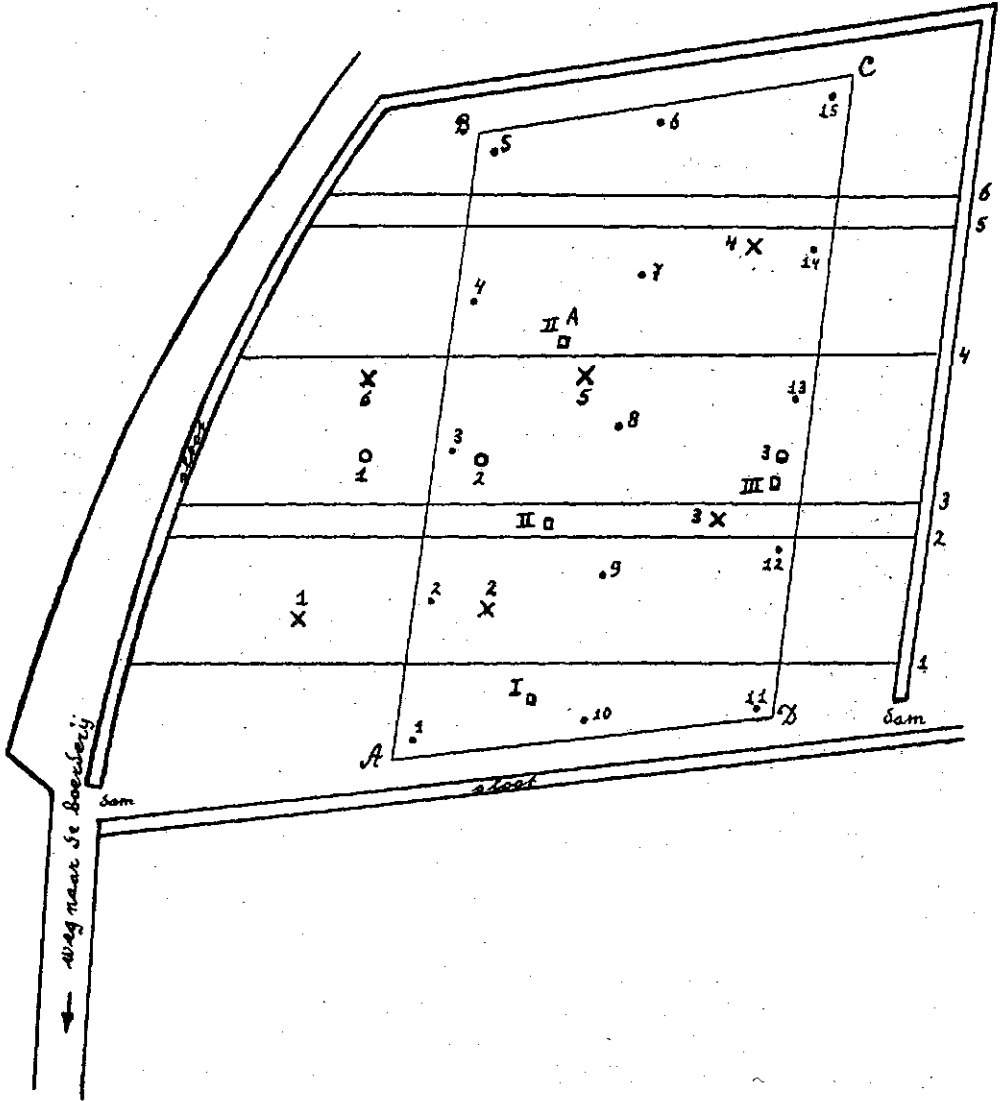
van den grond bepaald. De gegevens, die hieromtrent verkregen zijn, zijn op genomen in tabel IX op blz. 852. Een bespreking van deze cijfers vindt in Hoofdstuk VI plaats.

2. *Perceel bouwland bij W. K. VAN DER PLOEG te Westerwijtwerd* 63.5

*Ligging van het perceel en bijzonderheden.* Het perceel van den Heer VAN DER PLOEG is gelegen ten Zuiden van den Delleweg, die loopt van Winneweer naar Middelstum, en ten oosten van het dorp Westerwijtwerd. Het ligt dus op den rand van het oude kleigebied, waar dit grenst aan den ouden Fivelboezem (zie kaartje na blz. 856). Ongeveer op de plaats waar thans de Delleweg loopt, vermoedelijk iets noordelijker, moet in vroeger eeuwen een riviertje „De Delle” geloopt hebben. Het perceel is kadastraal bekend Gemeente Middelstum, sectie C N°. 288, en is in zijn geheel 99,7 are groot. Het ligt thans in den boezem van het waterschap Hunsingo en volgens den eigenaar hoog ten opzichte van het waterpeil in de slooten. Schetsteekening 2 op blz. 792 geeft een beeld van het perceel. Het gedeelte ABCD, ter grootte van  $50 \times 88 = 4400 \text{ m}^2 = 0,44 \text{ ha}$ , zou omgezet worden. Het perceel was gedeeltelijk in 1908 en gedeeltelijk omstreeks 1920 gedraineerd. Van Noord naar Zuid liepen een zestal drainreeksen. De drains waren hoofdzakelijk aan weerszijden van oude dwarsgoten gelegd. De grootste afstand tusschen twee drainreeksen bedroeg 20 m. De diepte, waarop de drains gelegd waren, was voor allemaal niet gelijk. Sommige lagen op 90 cm, andere op ongeveer 80 cm. Ze stroomden naar twee kanten af, dus vanaf het midden naar de noord- en naar de zuid-sloot onder een helling van ongeveer 25 cm. De drie vierkantjes (I tot en met III) geven weer de plaatsen van de kuilen aan, de stippen (1 tot en met 15) de plekken van de boorgaten voor de doorlatendheidsbepaling. Het land helde naar den zuid-oosthoek en den zuidkant nogal af. Ten tijde van de bemonstering lag het gestoppelploegd.

*Profielbeschrijving.* Bij kuil I en II bestond de bovenste laag tot ongeveer 30 cm onder maaiveld uit vrij zware klei, waarvan het bovenste gedeelte nog goed te verkruimelen was, maar die naar beneden iets stijver werd. Bij kuil I kwam op ongeveer 29 cm onder maaiveld plaatselijk een zandlaagje van  $\pm 0,5 \text{ cm}$  dik voor. Dit laagje is bij de bemonstering weggedaan. Onder deze laag werd vrij wat zwaardere klei aangetroffen, die taai en stug was en iets bruine plekken van ijzeroxyde bevatte. Bij kuil I kwam deze klei voor tot 54 cm onder maaiveld en bij kuil II tot 43 cm onder maaiveld. Daarna werd de grond iets lichter, wat betreft het kleigehalte, met, vooral bij kuil I, hier en daar zandplekjes. Op deze diepten begon de opbruising met zoutzuur, bij kuil I aanvankelijk nog zwak, bij kuil II sterker. De grond was veel minder

Proefveld bij den Heer W. K. v/d PLOEG te Westerwijtwerd.  
 Schetsteekening 2, schaal 1 : 1000.





taai. Op 78 cm diepte bij kuil I en op 72 cm diepte bij kuil II begonnen zandlaagjes met kleilaagjes af te wisselen, waarbij naar beneden toe de zandlaagjes iets talrijker werden. Deze lagen bruisten met zoutzuur sterk op. De er in voorkomende ijzerafzettingen hebben een meer groen-bruine kleur, zoodat de grond in deze lagen in gereduceerden toestand moest verkeerden. De grond vlak boven deze gelaagde lagen bevatte veel ijzerafzettingen. Het bodemprofiel bij kuil II A was geheel gelijk aan dat bij kuil II. Bij kuil III was de grond over het geheele profiel zwaarder. De bouwvoor was daardoor iets stugger dan bij de kuilen I en II. Onder de bouwvoor nam het kleigehalte toe en bestond de grond uit zware tot zeer zware klei, die zeer taai was en enkele bruine ijzeroxyde plekken bevatte. Het benedenste gedeelte van dezen grond, die het zwaarst was, de laag van 36—48 cm onder maaiveld, bruiste met zoutzuur evenwel sterk op. Verder naar beneden nam het kleigehalte weer geleidelijk af, was de grond zeer rijk aan koolzure kalk en veel minder taai. Op 84 cm diepte begonnen klei- en zandlaagjes elkaar weer af te wisselen.

*Bespreking van het bodemprofiel* (zie tabel III op blz. 846). De bovengrond bestaat dus tot hoogstens 30 cm onder maaiveld uit vrij zware klei, bij kuil I en II met 38 à 40 % klei op minerale bestanddeelen en bij kuil III met 48 % klei op minerale bestanddeelen, zonder koolzure kalk. De zuurgraad van dezen bovengrond schommelt evenwel om het neutrale punt, zoodat zijn klei-humussubstantie nog vrij wat basen moet bevatten. Onder dezen bovengrond bevindt zich veel zwaardere klei, bij kuil I en II met 53 à 54 % klei op minerale bestanddeelen en bij kuil III van 57 tot 70 % klei op minerale bestanddeelen. Deze klei is zeer taai en stug, bevat geen koolzure kalk, maar bezit toch een pH-waarde van 7 of hooger. Een uitzondering, wat de koolzure kalk betreft, maakt het benedenste gedeelte van deze zwaardere kleilaag bij kuil III, dat van 36—48 cm onder maaiveld reeds 6,5 % koolzure kalk bezit. Deze zwaardere kleilaag strekt zich uit bij kuil I tot 54 cm onder maaiveld, bij kuil II tot 43 cm en bij kuil III tot 48 cm. Op deze diepten begint het kleigehalte naar beneden toe af te nemen en wordt koolzure kalk aangetroffen, waarvan het gehalte naar beneden toe toeneemt tot 7 à 12 % op droge stof. Op een diepte van 78 cm bij kuil I, van 72 cm bij kuil II en van 84 cm bij kuil III beginnen zandlaagjes op te treden, zoodat klei- en zandlaagjes op deze diepten elkaar afwisselen en het kleigehalte belangrijk daalt. In de bemonsterde lagen beneden 30 cm onder maaiveld, zoowel in die zonder als met koolzure kalk, komt hoogstens 1 % humus voor, zoodat ook de diepere lagen van dit perceel een zeer laag humusgehalte bezitten.

Het zuidelijk gedeelte van dit perceel is, over het geheele bodemprofiel genomen, zwaarder dan het noordelijk gedeelte. De doorlatendheid van den

grond voor water bleek op het geheele perceel gering te zijn (zie blz. 825). De bewerking van den grond viel niet mee, zoodat de eigenaar wel iets voor een proefneming met het omzetten van den grond op dit perceel gevoelde. Hoewel de grond van dit perceel geen typischen knikgrond is, leek ons dit perceel toch wel voor een proefneming met het omzetten van den grond in aanmerking te komen, vooral daar we van de medewerking van den eigenaar verzekerd waren. Deze omzetting zou aldus geschieden, dat de laag van 0—20 cm op zijn plaats bleef, terwijl de laag van 20—50 à 55 cm zou vervangen worden door die van 50 à 55 tot 85 cm. Op deze wijze zou onder de bouwvoor van 0—20 cm bij kuil I een laag komen ter dikte van 30 à 35 cm met ongeveer 42 % klei en 2,5 à 3 % koolzure kalk, bij kuil II een laag met ongeveer 40 % klei en 8 % koolzure kalk en bij kuil III een laag met ongeveer 57 % klei en 12 % koolzure kalk.

Bij de bemonstering van het perceel is bij kuil II, aan den oostkant, van verschillende grondlagen het volumegewicht van den grond bepaald. De gegevens omtrent deze bepalingen zijn in tabel IX op blz. 852 opgenomen. Een bespreking van deze cijfers vindt in Hoofdstuk VI plaats.

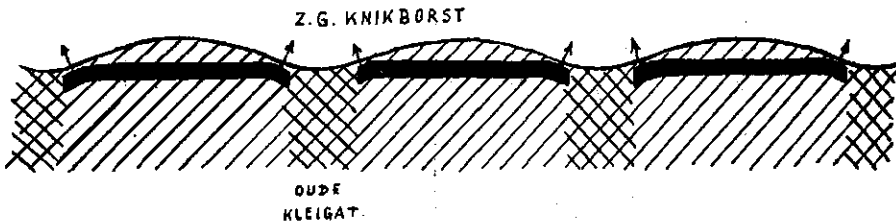
### 3. *Perceel bouwland bij S. A. SEBENS te Nieuwolda*

*Ligging van het perceel en bijzonderheden.* Het perceel van den Heer SEBENS is gelegen tusschen het Termunter Zijldiep en de opgebroken spoorbaan van Zuidbroek naar Delfzijl van den Noord Ooster Locaal Spoorweg. Door een kadijk is het gescheiden van het kanaal, dat het Termunter Zijldiep met de Hondshulster Maar verbindt. Het ligt dus vlak bij 't Waar. Kadastraal is het ingeschreven als sectie B N°. 712 en 713, Gemeente Nieuwolda. Volgens de in 1887 bewerkte, waterstaatkundige kaart van dit gebied ligt het perceel in het Waterschap Weerdijk, dat toen administratief ingedeeld was bij het 2de onderdeel van het Waterschap Oldambt. Volgens deze kaart bestond het Waterschap Weerdijk destijds nog weer uit verschillende poldertjes, die elk hun eigen bemaling hadden. Het poldertje, waarin het land van den Heer SEBENS ligt, heette Westersche Leegte. Misschien is deze naam een aanwijzing, dat dit land vroeger laag gelegen was. Thans lag volgens den eigenaar het betreffende perceel hoog ten opzichte van de andere perceelen in het Waterschap. Het Waterschap wordt nu electrisch bemalen.

Het land van het betreffende perceel behoort tot het gedeelte van het Dollardgebied, dat in 1545 (eerste bedijking) ingedijkt is en ligt dus niet in het „oude klei” gebied. Het ligt buiten de voormalige dijken (Zomerdijk, Weerdijk, Veendijk), die men vrij algemeen beschouwt als de grens, waar

buiten de Dollard niet verder doorgedrongen is. Zeer zeker zal het in vroeger tijden door het Dollardwater overstroomd zijn geweest.

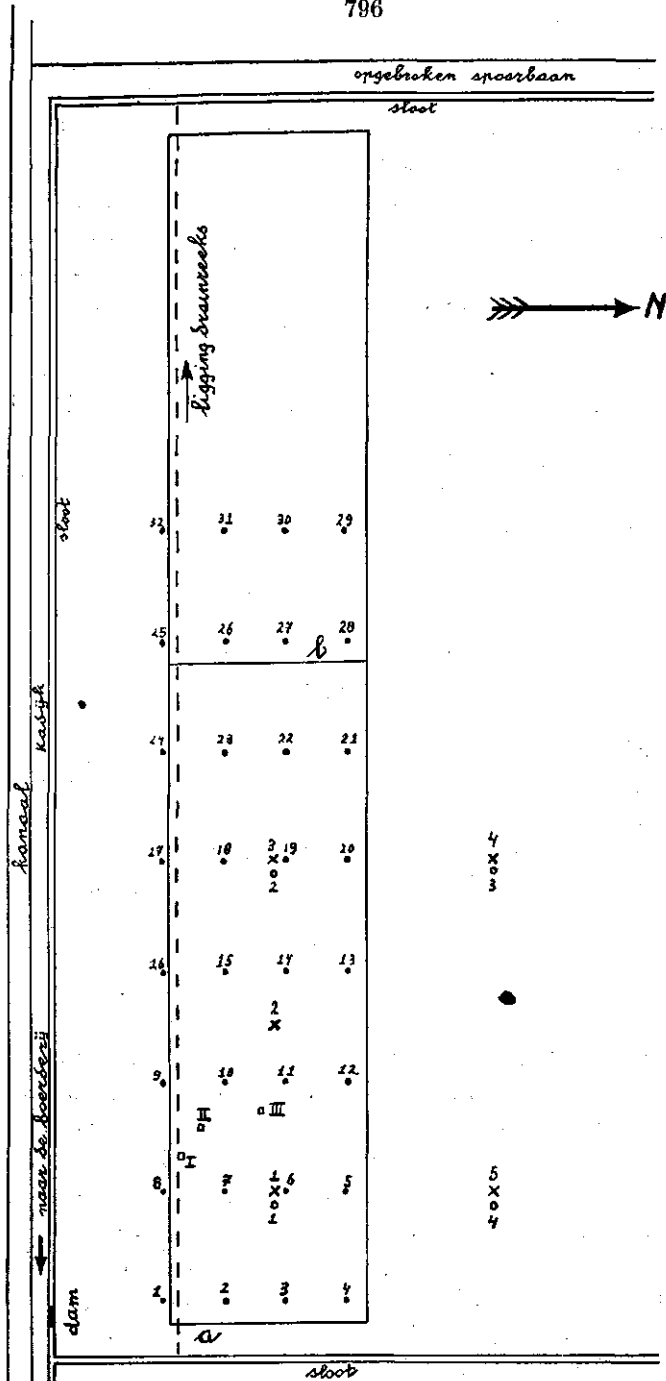
Het betreffende perceel is in de jaren 1904—1905, dus ruim dertig jaar geleden, gewoeld. Dit wijst er dus wel op, dat het land toen reeds moeilijk te bewerken was. Bij dit woelen werden op afstanden van 36 m in de lengterichting van het perceel gaten (sleuven) gegraven van vermoedelijk 3 m breed en 3 m diep, waarna over het tusschenliggende gedeelte ongeveer 5 cm woelklei is gebracht. Deze klei is steeds van de kanten van de oude kleigaten naar het midden tusschen deze kleigaten gewerkt, terwijl de grond in de kleigaten ingeklonken is, zoodat het land ten slotte een golvend oppervlak heeft gekregen, zooals figuur 1 weergeeft. Aan de kanten van de oude kleigaten is over een



Figuur 1

afstand van 6 à 7 m de oude, stugge klei nagenoeg aan de oppervlakte gekomen. Het waren voornamelijk deze strooken, de z.g. knikborsten, die zeer moeilijk te bewerken waren. De omzetting was dan ook oorspronkelijk opgezet om deze knikborsten weg te krijgen. Het land was overigens goed bouwland. Ook overdwars van het perceel loopten eveneens woelgoten, maar deze zijn van veel ouderen datum. Aan de zwakke golving van het maaiveld zijn deze woelgoten evenwel nog duidelijk waar te nemen. Vóór 1904 moet dit land dus ook al eens gewoeld geweest zijn.

Het geheele perceel is ongeveer 3 ha 58 are groot. Hiervan zou een gedeelte ter grootte van  $36 \times 120 = 4320 \text{ m}^2 = 0,43 \text{ ha}$  als proef omgezet worden. Op schetsteekening 3 op blz. 796 is de ligging van dit gedeelte weergegeven. In de lengterichting van het perceel lagen een viertal drainreeksen. Deze drains waren in 1931 in de dichtgemaakte meentgoten op de Zeeuwsche methode gelegd en niet in het midden van de meentgoten, maar iets terzijde daarvan om een vastere onderlaag te hebben. De drains monden naar één kant uit en wel naar achteren en hebben een helling van 10 cm op 100 m. De ligging van één dezer drainreeksen is op schetsteekening 3 aangegeven. De volgende drainreeks lag op een afstand van ongeveer 35 m van deze drainreeks verwijderd. De drie vierkantjes (I tot en met III) geven weer de plaatsen van de kuilen aan. Kuil I was gegraven in of nabij een oud kleigat, kuil II ter hoogte van een knikborst



Proefveld bij den Heer S. A. SEBENS te Nieuwolda.  
 Schetsteekening 3.

en kuil III tusschen twee oude kleigaten in. De stippen (1 tot en met 32) geven de plekken van de boorgaten voor de doorlatendheidsbepaling aan. Ten tijde van de bemonstering lag het land gestoppelploegd.

*Profielbeschrijving.* Vlak bij kuil III, dus boven op een rug tusschen twee oude kleigaten, lag nog een smal strookje grond, dat niet omgeploegd was. Van dit strookje grond is in een ploegvoor een monster van den bovengrond van 0—9 cm genomen. Deze grond bestond uit zware klei met nog iets koolzure kalk. Onder dezen bovengrond kwam bij kuil III tot 20 cm onder maaiveld dezelfde zware klei voor met iets meer koolzure kalk. Daaronder werd zwaardere klei aangetroffen, die naar beneden toe tot 50 cm onder maaiveld in zwaarte toenam. Deze klei was stug, maar toch brokkelig, zonder koolzure kalk, maar met een zwak alcalische reactie. Het onderste gedeelte van deze kleilaag bevatte gele plekken katteklei. Onder deze laag daalde het kleigehalte vrij sterk. De laag van 50—72 cm was sterk bruin gekleurd door afzettingen van ijzeroxyde. Tevens kwam in deze laag een weinig koolzure kalk voor. Vanaf 72 cm onder maaiveld begonnen dunne zandlaagjes in de klei voor te komen. Deze zandlaagjes namen naar beneden in aantal toe, zoodat het kleigehalte geleidelijk daalde. Ook de afzettingen van bruin ijzeroxyde namen naar beneden toe in sterke mate af. Op 72 cm onder maaiveld kwam reeds een vrij flink gehalte aan koolzure kalk voor en dit gehalte werd in de diepere lagen nog hooger. Bij kuil II werd de zwaardere klei, zonder koolzure kalk, met een zwak alcalische reactie reeds op 8 cm onder maaiveld aangetroffen. Deze klei was hier tamelijk stug en niet brokkelig. Naar beneden nam zij in zwaarte toe tot 42 cm onder maaiveld. Ook in deze kleilaag kwamen gele plekken van katteklei voor, maar voornamelijk ter hoogte van 20 tot 30 cm. Onder deze laag, dus op 42 cm onder maaiveld, daalde het kleigehalte weer vrij sterk. De door ijzeroxyde sterk bruin gekleurde laag werd hier op een diepte van 50—62 cm onder maaiveld aangetroffen. Vanaf 62 cm begonnen weer dunne zandlaagjes in de klei voor te komen, die naar beneden in aantal toenamen en waardoor het kleigehalte geleidelijk daalde. In het bovenste gedeelte van de laag van 62—70 cm was reeds eenige koolzure kalk aanwezig, maar op 70 cm werd een vrij flink gehalte aan dit bestanddeel aangetroffen, waarvan het gehalte naar beneden toe steeg.

Bij kuil I werd tot 65 cm onder maaiveld zware tot zeer zware klei aangetroffen, met iets koolzure kalk, niet stug en vrij brokkelig. Vanaf 65 cm diepte kwamen zandlaagjes in de klei voor, waardoor het kleigehalte aanmerkelijk daalde. Tevens was op deze diepte het gehalte aan koolzure kalk tamelijk flink en nam dit gehalte naar beneden toe. Dit benedenste bodemprofiel, vanaf 65 cm onder maaiveld, komt geheel overeen met het bodemprofiel vanaf 85 cm

bij kuil II en vanaf 87 cm bij kuil III. Hierbij is te bedenken, dat het maaiveld bij kuil I veel lager lag dan bij kuil II en bij kuil III. Naar alle waarschijnlijkheid is deze grond bij kuil I niet vergraven geweest. Vermoedelijk is dit wel het geval met den boven deze laag liggenden grond van 0—65 cm onder maaiveld. Het grondprofiel van deze laag toch verschilt geheel met het overeenkomstige grondprofiel bij de kuilen II en III. Dit grondprofiel werd aan den noordkant van kuil I aangetroffen en hier zijn ook de grondmonsters genomen. Het grondprofiel aan den zuidkant van kuil I zag er geheel anders uit. Op ongeveer 15 cm onder maaiveld kwam hier een puinlaag van ongeveer 30 cm dik voor. Bovendien was hier op 90 cm onder maaiveld een drainreeks aanwezig. Aan dezen kant van kuil I zat dus zeker verwerkte grond.

*Bespreking van het bodemprofiel* (zie tabel IV op blz. 847). In het midden tusschen twee oude kleigaten, dus bovenop den z.g. rug, komt nog 20 cm zware klei voor, met ongeveer 57 % klei op minerale bestanddeelen, die nog ongeveer 1 % koolzure kalk bevat. Deze klei zal voor het grootste gedeelte wel van de oude woelklei afkomstig zijn. Ook de koolzure kalk in deze klei is nog van de oude woelklei afkomstig. Vermoedelijk zal deze woelklei aanvankelijk wel 5 à 6 % koolzure kalk bevat hebben. Op de z.g. knikborsten is deze kleilaag hoogstens 8 cm dik. Het grootste gedeelte van deze laag is naar het midden gewerkt. Onder deze laag komt zeer zware, stugge klei voor, die naar beneden in zwaarte toeneemt, ongeveer 30 cm dik. Het bovenste gedeelte van deze laag bevat ongeveer 63 % klei en het benedenste gedeelte ongeveer 78 % klei op minerale bestanddeelen. Koolzure kalk komt in deze klei niet voor. Toch bezit deze klei een pH-waarde van 7,0 of hooger. Zeer waarschijnlijk heeft deze kleilaag voor het woelen aan de oppervlakte gelegen. Verder worden in deze kleilaag gele plekken van kattenklei aangetroffen, die niet zuur reageeren. Eertijds zullen deze gele plekken wel zeer zuur geweest zijn. Twee oorzaken kunnen invloed op de afname van de zuurheid gehad hebben. In de eerste plaats kan het zwavelzuur van het ijzersulfaat voor een deel door het regenwater uitgelooft zijn. Maar daarnaast kan de koolzure kalk uit de woelklei de zure verbindingen geneutraliseerd hebben. Tevens moet de klei humussubstantie van deze laag zooveel kalk opgenomen hebben, dat haar reactie zwak alkalisch werd (pH ongeveer 7,4). Dit heeft tengevolge gehad, dat de stugge klei in deze laag brokkelig is geworden, tenminste bij kuil III. Bij kuil II is dit minder het geval, maar hier is de inwerking van de kalk ook iets geringer geweest. Alleen het bovenste gedeelte van de zeer zware klei van 8—17 cm heeft een zwak alkalische reactie, het gedeelte daaronder is iets minder alkalisch met een pH van 6,9. Nadere gegevens betreffende dit kattenkleiprofiel zullen in een andere verhandeling gepubliceerd worden.

Onder de zeer zware kleilaag komt een laag van ongeveer 20 cm dik voor, die minder zwaar is, met een kleigehalte van ongeveer 59 % op minerale bestanddeelen. Deze klei is sterk bruin gekleurd door afzettingen van ijzer-oxyde, vooral het benedenste gedeelte er van. Bij kuil III bevat deze laag een weinig koolzure kalk, nog geen procent, bij kuil II is in deze laag nog geen koolzure kalk aanwezig, het bovenste gedeelte er van reageert zelfs maar juist neutraal. Verder naar beneden, dus bij kuil III vanaf 73 cm onder maaiveld en bij kuil II vanaf 62 cm onder maaiveld, beginnen zandlaagjes in de klei voor te komen, en wel des te talrijker naarmate men dieper komt. Tengevolge van deze zandlaagjes neemt het kleigehalte af. Ook bevat deze laag flink wat koolzure kalk. In het bovenste gedeelte ongeveer 5 %, naar beneden toenemend tot 7 à 8 %. De door afzettingen van ijzeroxyde sterk bruin gekleurde kleilaag komt nu vlak boven deze sterk koolzure kalkhoudende laag voor. Eertijds, toen de bovengrond nog drassig was en met brakwater doortrokken, moet zich hierin ijzerbisulfide,  $\text{FeS}_2$ , gevormd hebben. Het voorkomen van kattenklei in deze laag wijst hier op. Toen de stand van het grondwater daalde, had er een oxydatie van dit  $\text{FeS}_2$  plaats. De bij deze oxydatie uit het  $\text{FeS}_2$  ontstane ijzersulfaten zijn met het zakwater naar beneden gespoeld. In aanraking gekomen met de sterk koolzure kalk-houdende laag heeft het ijzeroxyde zich uit deze sulfaten afgescheiden. Deze sterk koolzure kalk-houdende laag zal vermoedelijk wel in het grondwater hebben gelegen, zoodat het bruine ijzeroxyde zich op de grens van het grondwater heeft afgezet. Dit ijzeroxyde heeft de gronddeeltjes aan elkaar gekit, waardoor de laag, waarin dit ijzeroxyde voorkomt, dichter van structuur is geworden en minder doorlatend voor water. Het is nu opmerkelijk, dat de grond boven deze sterk ijzeroxyde houdende laag het hoogste kleigehalte bezit en dat dit gehalte naar boven toe afneemt. Het is dus mogelijk, dat ook fijnere kleideeltjes met het zakwater naar beneden zijn gevoerd en dat deze kleideeltjes zich op de dichtere, ijzerhoudende laag hebben afgezet, zoodat het kleigehalte boven deze laag toenam. Ook is het mogelijk, dat bij het ontstaan van deze gronden door sedimentatie de zwaardere klei reeds direct onderop is afgezet en daarop vervolgens lichtere klei. Het verdwijnen van de koolzure kalk uit deze bovenste zware tot zeer zware kleilagen zal vermoedelijk wel hoofdzakelijk veroorzaakt zijn door de zure verbindingen, die bij de oxydatie van het  $\text{FeS}_2$  ontstaan zijn. Het humusgehalte in de bovenste lagen is practisch gelijk aan hetgeen in de overeenkomstige lagen van andere Dollardgronden voorkomt. Daarna daalt het humusgehalte en wel sterker dan in de gronden van de verschillende Dollardpolders. In de diepere lagen stijgt het humusgehalte weer en komt weer met dat in de Dollardgronden overeen. Wat de doorlatendheid voor water van dit bodemprofiel betreft, deze is alleen voor de onderste lagen, waarin zandlaagjes voorkomen

bekend. En in die lagen is de doorlatendheid goed (zie blz. 823). Omtrent de doorlatendheid van de zware tot zeer zware, stugge kleilaag boven de woelklei gelegen is evenwel niets bekend.

Hoewel het bodemprofiel van dit perceel ook geen typisch knikprofiel is, evenals bij den Heer VAN DER PLOEG, leek ons ook dit perceel toch wel voor een proefneming met het omzetten van den grond in aanmerking te komen, vooral daar de eigenaar veel voor een dergelijke proefneming voelde. Ondanks de woelklei, die in vroeger jaren over het land gekomen was, was dit nog moeilijk te bewerken, vooral op de z.g. knikborsten. Op deze plaatsen kon in ongunstige jaren ook een minder goeden stand van de gewassen waargenomen worden. De omzetting zou aldus geschieden, dat de laag van 0—20 cm op zijn plaats bleef, terwijl de laag van 20 tot plm. 70 cm zou vervangen worden door die van 70—120 cm. Op deze wijze zou onder de bouwvoor van 20 cm een laag van ongeveer 50 cm dik komen met een kleigehalte van ongeveer 48 à 50 % en een koolzure kalk-gehalte van ongeveer 6 à 7 %.

Bij de bemonstering van het perceel is bij kuil II, aan den zuidkant, van verschillende grondlagen het volume-gewicht van den grond bepaald. De gegevens omtrent deze bepalingen zijn in tabel IX op blz. 852 opgenomen. Een bespreking van deze cijfers vindt in Hoofdstuk VI plaats.

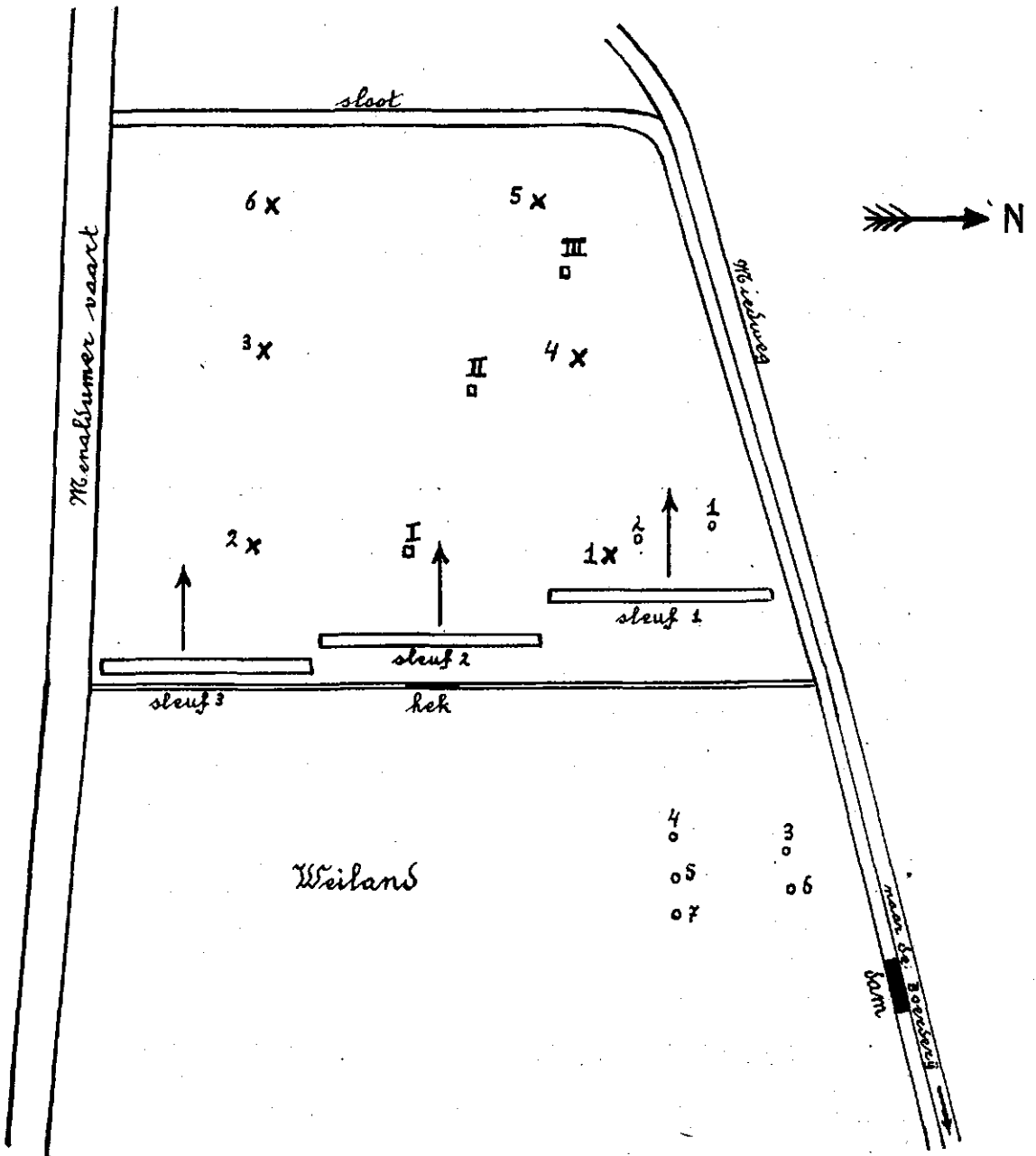
#### 4. *Perceel gescheurd grasland bij J. WASSENAAR te Marsum (Friesland)* §1-11

*Ligging van het perceel en bijzonderheden.* Het perceel van den Heer WASSENAAR is gelegen ten zuiden van den straatweg Leeuwarden-Harlingen, ten westen van Marsum, tusschen den Miedweg en de Menaldumervaart. Het perceel ligt dus binnen den ouden dijk van de voormalige Middellzee en bestaat uit ouden, zwaren zeekleigrond. De ontwatering van het perceel was slecht. Bij regen was het land spoedig nat en in het winterjaargetijde stonden er dikwijls plassen op het land. Bij droogte werd de grond zeer hard. Het grasbestand op dit perceel was dan ook niet best. Het perceel heeft een natuurlijke afstroming en ligt volgens den eigenaar hoog. In de oorlogsjaren is het land gescheurd, maar na enkele jaren is het weer groen gelegd, daar het voor bouwland minder geschikt bleek. In 1936 is het meest westelijk gelegen gedeelte opnieuw gescheurd. Dat jaar is er mergkool op verbouwd.

Het gescheurde gedeelte is ongeveer 75 are groot en dit gedeelte is vrijwel in zijn geheel omgezet. In teekening 4 op blz. 801 is het perceel schetsmatig weergegeven. De drie vierkantjes (I tot en met III) geven de plaatsen van de bemonsterde kuilen aan.



Proefveld bij den Heer J. WASSENAAR te Marsum (Fr.).  
Schetsteekening 4, schaal 1 : 1000.



*Profielbeschrijving.* Aangezien het perceel in het jaar 1936 gescheurd is, was de bovengrond tamelijk humusrijk en daardoor donker van kleur. Deze bovengrond bestond uit zware klei en was op het tijdstip van bemonsteren, einde October 1936, goed verkruimelbaar; koolzure kalk kwam er niet in voor. Onder dezen bovengrond, dus onder de oude graszode, van 20 à 25 tot 40 cm onder maaiveld, was de grond veel lichter van kleur en bevatte veel bruine afzettingen van ijzeroxyde. De grond was zwaarder, bij kuil II zelfs veel zwaarder, en zonder koolzure kalk. Naar beneden toe nam bij kuil I de grond nog in zwaarte toe. Van 40 tot 80 cm onder maaiveld was de grond hier zeer zwaar en bovendien taai en stug. Van 62—80 cm kwamen enkele heel dunne zandlaagjes voor, waarop de grond afbrokkelde. Op 75 à 80 cm begon de grond met zoutzuur op te bruisen en werd de grond dus koolzure kalk-houdend. Het bovenste gedeelte van de laag van 40 tot 80 cm bevatte geen bruine ijzerafzettingen. Wel kwamen deze in het benedenste gedeelte van deze laag voor. Vanaf 80 cm onder maaiveld werd de grond bij kuil I veel zandiger en rijk aan koolzure kalk, met enkele geel-groen gekleurde plekken van ijzerafzettingen. In het geheele profiel bij kuil I waren tot 80 cm onder maaiveld overal wortels te zien.

Het bodemprofiel bij kuil II verschilde niet noemenswaardig van dat bij kuil I. Alleen bevatte de door ijzeroxydeafzettingen bruin gekleurde laag onder de oude graszode, van 25—40 cm onder maaiveld, een veel hoger kleigehalte dan de overeenkomstige laag bij kuil I, terwijl dit kleigehalte naar beneden toe afnam. Bij dezen kuil werd de grond vanaf 88 cm onder maaiveld veel zandiger, maar niet zoo zandig als bij kuil I, en rijk aan koolzure kalk. Ook de laag van 40—56 cm onder maaiveld bevatte bij dezen kuil enkele procenten koolzure kalk, maar daar beneden, tot 88 cm, kwam weer nagenoeg geen koolzure kalk voor.

Het bodemprofiel bij kuil III verschilde in zooverre van dat bij de kuilen I en II, dat de grond zwaarder en taaier was. Vooral de diepste lagen waren veel zwaarder dan bij de kuilen I en II. Ook kwamen in den ondergrond geen bruine afzettingen van ijzeroxyde voor. Wel bevatte de diepste lagen enkele geel-groen gekleurde ijzerafzettingen. Bovendien werden bij dit profiel in de onderste lagen zoo goed als geen wortels aangetroffen. Op 98 cm onder maaiveld begon bij dezen kuil koolzure kalk voor te komen, maar minder dan bij de kuilen I en II.

*Bespreking van het bodemprofiel* (zie tabel V op blz. 848). De gescheurde bovengrond van 0 tot 20 à 25 cm van dit perceel bestaat dus uit zware tot zeer zware klei, 48 tot 57 % klei op minerale bestanddeelen, met 7 à 8 % organische stof. Koolzure kalk komt er niet in voor, terwijl de zuurgraad er van varieert

tusschen 6,1 en 6,8, dus iets aan den zuren kant is. Toch is deze grond, tengevolge van het vrij hooge humusgehalte, dat er in voorkomt, nog goed verkruiembaar. Onder deze laag neemt het kleigehalte toe. Bij kuil I van 48 tot ongeveer 65 % op minerale bestanddeelen tot 80 cm onder maaiveld, op welke diepte het kleigehalte plotseling sterk daalt tot 44 % op minerale bestanddeelen en de grond rijk aan koolzure kalk wordt (10 %). Naar beneden toe neemt het kleigehalte hier nog iets af tot 35 % op minerale bestanddeelen in de laag van 100—120 cm en het gehalte aan koolzure kalk toe tot ongeveer 16 %. Bij kuil II stijgt het kleigehalte vlak onder den bovengrond sterk, van 57 tot ruim 70 % op minerale bestanddeelen in de laag van 25—40 cm. Daar beneden daalt het kleigehalte geleidelijk tot ongeveer 60 % in de laag van 72—88 cm. Op deze diepte neemt het kleigehalte plotseling ongeveer 10 % af en wordt de grond rijk aan koolzure kalk (8,0 %), waarvan het gehalte toeneemt tot 15 % in de laag van 103—123 cm. Bij kuil III neemt het kleigehalte onder den bovengrond naar beneden geleidelijk toe van 57 % tot ruim 75 % op minerale bestanddeelen. Op 98 cm onder maaiveld begint de grond koolzure kalk te bevatten, aanvankelijk 5 %, naar de diepte toenemend tot 11 %. Het kleigehalte blijft evenwel nagenoeg gelijk in tegenstelling met de kuilen I en II, waar op de diepte, waarop de koolzure kalk begint, het kleigehalte vrij sterk daalt.

De laag onder den bovengrond, dus onder de oude graszode, van 20 à 25 cm tot 40 cm is sterk bruin gekleurd door afzettingen van bruin ijzeroxyde. De bemonsterde lagen onder deze bruin gekleurde laag, zoowel die zonder als met koolzure kalk, bezitten hoogstens 1 % humus. Evenals bij de perceelen van de Heeren GEBRS, KREMER en VAN DER PLOEG komt in de diepere lagen dus een zeer laag humusgehalte voor. De zeer zware kleilaag onder de bruin gekleurde laag, van 40 cm tot 80 cm bij kuil I, tot 88 cm bij kuil II en tot 98 cm bij kuil III, is taai en stug, vooral bij kuil III. Deze laag zal het water wel niet gemakkelijk doorgelaten hebben, zoodat in zeer natte tijden het regenwater op deze laag bleef staan, tengevolge waarvan de grond boven deze laag met water verzadigd werd en er plassen op het land kwamen. In deze periode kwam de bovengrond dus in een anaeroben toestand te verkeerren. De organische stof van de vele graswortels zal in deze periode de zuurstof, die zij voor hare ontleding noodig had, wel aan de in den grond aanwezige ferrioxiden onttrokken hebben, waarbij dus deze oxyden gereduceerd werden tot den ferrovorm. Deze ferro-oxyden zijn of door het bij de ontleding van de organische stof ontstane koolzuur in ferrobicarbonaat omgezet, of bij het indringen van de lucht in den bovengrond, nadat het water er uit verdwenen was, tot bruine ferrioxiden geoxydeerd. Indien ferrobicarbonaat gevormd is, zal dit niet met het regenwater in de taaië, stugge kleilaag hebben kunnen binnendringen, zoodat het bij de luchttoetreding ook in bruin ijzeroxyde is omgezet. De bij de ont-

leding van de organische stof gevormde humus vond in den bovengrond geen koolzure kalk, zoodat meer of minder zure humus ontstond. De zuurgraad van den bovengrond wijst ook in deze richting. Deze meer of minder zure humus was ook in staat het ijzer in den grond in oplossing te brengen. Maar ook deze ijzerhumaten konden niet in de zeer zware, taaie en stugge kleilaag doordringen, zoodat zij zich boven deze laag afscheidde. Aldus ontstond er boven deze taaie kleilaag een laag, die zeer veel bruine afzettingen van ijzeroxyde bevatte. In het bovenste gedeelte van de taaie, zeer zware kleilaag kwamen dan ook geen bruine afzettingen van ijzeroxyde voor. Wel was dit, voornamelijk bij de kuilen I en II, het geval met het benedenste gedeelte van deze laag, dat grensde aan de koolzure kalk-rijke laag er beneden. Vermoedelijk is in zeer oude tijden, nadat de koolzure kalk uit de bovenste, boven het grondwater gelegen, lagen was uitgespoeld, het ijzer uit de bovenste lagen gedeeltelijk als ferrobicarbonaat naar beneden gevoerd, waarna het ijzer zich uit deze verbinding heeft afgescheiden, toen deze met de koolzure kalk-houdende laag in aanraking kwam. Dit ijzer heeft de gronddeeltjes in de laag, waarin het zich afscheidde, aaneengekit en daardoor boven de koolzure kalk-houdende laag een dichtere laag gevormd. Deze dichtere laag is in den loop der tijden naar boven in dikte toegenomen en vermoedelijk steeds ondoorlatender voor water geworden. Tenslotte liet deze laag zoo weinig water door, dat in natte tijden de bovenste lagen geheel met water verzadigd werden en zich hierin de processen afspeelden, die hiervoor zijn medegedeeld. Aldus ontstonden er in het benedenste gedeelte van de zeer zware, stugge kleilaag en vlak bovenop deze laag afzettingen van bruin ijzeroxyde. Bij kuil III werd in het benedenste gedeelte van de zeer zware, stugge kleilaag geen bruine afzettingen van ijzeroxyde aangetroffen, maar wel geel-groene ijzerafzettingen. Bij dezen kuil, waarvan de grond over het geheele profiel zwaarder en taaier was dan bij de beide andere kuilen, kon de lucht dus blijkbaar niet diep genoeg in den grond binnendringen, zoodat de onderste lagen in gereduceerden toestand verkeerden. Dit had tengevolge, dat in deze lagen geen bruine ferri-, maar geelgroene ferro-verbindingen werden gevonden. De zeer zware, taaie en stugge kleilaag, vooral bij kuil III het type van een knikgrond, maakte dus, dat de bovengrond van dit perceel in natte tijden zeer drassig was, terwijl na het scheuren het land zeer moeilijk te bewerken bleek. Dit perceel was dus uitermate geschikt om er een proef met het omzetten van den grond op te nemen. Vooral daar in Friesland zeer moeilijk gegadigden voor een dergelijke proefneming konden gevonden worden. Alleen kwam de koolzure kalk-houdende laag op dit perceel wel wat diep onder het maaiveld voor, zoodat een vrij dikke laag grond moest worden omgezet. De omzetting zou aldus geschieden, dat de bovenste 20 cm op zijn plaats bleven, terwijl de laag van 20 tot 80 cm naar beneden zou

worden gebracht op een diepte van 60 tot 120 cm, het bovenste gedeelte van deze laag het verst naar beneden. Op deze laag zou dan de laag van 80 tot 120 cm komen, dus op een diepte van 20 tot 60 cm, met het benedenste gedeelte van deze laag het meest naar boven. Op deze wijze zou bij de kuilen I en II direct onder de bouwvoor grond met ongeveer 15 % koolzure kalk en 30 à 40 % klei komen en hieronder tot 60 cm diepte grond met 8 à 10 % koolzure kalk en 40 à 50 % klei. Bij deze kuilen zou dus onder de bouwvoor veel lichtere kleigrond komen met een hoog gehalte aan koolzure kalk. Bij kuil III zou onder de bouwvoor vrijwel dezelfde zeer zware klei komen, als er onder aanwezig was, met dit verschil, dat deze klei goed van koolzure kalk was voorzien, terwijl er nu geen koolzure kalk in voorkwam.

Volumege wichtsbepalingen van den grond zijn op dit perceel niet verricht. Ook bepalingen omtrent de doorlatendheid van den grond voor water hebben op dit perceel niet plaats gehad.

## HOOFDSTUK IV

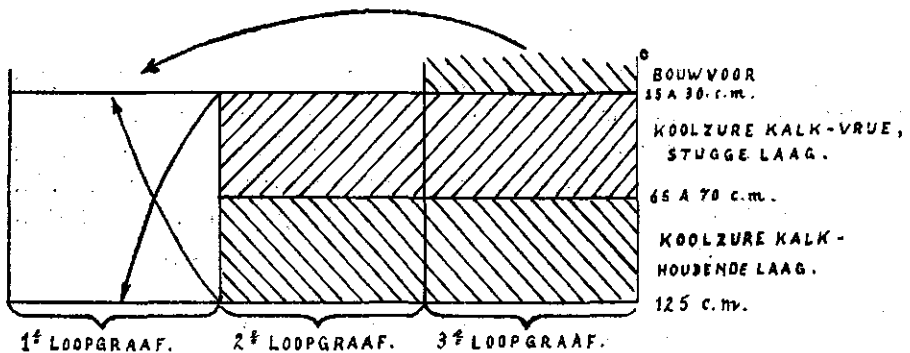
### Bijzonderheden betreffende de omzetting en het resultaat daarvan op het bodemprofiel

In dit hoofdstuk zullen voor elk van de drie omgezette perceelen nader uiteengezet worden, op welke wijze de omzetting heeft plaats gevonden, de kosten, die aan de omzetting waren verbonden, het resultaat van de omzetting op het bodemprofiel en den cultuur-toestand van den grond. Door Ir. D. R. MANSHOLT zijn hieromtrent reeds enkele mededeelingen gedaan in het Groninger Landbouwblad van 24 Juli 1937 (18e Jaargang n°. 47).

#### 1. Perceel S. A. SEBENS te Nieuwolda

*Wijze van omzetting.* Aanvankelijk was het de bedoeling een strook van 36 m breed en 120 m lang, dus van 0,43 ha, liggende op 10 m afstand van de zuidslot en 21,5 m van uit de sloot langs den kadijk, als proef om te zetten (zie schetsteekening 3 op blz. 796). Later is deze strook van 36 m breed, vooral ter wille van een betere bewerking van het land, uitgebreid over de heele lengterichting van het perceel met dien verstande, dat aan beide uiteinden van de strook de wendakker ter breedte van 6 m niet werd omgezet. Omgezet is dus een strook van 36 bij 218 m, een voorstuk van 36 bij 120 m of 43,2 are en een achterstuk van 36 bij 98 m of 35,28 are. Begonnen is met het voorstuk. Daartoe werd in den zuidwesthoek, op de schetsteekening bij *a*, een sleuf of loopgraaf van 18 m lang, 1 m breed en 1,25 m diep gegraven, dus over de halve breedte van het om

te zetten perceelsgedeelte. De grond van de bovenlaag van 0 tot plm. 20 cm<sup>1)</sup> van deze loopgraaf werd apart gehouden, evenzoo de grond van de lagen van ongeveer 20 tot plm. 70 cm en van plm. 70 tot 125 cm. Vervolgens werd de bovengrond van de volgende loopgraaf ter breedte van 1 m afgegraven en bij den bovengrond van de eerste loopgraaf gevoegd. De grond onder den bovengrond van de tweede loopgraaf werd nu in de eerste loopgraaf gebracht, de eerste steek hiervan op den bodem van de eerste loopgraaf, de tweede steek daar boven op en zoo voortgaande, totdat de tweede loopgraaf 1,25 m diep was. Op deze wijze werd dus het bovenste gedeelte van de koolzure kalk-vrije, stugge laag onder den bovengrond zoo ver mogelijk naar beneden gebracht en het onderste gedeelte van deze laag werd nu het bovenste gedeelte. Op deze koolzure kalk-vrije laag kwam het bovenste gedeelte van de koolzure kalk-houdende laag, dus het gedeelte met de laagste hoeveelheid koolzure kalk; het gedeelte met de meeste koolzure kalk kwam nu bovenop te liggen, vlak onder de bouwvoor. De bovengrond van de derde loopgraaf werd op de koolzure kalk-houdende laag in de eerste loopgraaf gebracht en werd dus bovengrond van de eerste loopgraaf. Figuur 2 geeft nog eens schetsmatig een beeld van de gevolgde werkwijze.

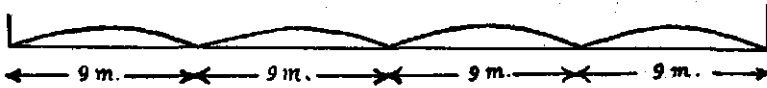


Figuur 2

Nadat de bovengrond van de derde loopgraaf op de koolzure kalk-houdende laag van de eerste loopgraaf gebracht was, werd de grond onder de bouwvoor van de derde loopgraaf steek voor steek in de tweede loopgraaf gebracht, totdat de derde loopgraaf 1,25 m diep was. De bovengrond van de vierde loopgraaf kwam nu op den koolzure kalk-houdenden grond in de tweede loopgraaf. Op deze wijze verplaatste zich de loopgraaf over het geheele perceel.

<sup>1)</sup> De dikte van de teelaardelaag wisselde van 15 tot 30 cm, op de knikborsten was zij het dunst en midden op de ruggen het dikst. De bovengrond, die bovenop is gebleven, wisselde dus ook in dikte.

Behalve bij zijde *a* werd tegelijkertijd aan het andere uiteinde van het om te zetten perceelsgedeelte begonnen, op de schetsteekening bij *b*. Ook hier werd een loopgraaf van 18 m lang, 1 m breed en 1,25 m diep gegraven, die zich op de boven beschreven wijze over het geheele perceel verplaatste. De grond uit de eerste loopgraaf bij *a* werd in de laatste loopgraaf bij *b* gebracht en omgekeerd de grond uit de eerste loopgraaf bij *b* in de laatste loopgraaf bij *a* en wel zoodanig, dat de koolzure kalk-vrije, stugge laag onderin kwam te liggen, daarop de koolzure kalk-houdende laag en daarop de bovengrond. De koolzure kalk-vrije, stugge laag, die steeds onder in de loopgraaf kwam te liggen, werd er niet vlak in gelegd, maar eenigszins bol, zooals figuur 3 aangeeft.



Figuur 3

De bedoeling van deze werkwijze komt hierop neer, dat, wanneer het perceel later gedraineerd zou moeten worden, de drains dan niet *in* den stuggen, koolzure kalk-vrijen grond behoeften gelegd te worden, maar om de 9 meter er boven op in koolzure kalk-houdenden grond. Nadat het voorste stuk was omgezet, is ongeveer een maand later met het achterstuk op dezelfde wijze begonnen.

*Kosten van omzetting.* De omzetting is dus met werkloozen van de betreffende gemeente in werkverschaffing uitgevoerd. Daar niet altijd voldoende werkloozen beschikbaar waren, varieerde het aantal menschen, dat per dag werkte, van 8 tot 14. 5 October 1936 is met de omzetting van het voorste stuk begonnen. Dit werk, dat door 8 à 10 tewerkgestelden is uitgevoerd, was 19 December 1936 gereed. Op 18 Januari 1937 is toen met de omzetting van het achterste stuk voortgegaan. Dit werk is door 12 à 14 tewerkgestelden uitgevoerd en was 24 Maart 1937 afgelopen. In het geheel is dus ongeveer  $36 \times 218 \times 1,25 = 9810$  m<sup>3</sup> grond verzet. Het aantal werkuren per week bedroeg in de maanden October en Maart 50, November en Februari 47½ en December en Januari 45. Zaterdagmiddags werd niet gewerkt. De gemiddelde verdienste per man en per uur bedroeg 26 cent. In totaal werd aan arbeidsloon uitbetaald een bedrag van f 1 858,79 (f 1 050,42 voor het voorstuk en f 808,37 voor het achterstuk). Hier komt nog bij f 64,— + f 93,— = f 157,— voor regenvergoeding en f 65,51 + f 77,19 = f 142,70 voor brandstofvergoeding, benevens aan sociale lasten f 162,02 (rentezegels f 102,54, ongevallen- en ziekteverzekering 3,2 % van f 1 858,79 = f 59,48). De kosten aan loon voor het geheele omgezette gedeelte kwamen dus op gemiddeld 19 cent per m<sup>3</sup>.

*Resultaten van de omzetting.* Ten einde de verandering na te gaan, die het bodemprofiel door de omzetting had ondergaan, zijn op 13 October 1937 op een vijftal plekken, waarvan er twee op het niet omgezette perceelsgedeelte en drie op het omgezette perceelsgedeelte waren gelegen, grondmonsters genomen. Deze 5 plekken zijn op schetsteekening 3 met een kruisje aangegeven. De grondmonsters zijn genomen van de lagen van 0—24 cm en 24—50 cm door op genoemde 5 plekken telkens een 6-tal boringen van 0—50 cm te verrichten (: : :) en de boorsels van de betreffende laag bij elkaar te voegen. Op het omgezette gedeelte was de lepelboor als vanzelf heel gemakkelijk in den grond te slaan, op het niet omgezette gedeelte kostte dit heel wat moeite. De verkregen grondmonsters zijn op het laboratorium onderzocht op hun granulaire samenstelling, terwijl tevens de zuurgraad er van bepaald is. Het resultaat van dit onderzoek is in de volgende tabel opgenomen.

N <sup>o</sup> . B	Plek	Diepte van de laag in cm	Omgezet of niet omgezet	De droge stof bevat in procenten:				Zuur- graad (pH)	
				CaCO <sub>3</sub>	humus (elem.)	klei	zand		
11183	1	0—24	omgezet gedeelte	2,4	2,8	54,9	39,9	7,7	
11184		24—50		6,8	1,8	49,9	41,5	7,8	
11185	2	0—24		3,0	3,1	59,2	34,7	7,7	
11186		24—50		6,4	2,5	51,8	39,3	7,8	
11187	3	0—24		2,0	3,5	62,2	32,3	7,8	
11188		24—50		7,2	2,6	51,1	39,1	7,8	
11189	4	0—24		niet omgezet gedeelte	0,6	3,0	68,4	28,0	7,6
11190		24—50			0,5	1,6	68,7	29,2	7,5
11191	5	0—24			1,2	3,0	55,2	40,6	7,7
11192		24—50			0,1	2,3	70,8	26,8	7,5

Uit bovenstaande tabel blijkt, dat de bovengrond van 0—24 cm, die vóór de omzetting hoogstens 1 % koolzure kalk bevatte en dan voornamelijk op de z.g. ruggen tusschen twee oude kleigaten, door de omzetting een koolzure kalkgehalte heeft gekregen van 2 à 3 %. De gehalten aan klei en humus in dezen bovengrond zijn vrijwel gelijk gebleven en bedragen resp. 55 à 62 % en 2,8 à 3,5 % (zie ook tabel IV). De laag onder de bouwvoor, van 24 tot 50 cm, heeft door de omzetting daarentegen nogal wijziging ondergaan. Bevatte deze laag vóór de omzetting practisch geen koolzure kalk, nà de omzetting bedraagt het gehalte aan dit bestanddeel ongeveer 7 %. Aannemende dat in ongeveer 25 jaar 1 % koolzure kalk uit deze laag verdwijnt, dan bezit deze laag voor een tijdsverloop van ongeveer 150 jaar koolzure kalk. Maar niet alleen het gehalte aan koolzure kalk, ook het gehalte aan klei heeft een aanzienlijke verandering ondergaan. Bedroeg dit vóór de omzetting ongeveer 70 %, nà de omzetting



is dit gehalte gedaald tot ongeveer 50 %. Deze aanzienlijke daling van het kleigehalte zal er zeker mede toe bijdragen, dat het land gemakkelijker te bewerken zal zijn, terwijl deze klei bovendien goed van kalk voorzien is, hetgeen een goeden cultuurtoestand waarborgt. Het humusgehalte van deze laag is nagenoeg niet veranderd en bedraagt ongeveer 1,8 à 2,6 %. De omzetting heeft het bodemprofiel dus inderdaad zoodanig veranderd, als verwacht werd (zie blz. 800).

Teneinde bovendien nog een en ander te weten te komen omtrent den invloed van de omzetting op de waterbeweging in den grond en op den stand van het grondwater in het natte winterseizoen, zijn op 13 October 1937 op de plekken 1, 3, 4 en 5, waar de grondmonsters genomen zijn, grondwaterstandsbuizen van 1,50 m lengte geplaatst. Twee grondwaterstandsbuizen staan dus op het omgezette perceelsgedeelte en twee op het niet omgezette. De grondwaterstanden in deze buizen zijn dagelijks opgenomen. Een bespreking van deze waarnemingen vindt echter in Hoofdstuk V, blz. 826, plaats.

De weersomstandigheden gedurende de omzetting hebben niet medegewerkt. Er was n.l. veel neerslag en slechts weinig vorst in het voorjaar, hetgeen niet bevorderlijk is geweest voor een goede verkruimeling van den omgezette grond. Vooral in de periode, waarin het achterstuk is omgezet, waren de weersomstandigheden slecht. De inzaai der gewassen was daardoor ook moeilijker, dan op het niet omgezette gedeelte.

Omstreeks 1 April was de ligging van het omgewerkte gedeelte vrij gelijk en slechts 25 à 30 cm hooger dan op het niet omgezette gedeelte. De grond was mooi los, hoewel haast te los voor bewerking. Ongeveer 15 cm onder het maai-veld was de structuur klonterig, ofschoon wel doorlatend. De bovenste 15 cm was goed kruimelig. Uit den aard was het eerst omgezette gedeelte het beste. Het omgezette gedeelte is alleen voorgeëgd. Op het voorstuk, dat het eerst omgezet is, werden, evenals op het niet omgezette gedeelte, op 5 April 1937 Corona erwten gezaaid. Op het achterstuk had deze inzaai op 16 April plaats. Als ondervrucht werd karwij gezaaid. De erwten hebben over het geheele perceel een phosphorzuurbemesting ontvangen van 400 kg thomasslakkenmeel per ha.

De opkomst van de erwten was gelijkmatig, terwijl de kleur er van op het omgezette gedeelte lichter was. Bij den bloei (begin Juni) was de kleur weer gelijk. Van den beginne af was het gewas op het omgezette gedeelte geiler. Omstreeks half Juli was de scheiding van omgezet en niet omgezet gedeelte op de rij af te zien. Vastgesteld kon toen worden, dat het gewas op het niet omgezette gedeelte vermoedelijk in enkele dagen zichtrijp zou zijn, terwijl dit op het eerst omgezette gedeelte vermoedelijk een week later het geval zou zijn.

Ziekteverschijnselen (b.v. knopmade) kwamen op het omgezette en niet

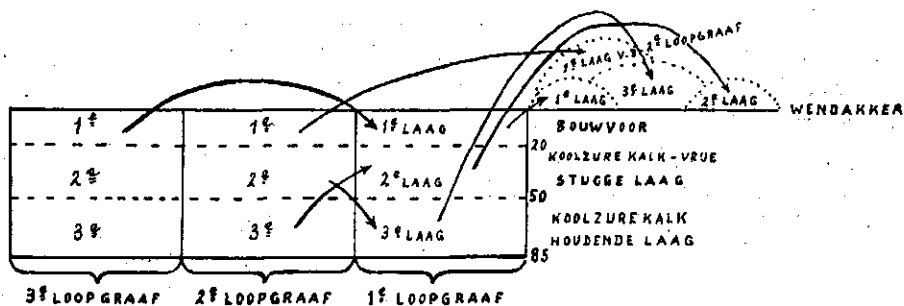
omgezette gedeelte in gelijke mate voor. Ook de ondervrucht karwij was goed gelijkmatig aangeslagen.

De erwten hebben geen verschil in opbrengst tusschen het omgezette en het niet omgezette perceelsgedeelte gegeven. Het voorstuk van het omgezette gedeelte leverde 13 hl van 42 are en het achterstuk 11½ hl van 36 are of per ha resp. 31 en 32 hl. Het niet omgezette perceelsgedeelte gaf 31 hl per ha. Wel was er dus eenig verschil in opbrengst en ook in kwaliteit tusschen de erwten van het voorstuk en van het achterstuk van het omgezette gedeelte. De kwaliteit van de erwten van het achterstuk was beter en de opbrengst iets grooter dan die van het voorstuk. Dit werd voornamelijk veroorzaakt, doordat de erwten op het voorstuk geiler waren dan op het achterstuk en daardoor legerden. Op het voorstuk waren de erwten ook 10 dagen eerder gezaaid. Door de geilheid van de erwten op het omgezette gedeelte is de karwij op het omgezette gedeelte iets in zijn groei belemmerd geweest, zoodat de stand op het niet omgezette gedeelte einde April 1938 iets beter was. Deze karwij had op het omgezette gedeelte herfst 1937 100 kg kalk-ammonsalpeter per ha en in het voorjaar 1938 300 kg ontvangen. Voor het niet omgezette gedeelte waren deze bedragen 100 en 400 kg.

Zooals wel te verwachten was, was het omgezette gedeelte na een regenbui eerder weer opgedroogd dan het niet omgezette gedeelte. Gegevens betreffende de bewerkbaarheid van het omgezette ten opzichte van het niet omgezette gedeelte zijn er nog niet, omdat onder de erwten karwij gezaaid was.

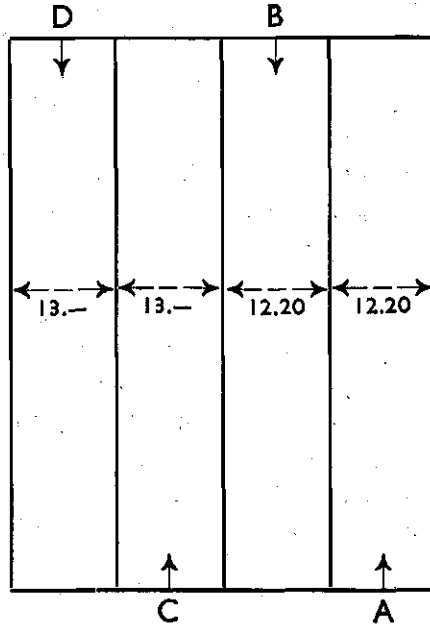
## 2. Perceel W. K. VAN DER PLOEG te Westerwijfwerd

*Wijze van omzetting.* Van dit perceel zou een gedeelte van ongeveer 50 bij ongeveer 85 m = 42,50 are omgezet worden, waarbij de bovenste 20 cm op zijn plaats zouden blijven, terwijl de laag van 20 tot 50 cm zou omwisselen met die van 50 tot 85 cm. De wijze, waarop deze omzetting heeft plaats gehad is geheel gelijk aan die bij het perceel van den Heer SEBENS beschreven. Figuur 4 moge dit nog even verduidelijken.



Figuur 4

Men is dus weer begonnen met het graven van een loopgraaf ter breedte van 1 m en 85 cm diep. Voor de lengte hiervan heeft men het om te zetten perceelsgedeelte in vier strooken verdeeld op de volgende wijze:



De eerste en tweede loopgraaf waren dus elk 12,20 m lang en de derde en vierde loopgraaf elk 13 m. Begonnen werd met twee ploegen elk van 3 tewerkgestelden. De eene ploeg begon bij A en de andere bij B en elke ploeg werkte in de richting van het pijltje. Aan den anderen kant van het perceel gekomen vond ploeg A dus den grond van de eerste loopgraaf van ploeg B om hiermede de laatste loopgraaf te vullen, en omgekeerd ploeg B den grond van de eerste loopgraaf van ploeg A. Deze grond, die op de wendakkers lag, is met kruitwagens vervoerd. Nadat de strooken A en B gereed waren, zijn op dezelfde wijze de strooken C en D omgezet. Bij de omzetting passeerde men dus de zes drainreeksen. Lag een drain niet zoo diep als de grond werd omgezet, dan werd de grond om den drain niet verwerkt. De loopgraven zijn steeds droog gebleven, hoewel de stand van het grondwater tamelijk hoog was (zie blz. 828).

*Kosten van omzetting.* De omzetting is grootendeels uitgevoerd met twee ploegen elk van 3 tewerkgestelden. Alleen de laatste weken van de omzetting is met twee ploegen elk van 4 man gewerkt. 16 November 1936 is met de omzetting begonnen. Tot en met 19 December is het werk voortgezet. Toen heeft het tot 18 Januari 1937 stil gelegen. Van 18 Januari tot en met 23 Januari

is weer gewerkt en daarna van 8 Februari tot en met 20 Februari. In deze geheele periode is er 1997 man-uren gewerkt, terwijl er 160 uren niet gewerkt kon worden wegens regen. In het geheel is er in dien tijd 3751,8 m<sup>3</sup> grond verzet. Aan arbeidsloon werd in totaal uitbetaald een bedrag van f 551,94. Hierbij komt nog f 32,— voor regenvergoeding en f 47,32 voor brandstofvergoeding, benevens f 27,02½ voor rentezegels en 3,2 % van het uitbetaalde loon voor ongevallen- en ziekteverzekering. De gemiddelde verdienste per man en per uur bedroeg dus 27,6 cent, terwijl de kosten aan loon voor het geheele omgezette gedeelte op gemiddeld 15 cent per m<sup>3</sup> kwamen.

*Resultaten van de omzetting.* Ten einde ook op dit perceel de verandering na te gaan, die het bodemprofiel door de omzetting had ondergaan, zijn op 13 October 1937 op een zestal plekken, waarvan er twee op het niet omgezette perceelsgedeelte en vier op het omgezette perceelsgedeelte waren gelegen, grondmonsters genomen. Deze 6 plekken zijn op schetsteekening 2 op blz. 792 met een kruisje aangegeven. De grondmonsters zijn genomen van de lagen van 0—19 en 19—50 cm door op genoemde 6 plekken telkens een 6-tal boringen van 0—50 cm te verrichten en de boorsels van de betreffende laag op elke plek bij elkaar te voegen. Op het niet omgezette gedeelte was de boor zeer moeilijk in den grond te slaan, op het omgezette gedeelte kon zij met de handen in den grond gedrukt worden. De verkregen grondmonsters zijn op het laboratorium op hun granulaire samenstelling onderzocht, terwijl tevens de zuurgraad er van bepaald is. Het resultaat van dit onderzoek is in de volgende tabel opgenomen.

N <sup>o</sup> . B	Plek	Diepte van de laag in cm	Omgezet of niet omgezet	De droge stof bevat in procenten:				Zuur- graad (pH)
				CaCO <sub>3</sub>	humus (elem.)	klei	zand	
11173	2	0—19	omgezet gedeelte	0,7	2,0	39,5	57,8	7,4
11174		19—50		4,9	0,8	36,7	57,6	7,8
11175	3	0—19		1,6	1,9	40,1	56,4	7,7
11176		19—50		5,9	0,7	33,6	59,8	7,8
11177	4	0—19		0,7	2,4	44,2	52,7	7,7
11178		19—50		6,8	0,8	43,4	49,0	7,8
11179	5	0—19		0,8	2,2	40,2	56,8	7,8
11180		19—50		4,7	1,2	40,2	53,9	7,9
11171	1	0—19	niet omgezet gedeelte	0	2,3	40,3	57,4	7,4
11172		19—50		0	1,1	50,8	48,1	7,4
11181	6	0—19		0	2,4	41,4	56,2	7,5
11182		19—50		0	1,2	46,3	52,5	7,0

Uit bovenstaande tabel blijkt, dat de bovengrond van 0—19 cm, die vòòr de omzetting geen koolzure kalk bevatte, door de omzetting een koolzure

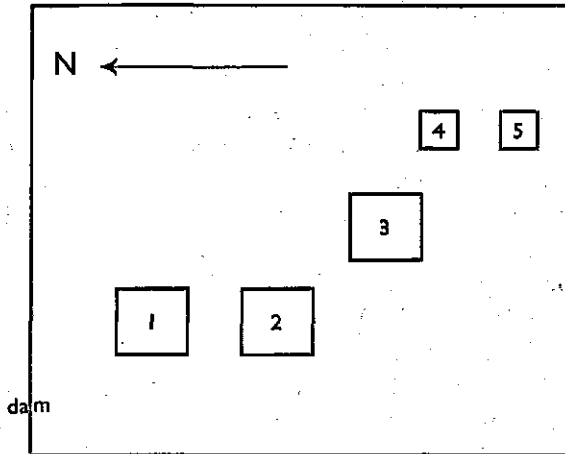
kalk-gehalte van bijna 1 % heeft gekregen. De gehalten aan klei en humus in den bovengrond zijn vrijwel gelijk gebleven en bedragen resp. plm. 40 % en 2,0 à 2,4 %. Tengevolge van de omzetting is onder de bouwvoor een laag van 19 tot 50 cm gekomen, die 5 à 7 % koolzure kalk bevat, terwijl vòòr de omzetting in dezelfde laag geen koolzure kalk voorkwam. Door in het vervolg iets dieper, bijv. tot 25 cm, te ploegen, zal het mogelijk zijn ook het gehalte aan koolzure kalk van den bovengrond nog aanmerkelijk te verhoogen. Vóór de omzetting bedroeg het kleigehalte van de laag van 19—50 cm 46 à 51 %. Nà de omzetting is dit gehalte 34 à 44 %. Het kleigehalte is dus iets gedaald, hetgeen eerder als een voordeel dan als een nadeel beschouwd moet worden, zooals bij het perceel van den Heer SEBENS is opgemerkt. Het humusgehalte van de laag van 19—50 cm bedraagt nà de omzetting gemiddeld 0,8 % tegen ruim 1 % vóór de omzetting. Dit gehalte is dus ook iets gedaald. Het zal misschien met het oog op de structuur van deze laag aanbeveling verdienen te trachten dit gehalte eenigszins op te voeren. Alles bijeengenomen heeft de omzetting ook op dit perceel het bodemprofiel inderdaad zoodanig gewijzigd, als verwacht werd (zie blz. 794).

Reeds einde Mei 1937 zijn op dit perceel een drietal grondwaterstands-buizen geplaatst ten einde de invloed van de omzetting op de waterbeweging in den grond en op den stand van het grondwater te bestudeeren. Deze grondwaterstands-buizen ter lengte van 1,50 m zijn geplaatst ongeveer 6 m ten oosten van drainreeks 3 en wel één op het niet omgezette perceelsgedeelte en twee op het omgezette perceelsgedeelte nl. één op het noordeinde met lichter grond en één op het zuideinde hiervan met iets zwaarder grond. Op schetsteekening 2 is de plaats van deze grondwaterstands-buizen met een cirkeltje en de nummers 1, 2 en 3 aangegeven. De grondwaterstanden in deze buizen zijn dagelijks opgenomen gedurende de maanden Juni 1937 tot en met April 1938. Een bespreking van deze waarnemingen vindt in Hoofdstuk V, blz. 827, plaats.

Op 24 April 1937 zijn op dit perceel suikerbieten ingezaaid. De structuur van den grond was tegen den zaaitijd zeer goed. Het omgezette perceelsgedeelte is tweemaal voorgeëgd en éénmaal voorgerold. Als bemesting is gegeven 500 kg superfosfaat en 500 kg kalkammonsalpeter. De opkomst van de bieten was goed en regelmatig, hoewel op het omgezette stuk egaler en iets beter. Omstreeks half Juli was dit verschil nog duidelijker te zien. Bijzonderheden omtrent ziekte en onkruid vallen niet te vermelden. 4 October 1937 is met het rooien van de bieten begonnen. Het leek toen, alsof de bieten op het omgezette perceelsgedeelte een mooieren penwortel hadden dan op het niet omgezette perceelsgedeelte. Deze laatste was kort met veel vertakkingen, terwijl eerst genoemde langer was, met zoo goed als geen vertakkingen,

van boven dik en in een mooie punt uitlopend. Vandaar dat de bieten op het omgezette perceelsgedeelte zwaarder leken te zijn dan op het niet omgezette perceelsgedeelte. In overleg met den Rijkslandbouwconsulent voor Noordelijk Groningen, Ir. G. VEENSTRA, zijn daarom op dit perceel enkele plekken uitgezet, om uit de bieten van deze plekken enkele monsters te nemen voor onderzoek op gewicht en suikergehalte.

Deze plekken waren zoo gelegen, als in figuur 5 is aangegeven.



Figuur 5

Plek 1 en 5 lagen op het niet omgezette gedeelte en de plekken 2, 3 en 4 op het omgezette gedeelte. De plekken 1, 2 en 3 waren elk 1 are groot en de plekken 4 en 5 elk 5/6 are. Op 14 October 1937 zijn de bieten op deze plekken geroid. De Heer F. MULDER, assistent van den Heer VEENSTRA, heeft het gewicht van de bieten van elke plek bepaald en heeft er daarna monsters van genomen voor onderzoek op suikergehalte. Het onderzoek van de bieten heeft het volgende resultaat opgeleverd.

Plek	Behandeling	Aantal bieten per are	Kg bieten per are	Gemiddeld gewicht per biet in grammen	Loof kg	Suikergehalte in %
1	niet omgezette . . . . .	613	541	883	409	17,7
5		554	481	868	292	16,9
2	omgezette . . . . .	654	575	879	384	17,4
3		655	581	887	—	17,9
4		637	560	879	349	17,1
Gemiddeld	niet omgezette . . . . .		511	876	—	17,3
	omgezette . . . . .		572	882	—	17,5

Uit deze cijfers blijkt, dat het omgezette perceelsgedeelte ruim 10 % meer opbrengst heeft gegeven. De opbrengst van het geheele perceel bedroeg 37 700 kg bij 83,5 are gemeten land, dus per are 451,5 kg. Het gemiddelde gewicht per biet op het omgezette gedeelte verschilde nagenoeg niet van dat op het niet omgezette gedeelte. Ook in het suikergehalte viel geen verschil waar te nemen. In de loofopbrengst was geen lijn te ontdekken.

Nà het rooien van de bieten is het land geploegd. Hierbij viel niet veel bijzonders op te merken. Het omgezette gedeelte ploegde niet zoo stevig als het niet omgezette, dus nu juist niet gemakkelijker.

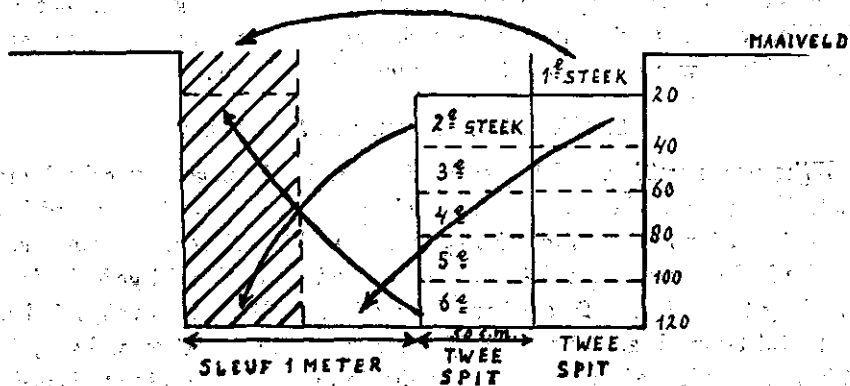
Op 11 Maart 1938 zijn op het perceel groene erwten gezaaid. Met het schoffelen van de erwten werd opgemerkt, dat de grond van het omgezette gedeelte lossier was dan van het niet omgezette gedeelte.

### 3. *Perceel J. WASSENAAR te Marsum*

*Wijze van omzetting.* Het gescheurde gedeelte is nagenoeg geheel omgezet. Alleen aan de Menaldumer vaart-zijde en langs de west- en noordsloot is een strook ter breedte van 2 à 2½ m onbewerkt gebleven. Het omgezette gedeelte had dus een oppervlakte van ongeveer 70 are. Van dit gedeelte is de bovenlaag ter dikte van 20 cm bovenlaag gebleven. De daarop volgende laag van 20 tot 80 cm is zoo diep mogelijk naar beneden gewerkt en wel zoo, dat het bovenste gedeelte het verst naar beneden kwam te liggen op 1 m 20 beneden het maaiveld. De laag van 80 tot 120 cm is naar boven gehaald, zoodanig dat het meest onderste gedeelte bovenop kwam te liggen. Deze laag is daarna bedekt met de 20 cm dikke bovenlaag. De grond van deze bovenlaag is met een weinig grond van het meest onderste gedeelte bestrooid.

De omzetting heeft op een iets andere wijze plaats gehad dan bij de twee andere perceelen uiteengezet is. Begonnen is aan de oostzijde van het perceel. Aan deze zijde is aan den noordkant weer een sleuf of put gegraven van 1,20 m diep, 1 m breed en over een lengte van een derde gedeelte van deze zijde (ongeveer 34 m), waarbij de om te zetten lagen apart gehouden zijn. Een ploeg van 3 man heeft nu steeds de bovenste twee steek (0—20 en 20—40 cm) ter breedte van twee spit (45 à 50 cm) verwerkt. Deze ploeg is aan het eene uiteinde van de sleuf begonnen. Als deze ploeg een eindje was gevorderd, begon een tweede ploeg van 3 man de volgende twee steek (40—80 cm) ter breedte van twee spit te verwerken. Als deze tweede ploeg een eindje gevorderd was begon een derde ploeg van 3 man de derde twee steek (80—120 cm) ter breedte van twee spit te verwerken. Als een ploeg aan het andere uiteinde van de sleuf gekomen was, begon zij weer aan het eerste uiteinde. Op deze wijze werkten de drie ploegen steeds achter elkaar aan. Er waren dus voor een sleuf drie ploegen aan het werk, die elk een laag grond van twee steek diep

verwerkten. Nadat de eerste sleuf op diepte gegraven was, is de bovenste steek van 0—20 cm ter breedte van twee spit over dezen put heen op een hoop geworpen. Daarna is de tweede steek onder in de gegraven sleuf van 1 m breed gedeponereerd. Daar deze tweede steek natuurlijk ook twee spit breed was (45 à 50 cm), werd de sleuf maar voor de helft opgevuld. Op den tweeden steek kwam de derde, op den derden de vierde, enz., terwijl de zesde steek (100—120 cm) boven op kwam van 20—40 cm. Op dezen zesden steek kwam nu de bovenste steek (0—20 cm) van de volgende twee spit grond. Figuur 6 moge de wijze van werken nog even verduidelijken.



Figuur 6

De sleuf werd steeds twee spit breder, maar daar ook een breedte van twee spit van de sleuf werd opgevuld, bleef de breedte van de sleuf vrijwel gelijk. De bovenste steek moest dus steeds over een put van 1 m breed worden geworpen. Daar de sleuf één meter breed was en slechts de helft er van opgevuld werd, zakte de losse grond naar voren, zoodat de sleuf van onderen smaller dan een meter werd. Om nu te voorkomen, dat de sleuf van onderen te smal werd, liet men nu en dan vanaf den derden of vierden steek een dammetje ter breedte van  $\pm 5$  cm staan, waarachter de grond gedeponereerd werd. Aldus verkreeg men weer een sleuf van vier spit breed. Het dammetje werd daarna verbrokeerd. Bij de werkwijze zooals die op de twee voorgaande perceelen is toegepast, werd de sleuf steeds geheel en geleidelijk opgevuld. Op boven beschreven wijze verplaatste de eerste sleuf zich over het geheele perceel. Nadat de eerste sleuf zich over eenigen afstand verplaatst had, is aan de oostzijde een tweede sleuf gegraven eveneens ter lengte van ongeveer 34 m en 1 m breed. Ook bij deze sleuf zijn 3 ploegen elk van drie man te werk gesteld, zooals bij de eerste sleuf. Nadat ook deze sleuf zich over eenigen afstand verplaatst had, is aan de oostzijde nog een derde sleuf van dezelfde afmetingen als de beide



anderen gegraven, waarbij ook 3 ploegen elk van drie man tewerkgesteld zijn. Aldus verplaatsten zich parallel aan elkaar drie sleuven over het geheele perceel. Ter verduidelijking hiervan zijn op schetsteekening 4 op blz. 801 deze sleuven aangegeven. Wanneer men met een sleuf aan de andere zijde van het perceel gekomen was, moest ter opvulling van deze laatste sleuf de grond, die bij het graven van de eerste sleuf aan de oostzijde op afzonderlijke hoopen was gedeponeerd, heelemaal hierheen vervoerd worden. Ondanks den hoogen waterstand in de omringende slooten en de vrij vele regens tijdens de omzetting, kwam er geen grondwater in de sleuven en bleven deze droog (zie blz. 828 en noot 33). De om te zetten grond was dan ook zeer vast en dicht van structuur. Vooral het westelijk gedeelte van het perceel, dat veel zwaarder was dan het oostelijk gedeelte, was zeer moeilijk om te zetten. De stugge laag moest hier met een houweel los gemaakt worden.

*Kosten van omzetting.* Het aantal tewerkgestelden, dat aan de omzetting heeft gewerkt, was niet constant. Gemiddeld zal het 30 man bedragen hebben. In de laatste week van Februari 1937 is met de omzetting begonnen en het heele werk heeft ongeveer 4 weken geduurd. In dezen tijd is in het geheel ongeveer 8400 m<sup>3</sup> grond verzet. De kosten van deze omzetting hebben bedragen: arbeidslonen f 1202,71, regenvergoeding f 46,80, vorstvergoeding f 58,80, brandstoftoeslag f 112,81, dus totaal f 1421,12. Hierbij komt nog f 60,— voor rentezegels en ongeveer f 36,— voor ongevallen- en ziekteverzekering. Daar het geheele werk onder toezicht van de Nederlandsche Heide-Maatschappij is uitgevoerd, moest bovendien nog betaald worden aan: loon enz. voorwerker f 130,87, huur materiaal en keet f 32,—, kosten toezicht plus aandeel algemeen kosten f 97,14, schrijfkosten enz. f 2,78, totaal f 262,79.

De kosten aan loon en toezicht voor het geheele omgezette gedeelte kwamen dus op gemiddeld 17 cent per m<sup>3</sup>.

In de kosten van de arbeidslonen, regenvergoeding, vorstvergoeding en brandstoftoeslag werd door het Rijk 100 % subsidie betaald. De verdere kosten van de omzetting zijn betaald door de Friesche Maatschappij van Landbouw en het Rengers Fonds. De heele omzetting heeft den Heer WASSENAAR dus niets gekost, alleen draagt hij het risico van de omzetting.

*Resultaat van de omzetting.* Op 29 April 1938 zijn op een zestal plekken op het omgezette gedeelte grondmonsters genomen, ten einde ook op dit perceel de verandering na te gaan, die het bodemprofiel door de omzetting had ondergaan. Deze 6 plekken zijn op schetsteekening 4 met een kruisje aangegeven. De grondmonsters zijn genomen van de lagen van 0—20 cm, 20—40 cm en 40 tot 60 cm, dus van den bovengrond van 0—20 cm, die op zijn plaats gebleven is, en van de naar bovengebrachte, 40 cm dikke, koolzure kalk-houdende

laag. De laag van 20—40 cm is het onderste gedeelte van deze laag, die volgens het omzettingsplan het verst naar boven zou komen. De laag van 20—40 cm moet dus de meeste koolzure kalk bevatten. Bij de bemonstering bleek de bovengrond dusdanig hard te zijn, dat de boor over de eerste 20 cm met een hamer in den grond geslagen moest worden. Beneden deze 20 cm was de boor in den grond te drukken, al ging dit vrij moeilijk. De verkregen grondmonsters zijn op hun granulaire samenstelling en zuurgraad onderzocht. De volgende tabel bevat het resultaat van dit onderzoek.

N <sup>o</sup> . B.	Plek	Diepte van de laag in cm	De droge stof bevat in procenten:				Zuurgraad (pH)
			CaCO <sub>3</sub>	humus (elem.)	klei	zand	
13260	1	0—20	1,8	6,7	44,6	40,9	6,9
13261		20—40	7,7	1,6	41,7	49,0	7,1
13262		40—60	4,5	0,6	48,0	46,0	7,3
13263	2	0—20	0,2	8,3	44,6	46,9	6,6
13264		20—40	7,6	1,7	36,9	53,8	7,2
13265		40—60	5,6	1,0	45,0	48,4	7,5
13266	3	0—20	3,6	4,1	53,2	39,1	6,9
13267		20—40	4,7	0,3	61,4	33,6	7,0
13268		40—60	0,8	1,2	66,0	32,0	7,0
13269	4	0—20	0,1	8,0	56,1	35,8	6,6
13270		20—40	2,8	1,9	65,0	30,3	7,0
13271		40—60	3,3	1,3	65,6	29,8	7,2
13272	5	0—20	1,3	7,0	58,7	33,0	6,9
13273		20—40	4,7	1,6	66,1	27,6	7,3
13274		40—60	3,4	1,3	70,5	24,8	7,3
13275	6	0—20	0,9	7,0	54,6	37,5	6,7
13276		20—40	2,5	2,3	63,7	31,5	6,9
13277		40—60	1,0	0,7	68,2	29,1	7,2

Bij de omzetting is de grond van de bovenlaag van 0—20 cm, die op zijn plaats is gebleven, met een weinig grond van het meest onderste gedeelte van het omgezette grondprofiel bestrooid. Aan de cijfers uit bovenstaande tabel is dit wel te zien. Bevatte de bovengrond vóór de omzetting geen koolzure kalk, na de omzetting blijkt er meer of minder koolzure kalk in voor te komen, al naar gelang er meer of minder ondergrond doorheen gekomen is. Op plek 3 was de bovengrond met veel ondergrond vermengd (CaCO<sub>3</sub>-gehalte 3,6 %). Op plek 4 daarentegen kwam in den bovengrond zoo goed als geen ondergrond voor (CaCO<sub>3</sub>-gehalte 0,1 %). Op de andere plekken was de bovengrond met

iets ondergrond vermengd. De bovengrond bestond dus uit grond zonder koolzure kalk en kluiten ondergrond met koolzure kalk. Beide gronden waren op het tijdstip van de bemonstering nog niet innig met elkaar vermengd en de kalk van de koolzure kalk had nog niet op den koolzure kalk-vrijen grond ingewerkt. Vandaar dat de bovengrond, hoewel er koolzure kalk in voorkomt, slechts een pH-waarde van 6,6 à 6,9 bezit. Op den duur zal deze waarde evenwel stijgen. De gehalten aan klei en humus in den bovengrond zijn vrijwel gelijk gebleven. Aan de oostzijde is het omgezette perceel (zie kuil I en plekken 1 en 2) iets minder zwaar dan op het overige gedeelte. De tweede laag van 20—40 cm bevat, zooals te verwachten was, de meeste koolzure kalk met uitzondering van plek 4. Op de plekken 1 en 2 bedraagt dit gehalte ruim 7 %. Dit gehalte, hoewel op zich zelf beschouwd vrij hoog, is toch aanzienlijk minder dan in de diepste laag bij kuil I (100—120 cm) is gevonden nl. ruim 15 %. Ook de laag van 80—100 cm van dezen kuil bevatte meer koolzure kalk nl. 10 %. Het maakt den indruk, dat de grond niet tot 120 cm is omgezet of dat de koolzure kalk-houdende grond nogal met niet koolzure kalk-houdende grond is vermengd, hetgeen bij de gevolgde werkwijze van omzetten gemakkelijk mogelijk was. De derde laag van 40—60 cm op de plekken 1 en 2 bevat ook nog behoorlijk wat koolzure kalk (4,5 à 5,5 %). De tweede laag op de vier andere plekken bevat minder tot vrij wat minder koolzure kalk dan die op de plekken 1 en 2 nl. van 2,5 tot 4,7 %. Hierbij is te bedenken, dat de koolzure kalk op het omgezette perceel van oost naar west op steeds grootere diepte onder het maaiveld voorkwam. Vandaar ook dat op de plekken 3 en 6 in de derde laag van 40—60 cm slechts ongeveer 1 % koolzure kalk aanwezig is.

Op de plekken 1 en 2 komt na de omzetting onder den bovengrond een lichtere kleigrond voor dan vóór de omzetting, hetgeen, zooals reeds is opgemerkt, eerder als een voor- dan als een nadeel is te beschouwen. Bedroeg het kleigehalte in de laag van 20—40 cm vóór de omzetting ongeveer 53 %, na de omzetting is dit gehalte ongeveer 40 %. Voor de laag van 40—60 cm zijn deze gehalten resp. 65 % en 47 %. Ook op de vier andere plekken komt na de omzetting onder den bovengrond een lichtere grond voor dan vóór de omzetting, ofschoon het verschil niet zoo groot is als op de plekken 1 en 2. Vóór de omzetting was reeds gebleken, dat het geheele bodemprofiel van het westelijke gedeelte van het omgezette perceel tot 120 cm uit zeer zware klei bestond, zoodat ook geen groote verschillen in het kleigehalte op deze plekken ten gevolge van de omzetting te verwachten waren.

De omzetting heeft dan ook, wat de verandering in het bodemprofiel betreft, wel aan de verwachting beantwoord.

Einde Augustus 1937 zijn ook op dit omgezette perceel een tweetal grondwaterstandsbuizen geplaatst. Deze buizen zijn geplaatst op 8½ en 19 meter

uit de noordsloot en ongeveer 22 meter uit de oostzijde. Op het oostelijk van het omgezette gedeelte gelegen grasland, dat vóór de omzetting met het omgezette gedeelte één geheel vormde en dus als het niet omgezette gedeelte kan beschouwd worden, zijn eveneens enkele grondwaterstandsbuizen geplaatst ongeveer op denzelfden afstand uit de noordsloot. De plaatsen der grondwaterstandsbuizen zijn op schetsteekening 4 op blz. 801 met een cirkeltje aangegeven. De grondwaterstanden in deze buizen zijn dagelijks opgenomen gedurende de maanden September 1937 tot en met April 1938. Een bespreking van deze waarnemingen vindt in Hoofdstuk V, blz. 828, plaats.

In de maand Mei 1937 is het omgezette gedeelte met lucerne ingezaaid. Het zaad was vooraf met bacteriën geënt. Behalve de lucerne ontwikkelde zich buitengewoon veel onkruid op het perceel en voornamelijk onkruiden, die voor de omzetting niet in het grasland voorkwamen, namelijk veel muur en herderstaschje. Het gewas lucerne ontwikkelde zich uitstekend. In Juli vertoonden zich in de lucerne hier en daar gele plekken. Grondmonsters genomen van de bouwvoor op de gele plekken en op de gezonde plekken toonden bij onderzoek aan, dat het verschil in stand van de lucerne niet toegeschreven kon worden aan een verschil in zuurgraad of koolzure kalk-gehalte van den grond. Misschien waren de gele plekken een gevolg van onvoldoende menging van het zaad met het entmateriaal, waardoor aanvankelijk een te geringe knolletjesontwikkeling plaats vond. Later in het jaar verdwenen de zieke plekken. Hoewel in het voorjaar 1938 de lucerne flink is geëgd, is de ontwikkeling van het herderstaschje in 1938 beangstigend. De lucerne zelf ontwikkelde zich ook in dit jaar uitstekend.

Het perceel is door de omzetting droger geworden. Alleen in het midden zou volgens den Heer WASSENAAR een gedeelte voorkomen, dat natter was en waar plassen op den grond bleven staan. Vermoedelijk zou het land wel gedraineerd worden, als het zich gezet had.

Afgewacht zal dienen te worden, hoe het land zich verder tengevolge van de omzetting gedragen zal.

## HOOFDSTUK V

**Waarnemingen betreffende de doorlatendheid van den grond voor water van de onderzochte perceelen en betreffende de grondwaterstanden in het omgezette en het niet omgezette gedeelte van deze perceelen**

### *A. Doel van het doorlatendheidsonderzoek en van de grondwaterstandsmetingen*

Zooals reeds op blz. 786 is medegedeeld, is van de verschillende perceelen, waarop een proef met het omzetten van den knikgrond genomen zou worden,

de doorlatendheid van den grond voor water op een groot aantal plekken nagegaan.

De bedoeling van deze bepalingen is in de eerste plaats geweest, de doorlatendheid van den grond vóór de omzetting en daarmee dus tevens de structuur vóór de omzetting — zij het dan ook slechts in één enkel opzicht — vast te leggen. Door op geregelde tijden na de omzetting deze bepalingen tot dezelfde diepte te herhalen, is dan na te gaan, in welke mate de ligging en de structuur van den grond in verloop van tijd veranderen. Bij de omzetting is de koolzure kalk-vrije kniklaag of knikkige laag naar onderen gebracht. Door het vergraven van deze laag is althans voorloopig een grove brokkenstructuur verkregen, zoodat deze laag voorloopig wel goed doorlatend zal zijn. Men kan zich nu afvragen, in hoeveel tijd deze grond zich weer in de oorspronkelijke dichte structuur zal gezet hebben, in welk stadium een intensieve drainage noodig zal zijn; en dit ook in het geval, waarin in den oorspronkelijken toestand, geen intensieve drainage ten gevolge van een goed doorlatenden ondergrond noodig was, zooals bij het perceel te Nieuwolda. Heeft de kniklaag zich weer in de oorspronkelijke structuur gezet, dan zal de watervoerende laag, waardoor het water zijwaarts naar de drains moet afvloeien, aan den onderkant begrensd worden door den bovenkant van de vergraven kniklaag en dus betrekkelijk dun zijn, daar deze bovenkant reeds op 60 cm onder het maaiveld begint.

De verandering van de structuur van de vergraven kniklaag of knikkige laag komt niet alleen tot uiting in de doorlatendheid voor water, maar is ook na te gaan door het bepalen van grondwaterstanden, in verband met debietmetingen van drains. Dergelijke waarnemingen moeten dan evenwel in voldoende herhalingen geschieden, hetgeen hier om verschillende redenen niet mogelijk was. Aangezien aan de ontwateringssystemen bij de omzetting niets is veranderd, zullen de grondwaterstandsmetingen op de niet en wel omgezette gedeelten moeten kunnen aangeven, hoe de doorlatendheid van de niet en wel omgezette gedeelten zich verhoudt en welke veranderingen hierin in verloop van tijd optreden. Hierbij moeten natuurlijk op beide gedeelten zooveel mogelijk overeenkomstige plekken worden uitgekozen, zooals midden tusschen, of op denzelfden afstand van de drains; op een niet te geringen afstand uit een sloot, enz.

### B. *Het doorlatendheidsonderzoek*

#### 1. De wijze van uitvoering van het onderzoek en enkele gegevens

De bepalingen van de doorlatendheid van den grond voor water zijn verricht met behulp van de z.g. boorgatenmethode (22). Deze methode komt in

het kort hierop neer, dat in boorgaten van 10 à 20 cm inwendige doorsnede de stijgsnelheid van het grondwater bepaald wordt, wanneer dit er eerst tot een bepaalden stand is uitgepompt. Uit deze stijgsnelheden en in verband met verdere gegevens kunnen dan de doorlaatfactoren berekend worden. Hier zijn deze bepalingen slechts bij één diepte van het boorgat verricht, zoodat alleen de doorlatendheid van de laag tusschen den bodem van het boorgat en den grondwaterstand in het boorgat vóór het leegpompen bepaald is.

De doorlaatfactoren geven de hoeveelheid water in meters per 24 uur aan, die door de betreffende laag zou vloeien, wanneer het verval één zou zijn. De grond kan of practisch ondoorlatend of uiterst doorlatend genoemd worden al naar gelang van de grootte van den doorlaatfactor. In de onderstaande tabel is een indeeling van de gronden naar de doorlatendheid gegeven. *Men bedenke echter wel, dat de ontwateringsbehoefte van een perceel behalve van de doorlatendheid van den grond van meerdere factoren afhangt (24).*

*Indeeling van de gronden naar de doorlatendheid*

Doorlaatfactor	Benaming
kleiner dan 0,001 m per 24 uur. . . .	practisch ondoorlatend
van 0,001— 0,01 " " 24 " . . . .	van practisch ondoorlatend tot zeer slecht doorlatend
" 0,01 — 0,1 " " 24 " . . . .	van zeer slecht tot slecht doorlatend
" 0,1 — 1,0 " " 24 " . . . .	van slecht tot tamelijk goed doorlatend
" 1,0 — 5,0 " " 24 " . . . .	van tamelijk goed tot goed doorlatend
" 5,0 —10,0 " " 24 " . . . .	van goed tot zeer goed doorlatend
grooter dan 10,0 " " 24 " . . . .	van zeer goed tot uiterst goed doorlatend

## 2. Bespreking van de doorlatendheidsbepalingen

### *a. Perceel bij GEBRS. KREMER te Oldehove*

Op dit perceel is in een 18-tal boorgaten (zie schetsteekening 1 op blz. 788) de doorlatendheid van den grond bepaald. De resultaten van deze bepalingen zijn in tabel VI op blz. 849 weergegeven. De metingen werden verricht in Augustus 1936.

Uit tabel VI volgt, dat de doorlatendheid van plek tot plek weinig uiteenloopt, afgezien dan van één plek (N<sup>o</sup>. 15), waar deze doorlatendheid wat grooter is en welke plek bij de berekening van de gemiddelde doorlatendheid dan ook buiten beschouwing gelaten is. Deze gemiddelde doorlatendheid is verder omgerekend op een temperatuur van het grondwater van 5° C, d.w.z. op de gemiddelde temperatuur van het grondwater vanaf den laten herfst tot het

vroege voorjaar, welke periode voor de ontwatering van het meeste belang is. De doorlaatfactor bij deze temperatuur van het grondwater bedraagt dan 0,03 m per 24 uur (25). De grond in de laag van gemiddeld 46—102 cm onder maaiveld blijkt dus zeer slecht doorlatend te zijn.

Zou men een dergelijken, zeer slecht doorlatenden, grond willen dreineren, zoodanig dat de drains 1 m onder het maaiveld liggen, dat er — bij een goede verzorging van de drainsleuf — geen water boven de drains staat, dat midden tusschen de drains de grondwaterstand 50 cm onder het maaiveld staat en dat dan door de drains 5 mm regen per 24 uur werd afgevoerd (26), dan zou, wanneer de grond dieper dan gemiddeld 110 cm beneden het maaiveld ondoorlatend was, de drainafstand (= 2 e) moeten bedragen:

$$S = \frac{k (H_0^2 - h_0^2)}{e^2} \text{ of } 0,005 = \frac{0,03 (0,36 - 0,01)}{e^2}$$

of  $e = 1,4$  en de drainafstand 2,8 m.

Behoudt de grond echter tot groote diepte een doorlatendheid van 0,03 m per 24 uur en worden drains van 7 cm uitwendige doorsnede gebruikt, dan kan worden berekend (27), dat bij dezelfde eischen aan de ontwatering, de drainafstand 4,8 m zou moeten bedragen. De juiste drainafstand zal wel tusschen deze beide waarden 2,8 m en 4,8 m inliggen, daar waarschijnlijk geen van de beide veronderstellingen volkomen juist zal zijn. Een dergelijke afstand komt in den landbouw niet voor. Het spreekt dus vanzelf, dat drainagepogingen bij dergelijke zeer slecht doorlatende gronden, waarbij grootere drainafstanden zijn gebruikt, een onbevredigend resultaat moeten geven. Hierbij kan nog worden opgemerkt, dat, wil men een dergelijk land dreineren, men bovendien de uiterste zorg moet besteden aan de doorlatendheid van den grond in de drainsleuven (28).

Het is dan ook jammer, dat dit perceel niet is omgezet, daar het van groot belang is te weten, hoe de doorlatendheid van de vergraven kniklaag in verloop van tijd verandert en tevens of door verbrokkeling van een kniklaag een verbetering in de doorlatendheid van het grondprofiel wordt verkregen, die gedurende een voldoende aantal jaren blijft bestaan, zoodat deze verbrokkeling als een economische verbeteringsmethode van knikgronden in aanmerking komt (zie blz. 829 sub C onder d).

*b. Perceel bij S. A. SEBENS te Nieuwolda*

Op dit perceel zijn een 32-tal boorgaten geboord (zie schetsteekening 3 op blz. 796); in een gedeelte daarvan konden echter door de zeer diepe grondwaterstanden slechts metingen worden verricht. De metingen werden in begin

October 1936 uitgevoerd. De resultaten van de metingen zijn in tabel VII op blz. 850 weergegeven.

Uit tabel VII volgt, dat de doorlatendheid van plek tot plek veel meer verandert, dan dit bij het vorige perceel het geval is. Dit neemt niet weg, dat, wanneer we ook nu den eenen extremen doorlaatfactor bij punt 28 weglaten, de gemiddelde doorlaatfactor met een voldoende zekerheid vaststaat. Deze bedraagt voor de laag van gemiddeld 87—120 cm onder maaiveld 1,8 m per 24 uur bij een temperatuur van het grondwater van 11° C en dus van 1,5 m per 24 uur bij een temperatuur van het grondwater van 5° C, hetgeen op een goede doorlatendheid van deze laag wijst.

Het is jammer, dat in verband met de werkzaamheden verbonden aan de omzetting de bepalingen van de doorlatendheid niet wat later in den tijd zijn uitgevoerd, daar dan de grondwaterstanden waarschijnlijk hooger zouden zijn geweest. Nu zijn cijfers verkregen van een laag (gemiddeld van 87—120 cm onder maaiveld), die naar boven gebracht is, terwijl de doorlaatfactor van de oorspronkelijke knikkige laag onbekend is gebleven.

De doorlaatfactor van deze knikkige laag moet echter zoo groot geweest zijn, dat het water afkomstig van regenbuien (in verticale richting, dus bij een verval één (29) ) tijdig kon worden afgevoerd, daar geen water op het land bleef staan. Een drainage op 35 m onderlingen afstand geeft op dit perceel volgens den Heer SEBENS nog een voldoende ontwatering, hetgeen veroorzaakt moet worden door de goede doorlatendheid van de onder de knikkige laag gelegen laag, die zich tot een grootere diepte dan 120 cm onder het maaiveld moet uitstrekken, zooals door berekening is aan te toonen. Beperkt de doorlatende laag zich immers van 80 tot 120 cm onder het maaiveld en verwaarloozen we de doorlatendheid van de daarboven gelegen laag in horizontale richting, dan zal bij een afvoer van 5 mm per 24 uur, bij een drainafstand van 35 m en een draindiepte van 120 cm, de grondwaterstand midden tussehen de drains, indien geen water boven de drains voorkomt <sup>1)</sup>, moeten bedragen:

$$s = \frac{2kdH_0^2}{e^2} \text{ of } 0,005 = \frac{2 \times 1,5 \times 0,4 \times H_0^2}{17,5^2} \text{ of } H_0 = 113 \text{ cm}$$

of 7 cm onder het maaiveld. Hieruit volgt, dat in dit geval hooge waterstanden in den loop van den winter zouden moeten voorkomen, daar op afvoeren tot 5 mm per 24 uur gerekend moet worden.

Ofschoon we de resultaten van de grondwaterstandsmetingen hierna zullen bespreken, kan hier toch reeds worden opgemerkt, dat volgens deze grondwaterstandsmetingen (zie diagram 1) althans één plek (buis 4) op dit perceel

<sup>1)</sup> De drains zijn in 1931 gelegd, zoodat vermoedelijk nog geen water boven de drains voorkomt.



voorkomt, waar bij grootere neerslagen hooge grondwaterstanden optreden. Op grond hiervan kan men zich afvragen of de drainage op dit perceel wel voldoende is, hetgeen echter volgens den Heer SEBENS wel het geval is (30). Het verschil in grondwaterstand op deze plek en die op de tweede plek (buis 3) op het niet omgezette gedeelte, is overigens wel opvallend. De verklaring hiervan moet echter gezocht worden in het feit, dat laatstgenoemde grondwaterstandsbuis min of meer verstopt geraakt is, ofschoon de buis zelf van goede kwaliteit is en ook met zorg geplaatst. Zooals reeds eerder (31) is opgemerkt, moeten grondwaterstandsbuizen steeds gecontroleerd worden op een goede werking, hetgeen hier is nagelaten. Om nog eens aan te toonen, dat deze buis 3 onmogelijk den juisten grondwaterstand in den grond kan hebben aangegeven, zijn ook de resultaten, in deze buis 3 verkregen, in het diagram 1 verwerkt. Overigens kan worden opgemerkt, dat de doorlatendheid van het gedeelte, waarop de grondwaterstandsbuizen op het niet omgezette gedeelte zijn geplaatst, niet is bepaald. Deze bepaling zal alsnog geschieden, terwijl tevens meer grondwaterstandsbuizen op dit perceel zullen worden geplaatst, ten einde meerdere gegevens over de ontwatering van het niet-omgezette gedeelte te verkrijgen.

Hierbij kan worden opgemerkt, dat de grondwaterstanden tot hoogere standen zijn opgelopen, dan voordien werd aangenomen. Dit is trouwens een algemeen verschijnsel. De grondwaterstand wordt door den grondgebruiker meestal veel lager aangenomen, dan zij in werkelijkheid is.

c. *Perceel bij W. K. VAN DER PLOEG te Westerwijtwerd*

Op dit perceel zijn in totaal in een 15-tal boorgaten (zie schetsteekening 2 op blz. 792) de doorlatendheid van het grondprofiel bepaald. De resultaten van deze bepalingen zijn in tabel VIII op blz. 851 weergegeven. De metingen zijn verricht in October 1936.

Uit tabel VIII volgt, dat, ofschoon in de doorlatendheid schommelingen voorkomen, deze op zich zelf beschouwd niet groot zijn (zie echter ook hieronder). De gemiddelde doorlaatfactor van de laag van 47—104 cm onder het maaiveld bedraagt 0,11 m per 24 uur bij een temperatuur van het grondwater van 9° C en dus van 0,10 m per 24 uur bij een temperatuur van 5° C. De doorlatendheid van deze laag is dus slecht. Opmerkelijk is het, dat voor de noordelijke strook (boorgat 1—5) de kleinste gemiddelde doorlaatfactor bepaald is, nl. gemiddeld rond 0,04 m per 24 uur; het daarop volgende middengedeelte (boorgat 6—10) heeft een gemiddelde doorlaatfactor van 0,10 m per 24 uur en de meest zuidelijke strook (boorgat 11—15) van gemiddeld 0,18 m per 24 uur (alle bij een temperatuur van 9° C). De doorlatendheid neemt dus in de richting

noord-zuid toe en in deze richting wordt de grond ook zwaarder. Dat de doorlatendheid van een zwaarder grond groter is dan van een lichter grond behoeft overigens geen verwondering te wekken. Dit laatste feit komt even vaak voor als het omgekeerde en wordt eenvoudig bepaald door de structuur. Een fijne zandgrond met 7 % slib kan bijv. in een vrijwel structuurlooze ligging reeds praktisch ondoorlatend zijn, terwijl de grond toch maar 7 % klei bevat.

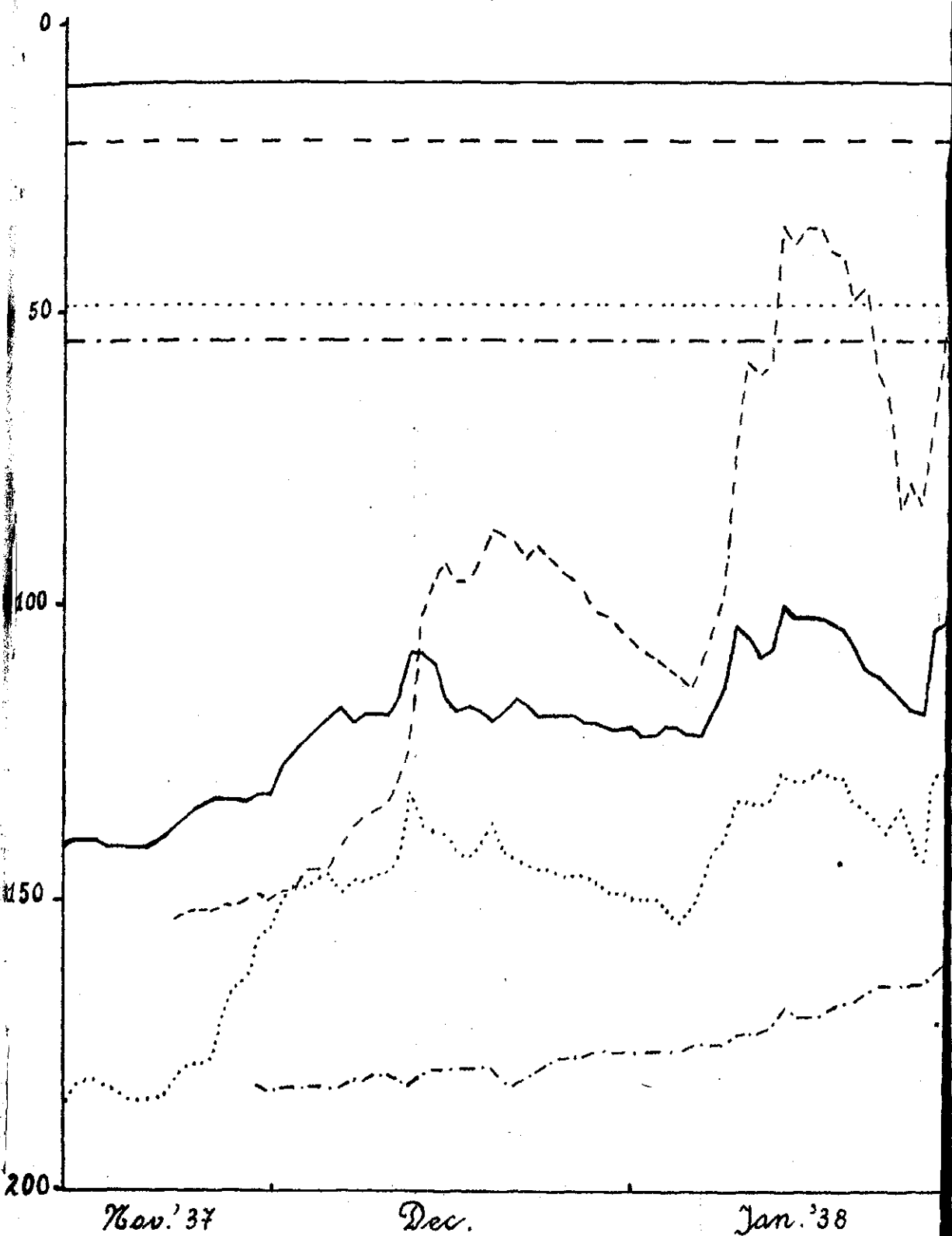
De drainafstand op dit perceel is verschillend, maar kan gemiddeld op rond 18 m gesteld worden, waarbij de zeer korte afstand van sommige drains (1 m) buiten beschouwing gelaten kan worden. De draindiepte is verschillend. De draindiepte van drain 3, die door ons werd nagemeten, bedraagt (nà de omzetting) ongeveer 110 cm (sommige drains moeten op 85 cm diepte liggen); de helling is ongeveer gelijk aan die van het maaiveld. Hoe deze draindiepte vóór de omzetting ten opzichte van het maaiveld precies was, is onbekend; aangenomen zal worden, dat deze diepte ongeveer gelijk is geweest aan de huidige diepte nà de omzetting. We kunnen nu met behulp van de verkregen doorlaatfactoren uitrekenen, hoe groot de afvoer van de drains is, als de grondwaterstand midden tusschen de drains b.v. 30 cm onder het maaiveld staat en zich boven de drains geen water bevindt. Hierbij kan worden aangenomen, dat de grond tot groote diepte dezelfde doorlatendheid behoudt. In geval de doorlaatfactor 0,04, 0,10 en 0,18 m per 24 uur is, bedraagt deze hoeveelheid resp. 1,4; 3,6 en 6,5 mm per 24 uur (27). Alleen de laatste afvoer is voldoende. Waarschijnlijk kwam echter boven de drains wel water voor, waardoor ook op de laatst genoemde plek de ontwatering vóór de omzetting onvoldoende is geweest, hetgeen ook blijkt uit de hooge waterstanden in de boorgaten tijdens de doorlatendheidsbepalingen in 1936.

### C. *De metingen van de grondwaterstanden* <sup>1)</sup>

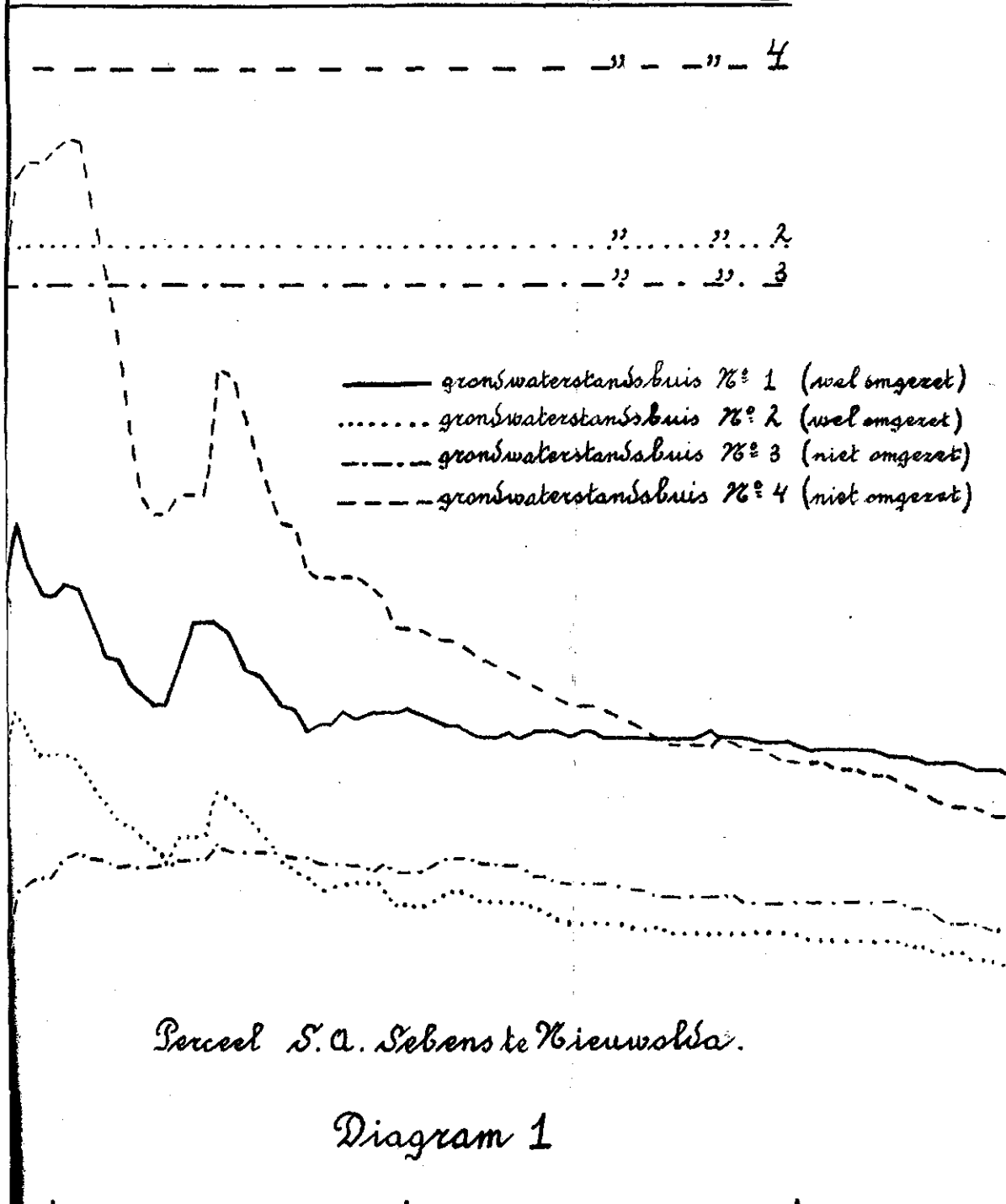
#### a. *Perceel te Nieuwolda*

Op dit perceel zijn een viertal buizen van het gebruikelijke type geplaatst (31) (zie schetsteekening 3). De buizen 1 en 2 staan op het omgezette gedeelte en de buizen 3 en 4 op het naastgelegen niet omgezette gedeelte. De koppen van de buizen zijn gewaterpast ten opzichte van een willekeurig aangenomen nul-vlak en de waargenomen grondwaterstanden zijn ten opzichte van dit nul-vlak omgerekend. De resultaten van de waarnemingen zijn weergegeven in diagram 1.

<sup>1)</sup> Het aantal grondwaterstandsbuizen werd zoo klein mogelijk gehouden om den proefnemer, ten gevolge van de waarnemingen daarvan, zoo min mogelijk te belasten. Uit den aard der zaak kan het daarom hier slechts om het verkrijgen van een globalen indruk gaan.



Maasveld buis 1



Perceel S. A. Sebens te Nieuwolda.

Diagram 1

Febr.

Maart

April

Uit dit diagram blijkt, dat de ligging van het maaiveld ter plaatse van de grondwaterstandsbuizen nogal verschillend is, waardoor het verschil in grondwaterstand ten opzichte van dit nul-vlak voor de buizen 1 en 2 waarschijnlijk geheel moet worden verklaard, daar de draindiepte waarschijnlijk wel overal even diep onder het maaiveld zal zijn, aangezien de helling van de drains wel ongeveer gelijk zal zijn aan die van het maaiveld. Zooals reeds is opgemerkt, is buis 3 verstopt geraakt, zoodat deze verder buiten beschouwing blijft.

Het verloop van den grondwaterstand op het omgezette gedeelte vertoont hetzelfde beeld als het verloop, zooals dit in buis 4 is waargenomen. Dit laatste maakt het waarschijnlijk, indien althans de in deze buis bepaalde grondwaterstanden een juist beeld van den grondwaterstand op het niet omgezette deel in het algemeen weergeven, dat hier — evenals dit op alle andere perceelen het geval is — de grondwaterstand op het omgezette gedeelte lager is dan op het niet omgezette gedeelte. Om hierover meer zekerheid te verkrijgen zullen, zooals reeds op blz. 825 is opgemerkt, meer buizen worden bijgeplaatst en ook nog nieuwe doorlatendheidsonderzoekingen worden verricht.

Uit de hoogste waargenomen waterstanden onder het maaiveld ter plaatse (70 à 80 cm) blijkt verder, dat de ontwatering op het omgezette gedeelte voldoende is. Ter plaatse van buis 4 (niet omgezette gedeelte) komen echter hoge grondwaterstanden voor (12 cm onder maaiveld), terwijl bovendien de schommelingen, die in de grondwaterstanden in verloop van tijd optreden, groot zijn. Het geheel maakt den indruk van onvoldoende beheersching van den grondwaterstand. Volgens den Heer SEBENS is echter ook op deze plek de ontwatering voldoende (zie in dit verband ook noot 30).

#### *b. Perceel te Westerwijtwerd*

Op dit perceel zijn 3 buizen geplaatst en wel buis 1 op het niet omgezette gedeelte en de buizen 2 en 3 op het wel omgezette gedeelte (zie schetsteekening 2). De resultaten van de metingen zijn weergegeven in diagram 2; ook nu zijn de grondwaterstanden onder een willekeurig nul-vlak aangegeven.

Ook op dit perceel blijkt de ligging van het maaiveld bij de 3 buizen nogal verschillend te zijn, waardoor de verschillen tusschen de grondwaterstanden op de 3 plekken voor een groot deel verklaard moet worden. Dit verklaart evenwel niet, waarom de grondwaterstand op het niet omgezette gedeelte (ook ten opzichte van het maaiveld) het hoogst is geweest, nl. tot 17 cm onder het maaiveld, terwijl op het omgezette gedeelte, in de buizen 2 en 3, de hoogste standen maar resp. 37 en 62 cm onder het maaiveld ter plaatse zijn geweest. Dit verschil wijst er veeleer op, dat het omgezette grondprofiel een betere doorlatendheid bezit, dan het oorspronkelijke grondprofiel, welke veronderstelling wordt

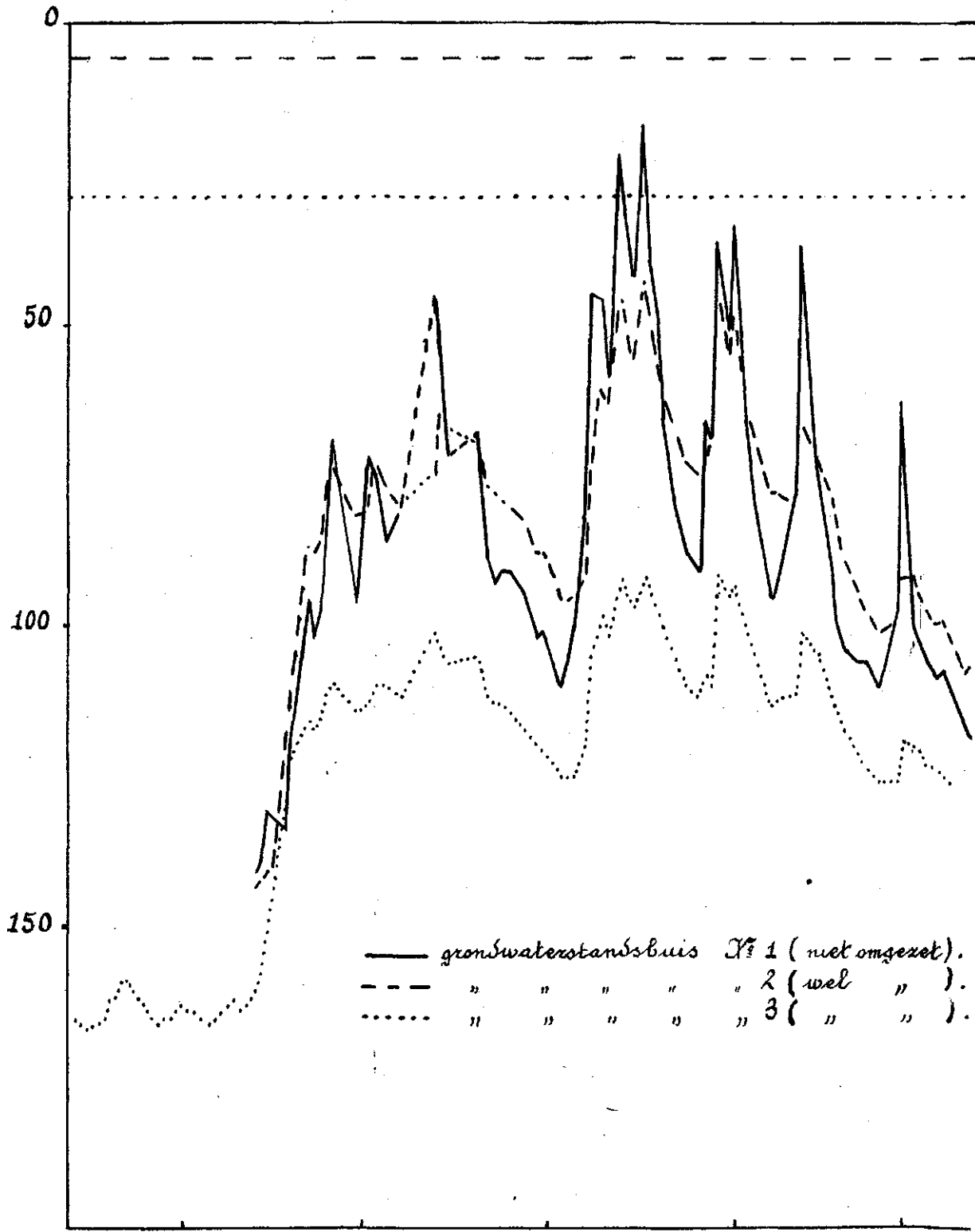
versterkt door het feit, dat op de plek van de grondwaterstandsbuizen op het niet omgezette gedeelte veel sterkere en sneller optredende veranderingen in de grondwaterstanden voorkomen dan op de overeenkomstige plekken op het omgezette gedeelte (zie diagram 2). De plek op het niet omgezette gedeelte maakt geheel den indruk van een onvoldoende ontwaterden grond, die bovendien slechts een klein werkzaam poriënvolume heeft (32) (zie ook blz. 830). Bovengenoemde verschillen zijn het gevolg van een geringere doorlatendheid en een kleiner werkzaam poriënvolume van het niet omgezette grondprofiel ten opzichte van het omgezette grondprofiel. Het kleine werkzame poriënvolume in den oorspronkelijken, niet omgezette toestand, verklaart tevens, waarom tijdens de omzetting, ondanks hooge grondwaterstanden in de boorgaten, zoo weinig water in de werksleuven vloeide (33). Door het kleine werkzame poriënvolume zal bij een geringe wateronttrekking de grondwaterstand reeds sterk dalen, daar bij een daling van den grondwaterstand slechts in een klein deel van de poriën het water door lucht wordt vervangen en het resteerende, grootste gedeelte van de poriën capillair met water gevuld blijft. Ditzelfde feit verklaart ook de scherpe stijgingen in de grondwaterstanden in natte perioden (zie diagram 2).

Beschouwen we tenslotte nog eens de waargenomen grondwaterstanden onder het maaiveld, dan kan worden opgemerkt, dat op het omgezette gedeelte de ontwatering voldoende is; dat daarentegen de grondwaterstanden op het niet omgezette gedeelte naar onze meening te hoog oploopen. Hier is echter volgens den Heer VAN DER PLOEG de ontwatering nog wel voldoende, zoodat vóór de omzetting de ontwatering op het nu omgezette gedeelte door den eigenaar waarschijnlijk ook wel voldoende zal zijn gevonden (34).

#### *c. Perceel te Marsum*

Op dit perceel is een 7-tal grondwaterstandsbuizen geplaatst (zie schets-teekening 4 op blz. 801), waarvan er twee, nl. de nummers 5 en 6, een iets andere constructie hebben, dan die gewoonlijk gebruikt worden. De resultaten van de waarnemingen zijn weergegeven in diagram 3; ook nu zijn de grondwaterstanden ten opzichte van een willekeurig nul-vlak aangegeven.

Uit diagram 3 volgt, dat de verschillen tusschen de grondwaterstanden in de buizen van verschillende constructie, maar overeenkomstig geplaatst, gering zijn, zij het ook, dat deze verschillen vanaf half Februari 1938 grooter worden. De oorzaak van deze verschillen is niet bekend. Het is niet onmogelijk, dat de buizen 5 en 6 iets sneller reageeren op veranderingen in den grondwaterstand dan de overige buizen; mogelijk is ook een andere oorzaak in het spel. In elk geval blijven in de nattere perioden deze verschillen zoo gering, dat zij verwaarloosd kunnen worden.

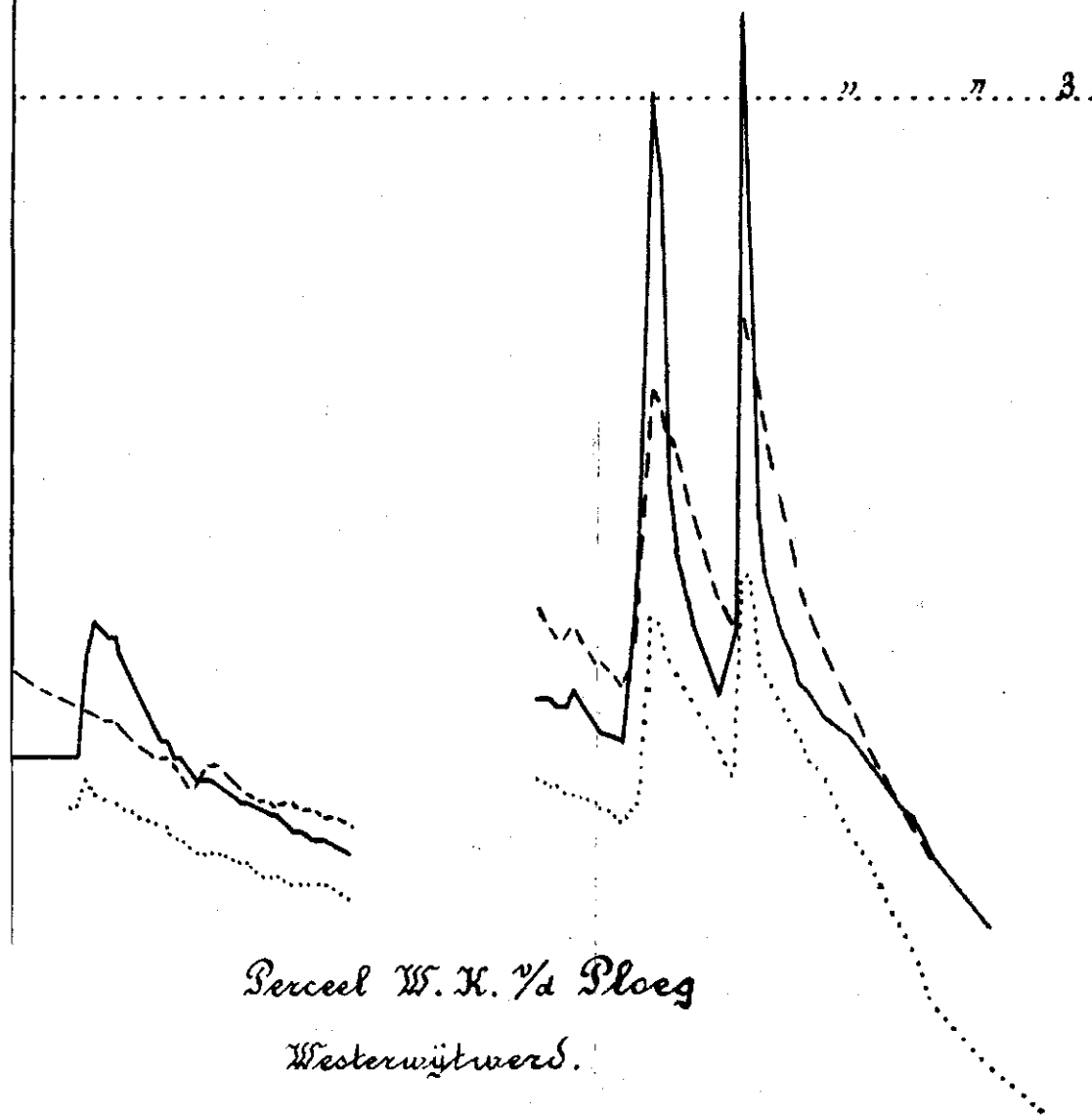


Oct. '37    Nov.    Dec.    Jan. '38    Febr.    1938

Maaivelsbuis 1

" " 2

" " 3



Perceel W. K. 1/2 Bloeg

Westerwijkstraad.

Diagram 2

nt

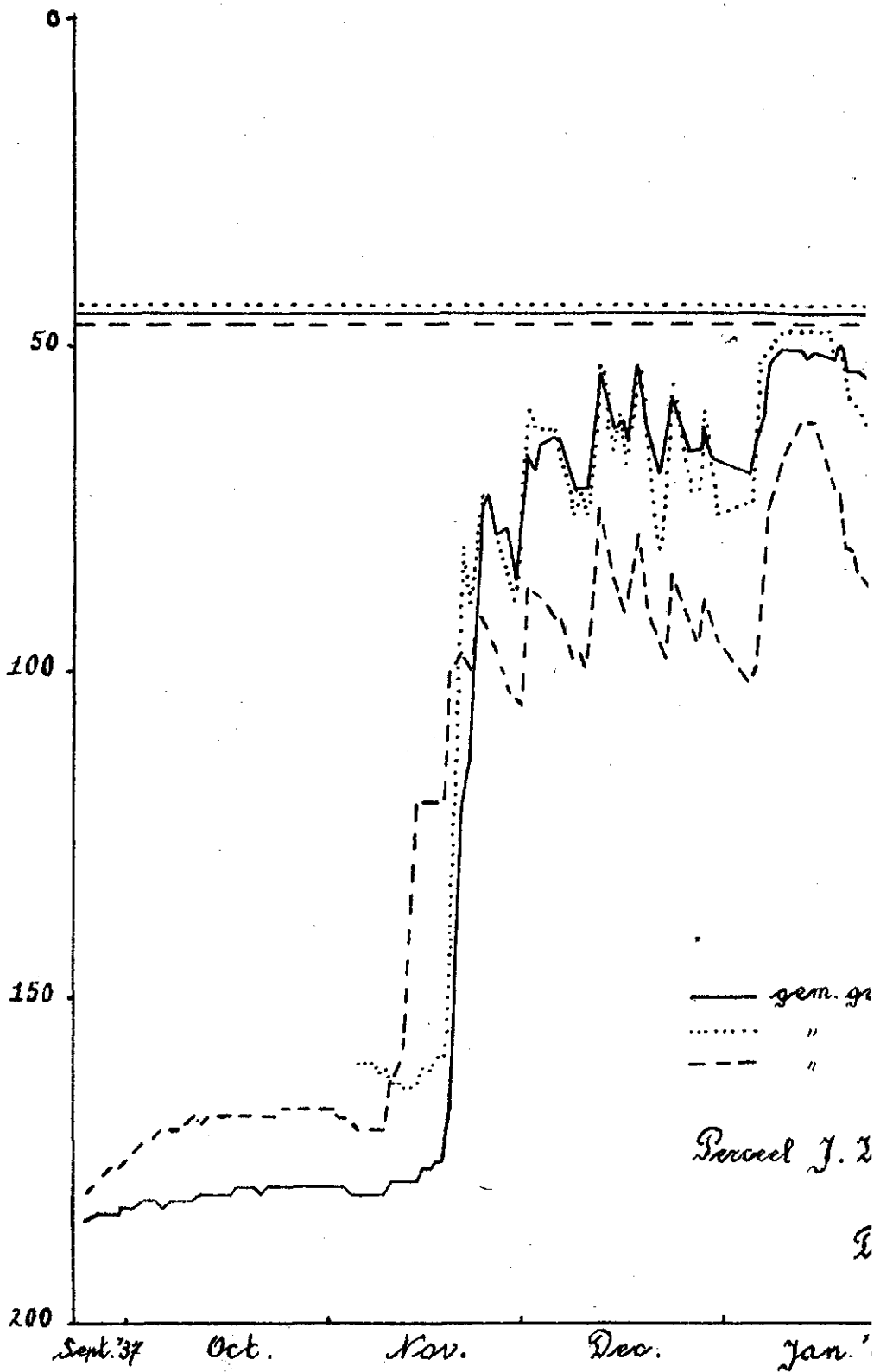
April

Mei

Juni

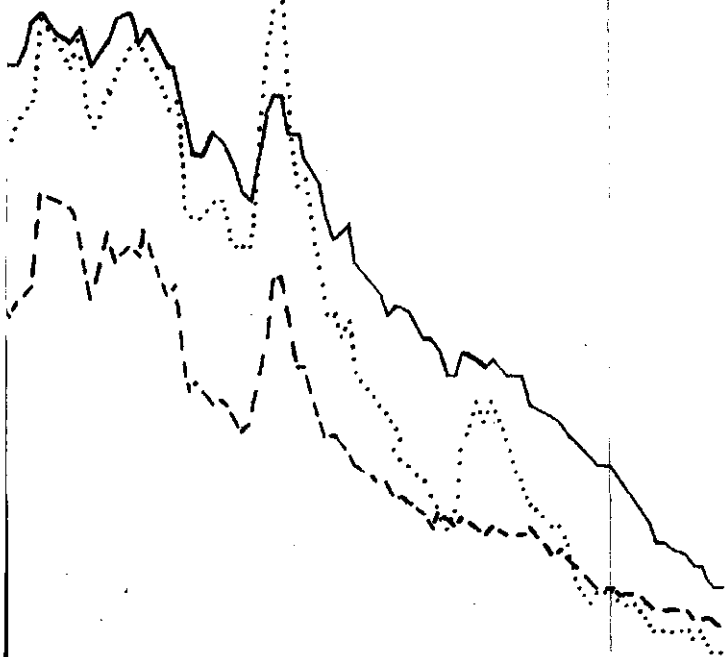
Juli.





gem. maatveld buis

5 en 6  
4 en 7  
1 en 2 (omgezet)



waarderstanden buizen N<sup>o</sup> 3, 4, 7 (niet omgezet)  
" " " 5, 6 (niet omgezet)  
" " " 1, 2 (wel omgezet)

Passenaar te Marossum.

Diagram 3.

8 Febre Maart April

Verder blijkt uit diagram 3, dat de grondwaterstanden op het niet omgezette gedeelte (zie blz. 820) zeer hoog zijn, tot soms 5 cm onder maaiveld. De bestaande ontwatering (er is niet gedraineerd) is hier onvoldoende. Op het omgezette gedeelte is de grondwaterstand duidelijk lager, zoodat de doorlatendheid van het grondprofiel hier grooter moet zijn dan op het niet omgezette gedeelte. De grondwaterstand is echter ook op het omgezette gedeelte nog hoog, zoodat ook hier nog gedraineerd moet worden. Door het ontbreken van doorlatendheidsbepalingen is de drainafstand en diepte hier niet aan te geven. Erg intensief behoeft de drainage hier in verband met de gemeten grondwaterstanden niet te zijn. Een drainafstand van 20 m op een diepte van 1 m zal volgens globale schatting zeker voldoende zijn.

#### *d. Samenvatting*

Uit de grondwaterstandsmetingen is dus gebleken, dat door de omzetting de doorlatendheid van het grondprofiel in geen geval kleiner is geworden en waarschijnlijk voor alle percelen belangrijk is toegenomen. Hoe de doorlatendheid na de omzetting is veranderd, is onbekend. In elk geval zijn er ruim een jaar na de omzetting nog geen teekenen, die er op wijzen, dat de doorlatendheid na de omzetting reeds weer kleiner is geworden. Dit laatste feit is van veel belang en is feitelijk tegengesteld aan hetgeen men gewoonlijk aanneemt. Mogelijk is echter, dat de koolzure kalk-houdende kleilaag, die nu boven op de kniklaag ligt, door afgifte van kalkhoudend water, mede helpt de genoemde brokkenstructuur langer in stand te houden, dan dit zonder deze koolzure kalk bevattende laag het geval zou zijn. Hieruit volgt, dat een eenvoudige verbreking van de kniklaag zonder omzetting mogelijk minder gunstige resultaten zou kunnen hebben.

## HOOFDSTUK VI

### **Verdere onderzoekingen van de verschillende grondlagen van de bemonsterde kullen en beschouwingen betreffende de knikgronden**

#### 1. *Volumegewicht en poriënvolume*

(Tabel IX op blz. 852)

In Hoofdstuk I, blz. 763, hebben wij er op gewezen, dat bij het ontstaan van den knikgrond de uitspoeling van de fijne kleideeltjes misschien een rol zou kunnen spelen. Door het verdwijnen van de koolzure kalk uit de bovenste grondlagen, geraken de fijne kleideeltjes in deze lagen immers gemakkelijk in suspensie en kunnen dan met het zich naar beneden bewegende regenwater naar diepere lagen worden meegevoerd. Op zekere diepte onder het maaiveld, al naar gelang van de omstandigheden, zullen deze kleideeltjes zich dan weder

in de ruimten tusschen de andere gronddeeltjes afzetten. Dit zal ten gevolge hebben, dat de grond op de plaats, waar de kleideeltjes zich afzetten, dichter wordt, hetgeen zich zal moeten uiten in een hooger volumegewicht en een lager poriënvolume.

Teneinde nu iets omtrent de dichtheid van de knikkige grondlagen te weten te komen, zijn van de verschillende grondlagen op de perceelen van GEBERS, KREMER en de Heeren VAN DER PLOEG en SEBENS het volumegewicht en het poriënvolume bepaald.

Nu moet men wel bedenken, dat het volumegewicht van den grond in zijn natuurlijke ligging in sterke mate beïnvloed wordt door het klei- en door het humusgehalte. Bij toenemend kleigehalte daalt het volumegewicht, terwijl ook de humus een verlagenden invloed op het volumegewicht heeft. Ook de diepte, waarop de grond onder het maaiveld voorkomt, is van invloed op zijn volumegewicht, vooral bij gronden, die door sedimentatie ontstaan zijn, zooals de zeekleigronden. Bij onderlinge vergelijking van volumegewichten van gronden zal men dus alleen de volumegewichten van die gronden mogen vergelijken, die ongeveer dezelfde gehalten aan klei, humus en zand bezitten en die ongeveer op dezelfde diepte onder het maaiveld voorkomen. Over veel volumegewichtscijfers beschikken we nog niet. Vooral van de lichtere gronden ontbreken ons deze cijfers. Van de gronden van de onderzochte Dollardpolders zijn zij evenwel bekend (35).

Beschouwen we daarom eens de volumegewichten van de gronden in de oudere Dollardpolders, vanaf den Reiderwolderpolder en ouder. In deze polders bedraagt het kleigehalte in vrijwel alle lagen tot een meter onder maaiveld ongeveer 75 à 85 procent (op klei + zand = 100), terwijl het humusgehalte 2 à 4 procent bedraagt. Het volumegewicht is in de bouwvoor het grootst (1,4 à 1,2) om naar beneden toe gestadig af te nemen. Op een diepte van 45 à 50 cm onder maaiveld bedraagt het ongeveer 1,0 en daar beneden meestal nog iets minder. Het poriënvolume is hier 60 procent of hooger. Bij vergelijking van de gevonden volumegewichtscijfers bij de onderzochte knikprofielen met de volumegewichtscijfers van de bodemprofielen van de Dollardgronden valt onmiddellijk op, dat deze cijfers bij de knikprofielen te Oldehove en Westerwijtwerd naar beneden toe *niet* gestadig afnemen. Zij blijven hier over het geheele grondprofiel ongeveer gelijk en liggen tusschen 1,3 à 1,5 in. Het poriënvolume in alle lagen, ook in de diepere, is kleiner dan 50 procent. De grond in de diepere lagen van de knikprofielen bezit dus een dichtere ligging dan die in de diepere lagen van de Dollardgronden. De zeer oude „oude klei” in het centrum van de provincie Groningen is dus in de diepere lagen veel dichter van structuur dan de grond van de veel jongere, oude Dollardpolders.

De koolzure kalk-vrije, stugge grondlagen van de knikprofielen bezitten geen grooter volumegegewicht dan de onder deze lagen voorkomende koolzure kalk-houdende grondlagen. Eerst genoemde lagen bezitten dus geen dichtere ligging dan laatst genoemde. Zoo bezit bij kuil II te Westerwijtwerd de laag van 21—29 cm met 41 % klei op klei + zand = 100 en geen koolzure kalk een volumegegewicht van 1,49, en de laag van 55—63 cm met een vrijwel even hoog kleigehalte (44 % klei op klei + zand = 100) en met 7,5 % koolzure kalk een volumegegewicht van 1,51.

In de bovenste grondlagen zouden we dus van boven naar beneden een toename van het volumegegewicht verwachten naast een toename van het kleigehalte. Bij kuil I te Oldehove neemt het kleigehalte in de bovenste lagen van boven naar beneden wel toe, het volumegegewicht evenwel af. Ook bij kuil IV te Oldehove neemt het volumegegewicht in de tweede laag van 14—22 cm iets af, ofschoon het kleigehalte in deze laag toeneemt. Nu is het perceel te Oldehove grasland, op de bouwlandperceelen blijkt de toestand wel iets anders te zijn. Bij kuil II te Westerwijtwerd is het volumegegewicht van de tweede laag van 21—29 cm, dus de laag direct onder de bouwvoor, iets hoger dan dat van de eerste laag, terwijl ook het kleigehalte in de tweede laag iets grooter is. Hoewel in de volgende laag van 33—41 cm het kleigehalte tamelijk toeneemt, blijft het volumegegewicht in deze laag nagenoeg gelijk. Ook bij kuil II te Nieuwolda wordt in de tweede laag van 19—27 cm bij een hoger kleigehalte een iets grooter volumegegewicht gevonden dan in de eerste laag. In de diepere grondlagen vertoont het volumegegewicht van dit laatste bodemprofiel zeer veel overeenkomst met het volumegegewicht in de verschillende lagen van het onderzochte bodemprofiel in den polder Het Oudland. In de diepere lagen is het volumegegewicht van den grond kleiner dan in de bovenste lagen. Het perceel te Nieuwolda behoort dan ook niet tot het „oude klei” gebied in de provincie Groningen, maar tot het gebied van de Dollardpolders. Bij den inbraak van de Dollard is de kleigrond in deze streek evenwel niet weggeslagen, maar vermoedelijk wel met het brakke zeewater overstroemd.

Bezien we nu nog eens de volumegegewichtscijfers van de reeds vroeger onderzochte knikprofielen (blz. 772 en 774). De bovenste laag van  $2\frac{1}{2}$ — $10\frac{1}{2}$  cm van het knikprofiel Warffumer Zuiderhorn heeft een laag volumegegewicht (0,96); maar deze laag bevat ook 9,8 % organische stof, waaraan dit lage volumegegewicht moet worden toegeschreven. In de tweede laag stijgt het volumegegewicht dan ook sterk (1,28), ofschoon het kleigehalte ongeveer gelijk blijft (65 % op klei + zand = 100), maar het organische stofgehalte daalt tot 3,2 %. In de derde laag van 36—44 cm neemt het volumegegewicht nog iets toe (1,31), maar het klei- en het organische stofgehalte dalen ook iets.

De diepste laag van 53—61 cm bezit evenwel weer een hoog volumegewicht (1,48) en een laag poriënvolume (45 %). Wel is het kleigehalte in deze laag sterk gedaald tot 31 % op klei + zand = 100, maar bij ongeveer eenzelfde klei- (30 %) en humusgehalte (1 %) bezit een laag van 72—80 cm van een onderzocht bodemprofiel in den Julianapolder (ingedijkt 1923) een volumegewicht van 1,27 en een poriënvolume van 52 % (36). Ook in dit knikprofiel bezitten de diepste lagen dus een hoog volumegewicht en een laag poriënvolume.

De bovenste laag van 5—13 cm van het knikprofiel Gemeente-terrein Groningen bezit weer een laag volumegewicht (0,93), maar ook deze laag heeft een vrij hoog gehalte aan organische stof (14,6 %). Naar beneden toe neemt in dit profiel het volumegewicht steeds toe, terwijl ook het kleigehalte dit doet. In de laag van 47—54 cm bedraagt het kleigehalte zelfs 92 % op klei + zand = 100. Het volumegewicht van deze laag is 1,28. Ook in de volgende laag van 58—66 cm is het volumegewicht nog iets gestegen tot 1,31, maar het kleigehalte in deze laag is gedaald tot 78 %. In de bodemprofielen van de onderzochte Dollarpolders bedraagt het volumegewicht van den grond op deze diepte bij een ongeveer gelijk kleigehalte hoogstens 1,1. De grond van dit knikprofiel is dus op deze diepte klaarblijkelijk wel iets dichter dan de grond van jongere zeeklei-afzettingen. Dieper neemt het volumegewicht bij dit knikprofiel evenwel sterk af, in tegenstelling met het volumegewicht van de andere onderzochte bodemprofielen in het „oude klei” gebied, dat in de diepere lagen juist hoog blijft.

## 2. De gehalten aan ijzer

(Tabel X op blz. 853)

In knikgronden worden meestal bruine aderen van ijzeroxyde aangetroffen. Het ijzer, dat in een knikgrond voorkomt, is dus, althans voor een deel, zichtbaar en op bepaalde plaatsen opgehoopt. In tegenstelling hiermede komt het ijzer in een gewonen kleigrond in een onzichtbaren vorm daarin voor en waarschijnlijk meer overal verdeeld. Deze omstandigheden doen de vraag rijzen, of knikgrond meer ijzer bevat dan een gewonen kleigrond.

We hebben er reeds op gewezen (blz. 760), dat in gronden, waarin de lucht slecht kan binnendringen en die rijk aan organisch materiaal zijn, zooals bijv. in laag gelegen graslanden, aan de ijzer-zuurstof-verbindingen zuurstof onttrokken wordt, waardoor een ijzer-zuurstof-verbinding ontstaat, die met koolzuur een in water oplosbare ijzerverbinding geeft. Komt deze ijzerverbinding met de lucht in aanraking, dan scheidt zich bruin ijzeroxyde af. Op deze wijze wordt het onzichtbare ijzer in den grond in zichtbaar ijzer omgezet. Maar tevens kan bij deze omzetting het ijzer verplaatst worden,

doordat het, opgelost in het zakwater, hierdoor naar diepere lagen wordt meegevoerd.

Behalve op boven beschreven wijze kan in gronden, die geen koolzure kalk bevatten en veel organisch materiaal, door gevormden zuren humus het onzichtbare ijzer eveneens in zichtbaar ijzer, nl. ijzerhumaat, worden omgezet en als zoodanig naar diepere lagen worden verplaatst, welk proces zich vermoedelijk ook in knikgronden kan afspelen (zie blz. 762). Om nu op de vraag, of knikgrond meer ijzer bevat dan een gewone kleigrond, een antwoord te kunnen geven, is het noodzakelijk het ijzergehalte van een gewonen kleigrond en van een knikprofiel te kennen. Deze gegevens zullen dan tevens hierover uitsluitsel moeten geven, of er in een knikprofiel inderdaad verplaatsing van ijzer van boven naar beneden en ophooping van ijzer in de diepere lagen heeft plaats gehad. Blijkt dit inderdaad het geval te zijn, dan krijgt hierdoor de opvatting betreffende het ontstaan van knikgronden, zooals deze in Hoofdstuk I onder 2 is uiteengezet, meer steun.

Van den grond van de verschillende lagen van enkele knikprofielen is het gehalte aan ijzer ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), en tevens het gehalte aan aluminium ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), oplosbaar in 10 % zoutzuur, bepaald. De resultaten van deze onderzoekingen zijn in tabel X (blz. 853) opgenomen. Nu is door één van ons vastgesteld (37), dat zoowel in de boven- als ondergronden van onze Dollardzeekleipolders, zoowel jongere als oudere, een gehalte aan ijzer oplosbaar in 10 % zoutzuur voorkomt, dat op *klei* (deeltjes met een diameter kleiner dan 0,016 mm) berekend ongeveer tusschen de 8 en 9 procent inligt. Voor aluminium ligt dit gehalte, dus het gehalte aan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oplosbaar in 10 % HCl berekend op *klei*, voor deze gronden tusschen veel wijdere grenzen (ongeveer 7 à 11) en is voor de lichtere gronden hooger dan voor de zwaardere gronden.

Beschouwen we nu eens de gehalten aan ijzer en aluminium, oplosbaar in 10 % zoutzuur, *in procenten op klei*, van de onderzochte knikprofielen (tabel X, kolommen 8 en 9), dan zien we bij het profiel Uitwierda een gestadige toename van het ijzergehalte van boven naar beneden. In de bouwvoor bedraagt dit gehalte ruim 7,0 %, op één meter diepte ruim 8,9 % en nog dieper in de laag, die in het grondwater ligt, zelfs 12,7 %. Ook het aluminiumgehalte vertoont in dit profiel een gestadige toename van boven naar beneden van 7,5 % in de bouwvoor tot ruim 11,5 % in de laag in het grondwater gelegen. Eenzelfde verschijnsel doet zich voor bij het profiel Westervijlward. Ook hier is een gestadige toename van het ijzer- en aluminiumgehalte (oplosbaar in 10 % HCl op *klei*) van boven naar beneden, voor het ijzer van ongeveer 7,2 % in de bouwvoor tot ruim 8,9 % op een diepte van 85 cm. Nemen we aan, dat de grond in de verschillende lagen van deze beide profielen ook eenmaal 8 procent of meer ijzer, oplosbaar in 10 % HCl, op *klei* bevat heeft,

dan moet er in deze profielen, althans uit de bovenste lagen, ijzer verdwenen zijn. De gestadige toename van boven naar beneden van het gehalte aan ijzer en aluminium in deze profielen, doet sterk de meening post vatten, dat er in deze profielen een geleidelijke verplaatsing van boven naar beneden, zoowel van het ijzer als van het aluminium, heeft plaats gehad. Van een ophooping van ijzer — en ook van aluminium — in de stugge kniklagen is geen sprake, ondanks het feit, dat in deze lagen meestal nesten en aderen van bruin ijzeroxyde worden waargenomen. Wel is dus in deze lagen meestal ijzer in een zichtbaren vorm aanwezig, hetgeen in een gewonen kleigrond niet het geval is. Veeleer moeten ook deze lagen ijzer en aluminium verloren hebben. Meer waarschijnlijk is het, dat het gehalte aan ijzer en aluminium in de lagen onder de stugge kniklagen iets is toegenomen. Afgenomen zijn deze gehalten in deze lagen zeer zeker niet. Het profiel Marsum vertoont niet een dergelijke toename van het ijzer- en aluminiumgehalte als de beide voorgaande profielen. Hierbij is evenwel te bedenken, dat de perceelen, waarvan de profielen te Uitwierda en te Westerwijtwerd afkomstig zijn, bouwland zijn, terwijl het profiel Marsum van een grasland-perceel afkomstig is, dat in de oorlogsjaren gescheurd is geweest en weer in grasland is gelegd en thans weer gescheurd is. Bij graslandperceelen heeft onder de graszode een ophooping van organisch materiaal plaats, ten gevolge waarvan onder de zode in vele gevallen ijzer als ijzerhumaat of ijzeroxyde wordt opgehoopt. Zoo komt ook in het profiel Marsum onder de oude graszode, van 25—40 cm onder maaiveld, een laag voor, waarvan de klei veel rijker aan ijzer is, dan de klei van de daarboven en de daaronder liggende laag. De bovenste laag met een gehalte aan ijzer, oplosbaar in 10 % HCl, op klei van 7,5 % heeft zeer zeker ijzer verloren en ditzelfde kan ook gezegd worden van de onderliggende laag, van 40—72 cm onder maaiveld, met ruim 7,6 % ijzer op klei. In deze laag komen geen bruine ijzerafzettingen voor. Vermoedelijk zijn deze ijzerafzettingen naar dieper meegevoerd. De volgende laag, van 72—88 cm onder maaiveld, bevat althans veel meer ijzer (8,8 % op klei). Deze laag rust op een sterk koolzure kalkhoudende laag, die iets minder rijk aan ijzer is. Vermoedelijk heeft het met het zakwater naar beneden meegevoerde ijzer zich op deze koolzure kalkhoudende laag, althans ten deele, afgezet. In het geheele perceel te Marsum werd op de koolzure kalkhoudende laag een kleilaagje aangetroffen, dat veel bruine ijzerafzettingen bevatte en zeer taai en stug was.

Het profiel te Bedum vertoont, wat de ijzer- en aluminiumgehalten betreft, een geheel ander beeld dan de besproken profielen. In de eerste plaats zijn deze gehalten, vooral in de diepere lagen, veel lager en van een toename van deze gehalten van boven naar beneden is geen sprake. De bovenste vier lagen, tot 75 cm onder maaiveld, bevatten nagenoeg evenveel ijzer op klei. Daarna



volgt een laag tot 100 cm onder maaiveld, waarvan de klei veel minder ijzer bevat, daarna stijgt het ijzergehalte weer. Toch ligt het ijzergehalte van deze laag van 100—130 cm onder maaiveld (8,0 % op klei) veel lager dan dat van de overeenkomstige laag van het profiel onder Uitwierda (12,7 % op klei), ofschoon het kleigehalte in deze beide lagen nagenoeg even groot is. Vermoedelijk is uit de verschillende lagen van het profiel te Bedum veel ijzer weggevoerd. Vooral wanneer we aannemen, dat in dit profiel de grond oorspronkelijk ook meer dan 8 % ijzer op klei bevat heeft, moet dit het geval zijn. Maar dit ijzer heeft zich niet in diepere lagen afgezet. Wat hiervan de reden is, is niet na te gaan. Alleen weten we, dat het gebied, waarin het perceel ligt, waarvan het onderzochte profiel afkomstig is, vermoedelijk in oude tijden laag gelegen was, zoodat het water van de omringende hooger gelegen landen daarheen stroomde, zoodat het reeds vroegtijdig bedijkt is geworden (zie blz. 774).

In alle onderzochte profielen heeft dus een verplaatsing van ijzer van boven naar beneden plaats gehad. Men heeft nu wel eens gemeend, dat met dit ijzer ook het phosphorzuur verplaatst zou worden, zoodat knik  $P_2O_5$ -arm zou zijn en in den ondergrond van knikgronden een ophooping van phosphorzuur zou plaats vinden. Beschouwen we de phosphorzuureijfers ( $P_2O_5$  oplosbaar in 10 % HCl) van de onderzochte profielen, zooals die in kolom 7 van tabel X voorkomen, dan is van een verplaatsing van het phosphorzuur van boven naar beneden en een ophooping in de diepere lagen niets te bespeuren. Met het ijzer wordt dus geen phosphorzuur verplaatst.

### 3. *Beschouwingen betreffende de knikgronden aan de hand van de verkregen gegevens*

Echte knikgronden worden dus voornamelijk aangetroffen in het „oude klei” gebied in de provincies Groningen en Friesland. Uit de resultaten van het onderzoek van enkele bodemprofielen in dit gebied mogen we waarschijnlijk afleiden, dat de grond in dit gebied, ook in de diepere lagen, beneden 50 cm onder maaiveld, een hoog volumegewicht en een laag poriënvolume bezit. Dit is in tegenstelling met hetgeen in de Dollardpolders wordt waargenomen. De grond in de Dollardpolders, zelfs in de alleroudste (1545), bezit in de diepere lagen een lager volumegewicht en een hooger poriënvolume dan in de bovenste lagen. Waaraan dit hoge volumegewicht van de diepere lagen in het „oude klei” gebied moet worden toegeschreven, is, althans op dit oogenblik, niet te zeggen. Wel is het opmerkelijk, dat de grond in deze diepere lagen zeer arm aan humus is. Bedraagt het humusgehalte in de Dollardgronden tot een meter onder maaiveld 2,8 à 3,0 %, bij de onderzochte knikprofielen bevat de grond

in de diepere lagen tot deze diepte hoogstens 1 % humus. De mogelijkheid bestaat, dat de dichte ligging van de gronddeeltjes in de diepere lagen, waardoor het hooge volumegewicht veroorzaakt wordt, verband houdt met het lage humusgehalte (38). Deze dichte ligging van de gronddeeltjes in de diepere lagen is misschien wel de voornaamste oorzaak geweest, waarom de grond in het „oude klei” gebied knikkelig geworden is. Het lage poriënvolume in de diepere lagen had tengevolge, dat de grond ter plaatse voor water slecht doorlatend was. Dit had, bij een slechte ontwatering, op den waterafvoer van de bovenste grondlagen een ongunstigen invloed, zoodat in deze lagen de lucht slecht kon binnendringen, waardoor de reeds vroeger besproken omzettingen (zie blz. 760/763) konden plaats vinden. Dat er in de knikgronden een omzetting en verplaatsing van ijzer — en ook een verplaatsing van aluminium — van boven naar beneden heeft plaats gehad, bewijzen de ijzer- en aluminium-cijfers van de verschillende lagen van de onderzochte knikprofielen. Van een ophooping van ijzer in de eigenlijke kniklagen is niets te bespeuren. Veeleer kan men aannemen, dat ook deze lagen ijzer verloren hebben en dat het ijzergehalte van de koolzure kalk-houdende laag beneden de kniklaag iets is toegenomen. Wel is door de omzettingen het ijzer, althans voor een deel, in een anderen, zichtbaren, vorm overgegaan, en in dezen vorm heeft het ijzer de gronddeeltjes, in de koolzure kalk-looze lagen, even beneden de bouwvoor of graszode, blijkbaar aaneengekit, ten gevolge waarvan de grond in deze lagen een stugge en taaie geaardheid heeft gekregen. Misschien ook heeft het lage humusgehalte in deze lagen mede hiertoe bijgedragen.

Soms wordt in de knikprofielen een vrij aanzienlijke toename van het kleigehalte van boven naar beneden, tot het onderste gedeelte van de kniklaag, aangetroffen, maar deze toename gaat niet met een verhooging van het volumegewicht gepaard. Deze toename van het kleigehalte kan dan ook moeilijk aan een verplaatsing van fijne kleideeltjes van boven naar beneden worden toegeschreven. Veeleer is het waarschijnlijk, dat dit verschil in kleigehalte in de verschillende grondlagen reeds bij de afzetting van deze grondlagen aanwezig was. Ook in niet knikprofielen komt in de bovenste grondlagen soms een toename van het kleigehalte van boven naar beneden voor. Het ontstaan van knikgronden is dan ook moeilijk in hoofdzaak aan een verplaatsing van fijne kleideeltjes van boven naar beneden en een afzetting van deze deeltjes in diepere lagen toe te schrijven. In dit opzicht moeten onze vroegere opvattingen herzien worden.

Volgens HEEMSTRA zou het niet onwaarschijnlijk zijn, dat er, bij het ontstaan van sommige kleigronden, zelfs reeds een predispositie voor knikvorming aanwezig is. Wanneer onze opvatting, dat de dichte ligging van de gronddeeltjes in de diepere lagen vanaf hun ontstaan, misschien wel de voornaamste oorzaak

voor de knikvorming in het „oude klei” gebied is geweest, juist is, dan zou voor dit gebied deze predispositie in dit feit gelegen zijn.

Het lage poriënvolume, zoowel in de diepere lagen als in de bovenste lagen, zooals bij de knikgronden voorkomt, is oorzaak, dat de grondwaterstand bij een geringen regenval snel stijgt en bij een geringe wateronttrekking sterk daalt, zooals op blz. 828 reeds uiteengezet is.

Op grond van de verkregen gegevens zou men tot het volgende kunnen besluiten:

knikprofielen zijn hierdoor gekenmerkt, dat zij uit zware tot zeer zware klei, met een laag gehalte aan humus, bestaan en zoowel in de bovenste als in de diepere grondlagen een hoog volumegewicht en een laag poriënvolume bezitten, waardoor ze voor water slecht doorlatend zijn. De eigenlijke kniklagen, op niet al te groote diepte onder het maaiveld gelegen, bevatten geen koolzure kalk, maar bezitten toch nog zooveel basen, dat ze slechts zwak zuur reageeren met een laagste pH-waarde van ongeveer 6,0. Ze zijn niet rijker, maar veeleer armer aan ijzer, dan de gewone gronden, maar een gedeelte van het ijzer komt er, in nesten of aderen, in een zichtbaren vorm in voor. Het ontbreken van koolzure kalk, het geringe gehalte aan humus en de vorm, waarin het ijzer er in voorkomt, geven den grond in deze lagen een stugge en taaie geaardheid, vooral in natten toestand; in drogen toestand is deze grond keihard.

Aangezien het aantal onderzochte knikprofielen evenwel nog gering is, zal het aanbeveling verdienen dit onderzoek in het „oude klei” gebied van de provincies Groningen en Friesland nog wat uit te breiden en dan vooral de volumegewichten van de verschillende grondlagen tot ongeveer één meter onder maaiveld te bepalen, alsmede het ijzergehalte van den grond in de verschillende lagen. Ook in het gebied binnen den Wolddijk zullen enkele profielen nader onderzocht dienen te worden, ten einde meerdere gegevens te verkrijgen of en waarom in dit gebied geen knikvorming heeft plaats gehad.

## NOTEN

- (1) FRIEDRICH ARENDS, *Ostfriesland und Jever in geographischer, statistischer und landwirtschaftlicher Hinsicht*. 1818. Band I, blz. 32.
- (2) F. SCHUCHT, *Beitrag zur Geologie der Wesermarschen*, Inaug.-Dissertation, Halle a. S. 1903, blz. 75.  
 W. WICKE, *Untersuchungen von Bodenarten aus der Oldenburger Marsch*. Journal für Landwirtschaft N. F. 7, 377 (1862).  
 F. DUDY, *Ein Beitrag zur Kenntnis des Knicks*. Landwirtschaftsblatt f. d. Großherzogtum Oldenburg, Nr. 10, blz. 198 (1898).  
 F. SCHUCHT, *Erläuterungen zur geologisch-agronomischen Karte*, Blatt Jever. Oldenburg 1899.  
 K. TANTZEN, *Über die Bodenverhältnisse der alten Stadländer Marsch*, Inaug.-Dissertation, Berlin 1912.  
 A. ORTH, *Ber. Deutschen Chem. Gesellschaft* 15, 3025 (1882).
- (3) J. M. VAN BEMMELEN, *Bouwstoffen tot de kennis van de kleigronden der Provincie Groningen*. Derde deel, tweede stuk van de *Scheikundige Verhandelingen en Onderzoekingen* door G. J. MULDER (1863). Zie ook: *Landw. Versuchsstat.* 8, 264 (1866).
- (4) Meedelanden komt overeen met het Engelsche woord meadow = weiland. Dit woord is samengesteld uit mead = weide en het werkwoord mow = maaien, hooien, en beteekent dus weiland, dat gemaaid wordt.
- (5) Volgens VAN BEMMELEN wordt de naam van roodoorn niet alleen aan den bouwgrond (d.i. bovengrond) van de zoogenaamde meedelanden gegeven, maar dragen ook de oude zeekleigronden, waar deze aan het diluvium grenzen en op darg rusten, dezen naam. Het ware misschien te verkiezen om alleen aan die gronden den naam van roodoorn te geven, waarbij een niet al te dikke kleilaag, hoogstens van 50 cm dikte, rust op darg. Zie J. HEIDEMA, *Landbouwbedrijfsleer*, blz. 43 (1926).
- (6) J. HEEMSTRA, *Iets over knikklei*. Ceres, 1e Jaargang N°. 10 en N°. 11 (1907) en 2e Jaargang N°. 13 (1908).
- (7) A. RAUWERDA, *De vlascultuur in Nederland*. Hierin wordt gezegd: „In de streek van Friesland, waar geen knik zit, wordt vlas verbouwd”.
- (8) F. SCHUCHT, *Die Bodenarten der Marschen*. Journal für Landwirtschaft 53, 309 (1905). Hier zegt SCHUCHT: „Endlich können noch Eisenausscheidungen die mechanische Zusammensetzung der Marschböden sehr beeinflussen, und zwar ungünstig, da die Böden durch dieselben verkittet und verhärtet werden. Derartige Böden werden als „Knick“ bezeichnet”.
- (9) Zie onder noot 2, Dissertatie van K. TANTZEN, blz. 76.
- (10) ALERS, *Haushaltung und Landwirtschaft in den beyden Stad- und Butjadingerlanden*, Oldenburg 1790.
- (11) G. MINDERHOUD, *Het Landbouwbedrijf op de Groninger klei*, 1917, blz. 14/15.
- (12) Verslagen van de Landbouwproefvelden in de Provincie Friesland 1913 en volgende jaren, overgedrukt uit het *Friesch Landbouwweekblad*, N°. 738 (1914), N°. 840 (1916), N°. 884 (1916) en volgende nummers.
- (13) Kort Verslag van de landbouwkundige onderzoekingen van het Rijkslandbouwproefstation Wageningen loopende tot 1 Januari 1912, blz. 16.
- (14) F. SCHUCHT, *Über das Vorkommen von Bleicherde und Ortstein in den Schlickböden der Nordsee-Marschen*. Intern. Mitt. für Bodenkunde 3, 404 (1913).
- (15) Een verslag van de lezing te Appingedam is opgenomen in de *Appingedammer Courant* van Zaterdag 9 Februari 1918, 42ste Jaargang, N°. 12.
- (16) Bij het onderzoek van gronden uit den Rietwijkeroorderpolder, gelegen in de Gemeente Nieuwer-Amstel en behoorende tot het z.g. Boschplan-Amsterdam, werd als regel waargenomen, dat de ontkalking van den grond het diepst gevorderd was op die gedeelten, waar de ondergrond het zwaarst was.

- (17) D. J. HISSINK en S. B. HOOGHOUDT, Bijdrage tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond. *Verslagen van Landbouwk. Onderz.* 37, 101 (1932). In deze verhandeling vindt men ook een en ander betreffende de bepaling van de doorlatendheid van den grond voor water en de beteekenis van de cijfers, die men bij deze bepaling verkrijgt.
- (18) Zie onder noot 11, blz. 5.
- (19) A. A. BEEKMAN, *Nederland als Polderland*, derde druk, blz. 372.
- (20) Een dergelijk geval heeft zich voorgedaan bij den Heer BOEREMA, Steenbakkerij Fivelzicht te Appingedam. Hier werd de grond beneden den bovengrond, op ongeveer 30 cm diepte, twee à drie steek afgegraven. Het maaiveld kwam daardoor 60 à 90 cm lager te liggen en beneden den waterspiegel in de omringende slooten.
- (21) Door Ir. D. R. MANSHOLT zijn reeds eenige mededeelingen betreffende de „verbetering van knikgronden” gedaan in het *Groninger Landbouwblad* van 31 October 1936, 21 November 1936 en 28 November 1936 (18e Jaargang N<sup>o</sup>. 9—12 en 13).
- (22) S. B. HOOGHOUDT, Bijdragen tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond N<sup>o</sup>. 4. *Verslagen van Landbouwk. Onderz.* 42, 449 (1936).
- (23) R. SCHULLING, *Nederland*, zesde verbeterde en vermeerderde druk, Deel II, blz. 316.
- (24) S. B. HOOGHOUDT, Bijdragen tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond N<sup>o</sup>. 6, *Verslagen van Landb. Onderzoekingen* 43, 461 (1937) Hoofdstuk VI; zie ook de noten 38 en 49 van deze publicatie.
- (25) S. B. HOOGHOUDT, Bijdragen tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond N<sup>o</sup>. 2. *Verslagen van Landb. Onderzoekingen* 40, 215 (1934).
- (26) Zie onder noot 24, blz. 620 en noot 49 van deze publicatie.
- (27) Deze berekeningen zullen binnen afzienbaren tijd gepubliceerd worden als: Bijdragen tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond N<sup>o</sup>. 7.
- (28) Zie onder noot 24, Hoofdstuk VI en noot 49, van deze publicatie.
- (29) Zie onder noot 24, blz. 650/651.
- (30) Indien als vaststaand zou kunnen worden aangenomen, dat de ontwatering ook op deze plek nog voldoende is, zou hieruit volgen, dat de door ons gestelde eischen aan een voldoende ontwatering te hoog zijn en men mogelijk met een maximalen grondwaterstand van 20 à 30 cm onder het maaiveld bij een afvoer van 5 mm overtolligen neerslag per 24 uur zou kunnen volstaan. Onbegrijpelijk is in dit verband de diepe slootwaterstand, die de landbouwers voor een goede ontwatering noodig vinden en die in geen enkele verhouding staat tot de grondwaterstanden, zooals deze in het land optreden, en waarop het tenslotte toch aankomt.
- (31) Zie onder noot 25, blz. 222 en 223.
- (32) Zie onder noot 24, Hoofdstuk VI, Bovengrondsche Type.
- (33) Aangezien bij het perceel te Marsum tijdens de omzetting ook geen grondwater in de sleuven kwam en deze droog bleven, ondanks den hoogen waterstand in de omringende slooten en de vrij vele regens tijdens de omzetting, zou men kunnen besluiten, dat de grond van dit perceel vóór de omzetting in alle lagen ook een klein werkzaam poriënvolume bezat.
- (34) Mede in verband met noot 30 kan worden opgemerkt, dat ook volgens deze waarnemingen onze eischen aan een goede ontwatering gesteld, wat te streng lijken te zijn.
- (35) D. J. HISSINK, De bodemkundige gesteldheid van de achtereenvolgens ingedijkte Dollardpolders. *Verslagen van Landbouwk. Onderz.* 41, 47 (1935). Zie tabel VI op blz. 144.
- (36) Zie onder noot 17, Tabel A 3, blz. 176/177.
- (37) JAC. VAN DER SPEK, Bijdragen tot de kennis van de zure gronden in het Nederlandsch alluvium. *Verslagen van Landbouwk. Onderzoekingen* 40, 409 (1934). Zie tabel 21 blz. 485. Ook volgens nieuwere gegevens komt men op dit percentage.
- (38) Misschien zijn ook de lage ligging en de slechte ontwatering van de knikgronden in vroeger tijden, waardoor de diepere lagen meestal in het grondwater hebben gelegen, mede oorzaak van de dichtere ligging van de gronddeeltjes in de diepere lagen, aangezien ook op andere, slecht ontwaterde gronden een hoog volumegewicht van den grond in alle lagen van het bodemprofiel, ook in de diepere, is gevonden.

TABEL I

*Profielbeschrijving en analyseresultaten van een aantal knikprofielen, bemonsterd in 1935—1936*

Volgnummer	Diepte van de laag in cm	Omschrijving van de laag	Zuurgraad (pH)	De droge stof bevat in procenten:		
				CaCO <sub>3</sub>	humus + klei	zand

**S. Smit, Oosterwijkward**

*Perceel sinds 25 jaar groenland; daarvoor bouwland; vermoedelijk ± 50 jaar geleden gewoeld; in December 1935 gescheurd en gedraineerd*  
*Boring A*

1	0—25	Zode en wortellaag. Zware, vochtige, donkergrijze klei; onderste gedeelte reeds wat lichter van kleur.	6,2	0	55,1	44,9
2	25—50	Zware klei + ijzerafzettingen, naar onder meer grijs gekleurd. Wel stug, doch brokkelig en geen typische kniklaag.	6,5	0	50,8	49,2
3	50—75	Kniklaag. Grijs, zware klei, met wat geelbruine ijzerafzettingen.	7,3	0,7	58,2	41,1
4	75—100	Zware, naar de diepte meer zavelige, grijze klei. Boorsel vrij dicht en taai	7,5	3,9	52,7	43,4

**Zelfde perceel. Boring C**

5	50—75	Zeer zware, grijze knik, met wat ijzerafzettingen; iets droger, doch duidelijk taaiër dan n. 3.	7,0	0	84,3	15,7
6	75—100	Zware klei, boven iets zandgelaagd. Wel taai, doch minder dan n. 5.	7,3	0,3	59,4	40,3

**D. J. Jensema, Stedum**

*Perceel bouwland, in 1935 gescheurd. Gedraineerd op 1 m diepte en ongeveer 10 m afstand*

7	20—45	Ten deele zware, kruimelige, donkergrijze klei; rest taaiër, meer lichtgrijs en met ijzerafzettingen.	6,3	0	70,8	29,2
8	45—73	Zeer zware, grijze klei + iets ijzerafzettingen. Min of meer taai, doch verbrokken betrekkelijk gemakkelijk.	6,8	0	72,7	27,3
9	73—98	Zeer zware, erg taaië, grijze knik, met weinig ijzerafzettingen.	7,1	0,3	77,8	21,9
10	98—125	Iets minder zware, grijze klei; nat, slap en kleverig.	7,3	7,9	59,2	32,9

**J. Stol, Ballo**

*Perceel groenland, 25 à 30 jaar geleden groen geleid wegens moeilijkheden met de bewerking. Ongedraineerd en niet bekalft*

11	0—20	Donkergekleurde zode; rest meer lichtgrijs. Zware klei, goed verkrumelbaar	5,6	0	53,9	46,1
12	20—40	Lichtgrijze, zware klei; fijn verbrokken en goed verkrumelbaar. Bevat lichtgekleurde ijzerafzettingen.	6,1	0	52,7	47,3
13	40—50	Natter en taaiër dan n. 12, doch geen typische kniklaag; bevat ijzerafzettingen	6,0	0	54,0	46,0
14	50—90 à 95	Zware, plaatselijk iets zandige klei. Geen typische kniklaag. Kleur vrij donker door ijzerafzettingen.	6,4	0	59,2	40,8

15 95—100 Ten deele als n°. 14; rest zandiger . . . . . 7,2 0 47,5 52,5  
 16 100—150 Zware, erg natte en pikke klei, met wat korrelige ijzerafzettingen. Plaatselijk blauwzwart, doch geen H<sub>2</sub>S-reactie. . . . . 6,8 0 53,6 46,4

**Gebrs. Folkerts, Ezinger Oude Dijk**

*Perceel groenland. Sedert ± 30 jaar niet als bouwland gebruikt. Ongegrainend*

17 10—30 Donkergrijs, zware klei, met weinig ijzerafzettingen; wortelvezels niet tabrijk; verbrokkelt gemakkelijk. . . . . 5,8 0 53,2 46,8  
 18 30—45 Als n°. 17, doch iets droger en taaiër; zeer veel bruine ijzerafzettingen . . . . . 6,6 0 59,1 40,9  
 19 45—60 Lichtgrijs, zware klei, met wat groenachtige ijzerafzettingen, niet erg taai, doch wel iets knikachtig . . . . . 7,3 0 55,5 44,5  
 20 60—75 Als n°. 19, doch wat donkerder van kleur door ijzerafzettingen. Nog iets knikachtig . . . . . 7,5 0,5 59,2 40,3  
 21 75—110 Lichtgrijs, zware klei, met zandlaagjes en wat ijzerafzettingen. Deels taai, rest minder taai . . . . . 7,9 9,1 58,6 32,3  
 22 110—135 Als n°. 21, doch veel natter en daardoor kleverig . . . . . 7,7 8,9 59,1 32,0  
 23 135—160 Zeer natte, lichtgrijs klei, met weinig ijzerafzettingen; erg kleverig . . . . . 7,8 12,7 53,2 34,1

**Gebrs. Kremer, Oldehove**

*Vrij gelijkmatig perceel groenland; 9 jaar geleden groen gelegd. Onbekakt en niet gedrainerd. Plek I*

24 0—12 Donkergrijs zode, met dunne laag teelaarde, bestaande uit zware, taai klei . . . . . 6,2 0 57,7 42,3  
 25 12—31 Lichtgrijs, zeer zware, vrij taai, knikachtige klei . . . . . 6,7 0 67,4 32,6  
 26 31—62 Lichtgrijs, zware klei, met zandlaagjes . . . . . 7,7 3,1 51,1 45,8  
 27 62—87 Lichtgrijs, erg kleverige, zware klei, met vrij veel bruin-groene ijzerafzettingen . . . . . 7,9 6,1 46,6 47,3  
 28 87—112 Natter en slapper dan n°. 27, waardoor minder taai, maar erg kleverig . . . . . 7,8 7,9 58,2 33,9

**Zelfde perceel. Plek II**

29 0—? Graszode + teellaag, niet sterk beworteld. Donkergrijs, zware, taai klei . . . . . 7,0 0 56,4 43,6  
 30 ?—37 Lichtgrijs, zware knikachtige klei. . . . . 7,4 0,2 46,1 53,7  
 31 37—72 Zware klei; niet taai . . . . . 7,8 4,2 41,1 54,7  
 32 72—112 Zware, plaatselijk iets zandige klei; reeds veel geelgroene ijzerafzettingen. Deels verbrokkelbaar, rest meer taai. . . . . 8,9 7,7 59,6 32,7

**L. Alma. Saaxum**

58 10—50 Zware, tot zeer zware klei, met vrij veel bruine ijzerafzettingen. Vrij taai en eenigszins knikachtig, doch toch geen typische knik. . . . . 6,9 0 60,9 39,1  
 59 50—100 Zeer zware klei, met ijzerafzettingen. Taai en knikig. Blijft knikig tot 100 cm diepte. . . . . 6,5 0 71,8 28,2

TABEL I (vervolgt)

Volg-nummer	Diepte van de laag in cm	Omschrijving van de laag	Zuurgraad (pH)	De droge stof bevat in procenten:		
				CaCO <sub>3</sub>	humus + klei	zand

**W. J. Lindenberg, Nieuwolda**

*Perceel oud, onbekalkt groenland. De grasmat wijst op een slechte ontwatering*

33	0—15	Zware, donkere, humusrijke, kruimelige teelaarde, met veel graswortels . . .	6,5	0	64,6	35,4
34	15—45	Zware klei, nog wat humeus, bevat wortels, verkrumelt gemakkelijk . . .	6,4	0	61,3	38,7
35	45—55	Zware, grijze klei, weinig wortels. Vochtiger en kieverig, maar niet taai en op het oog niet knikkig . . .	6,6	0	57,5	42,5
36	55—75	Zeer zware, taai, knikkige klei; door veel ijzerafzettingen donker van kleur . . .	6,6	0	87,1	12,9
37	75—90	Zeer zware, taai knik, met bruine ijzerafzettingen. Bevat gele katekteleplekken, doch is niet zuur . . .	6,9	0	85,1	14,9
38	90—113	Zeer zware klei, met dunne zandlaagjes en veel bruine ijzerafzettingen. Vochtiger dan n°. 36 en n°. 37 en daardoor minder taai . . .	7,4	1,7	66,8	31,5
39	113—145	Vrij zware klei, met veel bruine ijzerafzettingen; vochtig en kieverig; doch niet taai . . .	7,3	7,6	37,2	55,2
40	145—155	Vrij zware klei, plaatselijk zandig; natter en slepper dan n°. 39 en met minder ijzerafzettingen . . .	7,9	6,9	37,5	55,6

842

**G. Koster, Woltersum**

*Perceel sedert minstens 25 jaar bouwland. Op de wendakkers schuimaarde gegeven*

49	15—25	Zeer zware, iets zandgelaagde, vrij taai en knikkige klei, met ijzerafzettingen. 25—35 cm is meer zandig . . .	6,9	0	68,4	31,6
50	35—65	Zeer zware, knikkige klei, met veel ijzerafzettingen. Onderste 15 cm meer zandig. Bevat plaatselijk iets darg . . .	7,0	0,1	68,5	31,4
51	65—115	Zware, natte en kieverige klei, met veel ijzerafzettingen . . .	7,2	4,3	42,8	52,9
52	115—150	Zware, natte en kieverige klei, met weinig ijzerafzettingen. Plaatselijk iets dargachtig . . .	7,2	6,3	50,5	43,2

**S. A. Sebens, Nieuwolda**

*Perceel bouwland, 30 jaar geleden gevoeld. Onbekalkt*

41	10—55	Zeer zware klei, met weinig wortels. Ten deele taai en knikkig. Bevat veel bruine ijzerafzettingen . . .	6,5	0,4	68,7	30,9
42	55—110	Zware, iets zandgelaagde, vochtige, doch niet taai klei. Bevat nog wat ijzerafzettingen . . .	7,5	6,0	56,6	37,4
43	110—130	Als n°. 42, doch natter . . .	7,6	6,8	55,4	37,8



**J. Vrieling, Westervrijtwerd**

*Perceel sedert minstens 25 jaar groenland*

44	0—20	Zware klei, 0—10 cm donker, humeus, veel wortels en kruimelig; 10—20 cm lichter van kleur en meer taai. 20—50 cm zandige klei . . . . .	6,5	0	51,8	48,2
45	50—65	Zware, grijze klei + ijzerafzettingen. Wel vaste boorsels, doch geen typische knik	7,1	0	53,0	47,0
46	65—87	Zware, lichtgrijze klei + lichtbruine ijzerafzettingen, plaatselijk meer zandig. Vrij vochtig en wat kleverig, maar niet taai . . . . .	7,9	8,2	42,5	49,3
47	88—136	Lichtgrijze klei, ten deele zeer zwaar, rest meer zandig. Bevat wat lichtbruine ijzerafzettingen. . . . .	7,7	11,2	49,7	39,1
48	136—156	Als n.º 47, doch gemiddeld iets zwaarder . . . . .	7,7	11,3	53,3	35,4

**W. Bakker, Saaxum**

*Perceel grasland*

53	0—20	0—10 cm humeus, kruimelig en beworteld; rest lichter van kleur en minder kruimelig, doch niet taai . . . . .	6,6	0,1	55,4	44,5
54	25—55	Zeer zware, taate, kniktige grond. Bevat plaatselijk vrij veel bruine ijzerafzettingen	7,0	0,3	64,8	34,9
55	55—95	Zware, grijze klei, met wat bruine ijzerafzettingen. Niet brokkelig, maar ook niet taai . . . . .	7,6	5,1	52,1	42,8
56	95—135	Als n.º 55, doch natter en kleverig . . . . .	7,7	3,0	48,1	48,9
57	135—170	Sterk zandige klei . . . . .	8,1	9,3	22,2	68,5

TABEL II

## Perceel groenland bij GIBBS. KREMER te Oldehove

N <sup>o</sup> . B	Kuul	Diepte van de laag in cm	Omschrijving van de laag	De droge stof bevat in procenten:				Zuurgraad (pH)
				CaCO <sub>3</sub>	humus (elem.)	klei	zand	
7975	I	3—13½	Zware grijze klei, goed te verbrokkelen, flink doorworteld, bevat kleine zandige plekkjes, de droge kluiten iets stugger	0	4,1	57,9	38,0	6,3
7976	I	13½—22½	Zware grijze klei, bovenste gedeelte nog goed te verbrokkelen, onderste gedeelte iets natter en kleveriger, in bovenste gedeelte wortels nog vrij talrijk	0	2,5	60,6	36,9	6,5
7977	I	23—34	Zeer zware grijze klei met enkele bruine ijzerafzettingen, taai en pikzig, laat zich nog betrekkelijk gemakkelijk verbrokkelen, wortels minder talrijk	0	2,3	72,5	25,2	7,0
7978	I	34—41	Zeer zware lichtgrijze klei met wat ijzerafzettingen, zeer taai, laat zich niet verbrokkelen, moet van elkaar getrokken worden, nog enkele wortels	0	1,5	81,1	17,4	7,3
7979	I	43—53	Zware lichtgrijze klei met wat bruine ijzerafzettingen, veel minder taai dan vorige laag, nog enkele wortels, zeer geringe opbruising met HCl (pbeatselijk)	0,9	1,0	60,5	37,6	7,7
7980	I	54—66	Zware lichtgrijze klei, met wat geelgroene ijzerafzettingen, nog stug, nog enkele wortels, flinke opbruising met HCl, vol met oude wortelgangen	3,8	0,8	53,7	41,7	7,8
7981	I	66—78	Iets natter zware, licht grijze klei met wat geel-groene ijzerafzettingen, onderste gedeelte iets natter stug, vochtiger, met enkele schelpresten, sterke opbruising met HCl, vol met oude wortelgangen	5,5	0,7	48,7	45,1	7,9
7982	I	78—94	Zware klei met nogal wat geel-groene plekken van ijzerafzettingen, nogal wat vochtig en daardoor wat kleverig, vermoedelijk bij indrogen wel te verbrokkelen	7,8	0,9	50,1	41,2	7,9
7983	I	94—110	Zware klei met zeer veel groen-gele ijzerafzettingen, natter en kleveriger	8,2	1,4	53,5	36,9	7,7
8043	II	3—14	Zware donkergrijze klei, laat zich goed verkrumelen, vrij veel wortels	0	3,4	49,6	47,0	6,8
8044	II	14—25	Zware donkergrijze klei met enkele bruine ijzerafzettingen, brokkelig, vrij veel wortels	0	2,6	49,6	47,8	6,7
8045	II	25—40	Zware klei, veel lichter van kleur, taai, maar laat zich nog verbrokkelen	0	1,0	53,7	46,3	7,0
8046	II	40—50	Zeer zware klei, nog lichter van kleur, taai en stug, met bruine ijzerafzettingen	0	0,8	63,9	35,3	7,2
8047	II	50—65	Zandige klei, weinig wortels	0	0,3	36,1	63,6	7,3
8048	II	65—80	Zware lichtgrijze klei met wat lichtbruine ijzerafzettingen, weinig wortels, tamelijk taai en stug, sterke opbruising met HCl	5,0	0,7	66,8	27,5	8,0

8049	II	80—95	Zeer zware lichtgrijze klei met geel-groene ijzerafzettingen, kleverig, zeer taai en stug, vol gaatjes van oude wortels	8,0	0,7	62,9	28,4	8,1
8050	II	95—110	Zware grijze klei met bruine, vermoedelijk veenachtige gedeelten, erg vochtig en kleverig, doch niet taai en stug.	9,4	0,4	37,6	52,6	8,7
7984	III	3—15	Als 7975, maar iets stugger	0	2,9	52,7	44,4	6,8
7985	III	15—30	Als 7976	0	1,9	54,6	43,5	6,9
7986	III	30—36	Zandige klei, zoo goed als geen wortels, licht hoorbare opbruising met HCl	0,4	0,8	46,4	52,4	7,4
7987	III	36—56	Zeer zandige klei, sterke opbruising met HCl.	3,7	0,6	34,9	60,8	7,8
7988	III	56—81	Vrij zware klei met enkele geel-groene ijzerafzettingen, betrekkelijk stug, enkele worteltjes, onderin schelpjes	6,1	0,7	45,1	48,1	7,8
7989	III	81—110	Zware klei met veel geel-groene ijzerafzettingen, nogal vochtig en daardoor kleverig, maar niet stug.	7,8	1,3	54,6	36,3	7,8
7990	IV	3—13	Zeer zware klei, iets stug maar toch verkrumelbaar, goed doorworteld	0	4,2	61,6	34,2	6,5
7991	IV	13—24	Zeer zware klei, stug, maar brokkelig, beworteling minder talrijk dan bij 7976, kleur iets grauwer dan van 7976	0	2,8	72,4	24,8	6,9
7992	IV	24—36	Zeer zware grijze klei met enkele ijzerafzettingen, taai en stug, minder brokkelig dan 7977, weinig wortels.	0	1,3	67,7	31,0	7,1
7993	IV	36—46	Zware klei met een zandlaagje er tusschen, weinig wortels.	0,6	0,8	47,1	51,5	7,4
7994	IV	46—56	Zeer zware grijze klei met tamelijk veel geel-groene ijzerafzettingen, wel wat taai, maar laat zich vrij gemakkelijk verbrokkeljen, bevat enkele vrijwel verweerde schelpresten, plaatselijk opbruising met HCl	1,3	1,0	63,6	34,1	7,6
7995	IV	56—68	Zware lichtgrijze klei met tamelijk veel geel-groene ijzerafzettingen, nogal taai, verbrokkeljt niet gemakkelijk, nog enkele wortels, wat schelpresten, duidelijke opbruising met HCl.	5,2	1,1	54,2	39,5	7,7
7996	IV	68—80	Zeer zware lichtgrijze klei met meer geel-groene ijzerafzettingen, vrij nat en daardoor kleverig, meer of minder taai, geen wortels.	6,4	1,6	70,6	21,4	7,6
7997	IV	80—95	Zware klei met zandlaagjes, weinig geel-groene ijzerafzettingen, nogal nat, zwaarste gedeelte tamelijk kleverig.	6,7	2,5	54,6	36,2	7,5
7998	IV	95—110	Zeer zware klei met een enkel zandlaagje, veel bruine ijzerafzettingen, tamelijk stopvertachtig	6,8	3,8	68,0	21,4	7,4
8051	V	2—20	Zeer zware donkergrijze klei, iets stug, maar toch verkrumelbaar, goed doorworteld.	0	4,2	63,5	32,3	6,3
8052	V	20—34	Zeer zware grijze klei, tamelijk stug en taai, minder wortels.	0	3,0	71,1	26,9	6,7
8053	V	34—48	Zeer zware lichtgrijze klei met wat lichtbruine ijzerafzettingen, stug en taai, weinig wortels.	0	1,8	73,1	25,1	6,9
8054	V	48—64	Zware klei met iets zand en vrij veel geel-groene ijzerafzettingen, tamelijk stug en taai, weinig wortels.	0,4	0,9	58,1	40,6	7,4
8055	V	64—80	Zware klei met vrij veel geel-groene ijzerafzettingen, vochtig en daardoor wat kleverig, doch niet stug en taai, nog enkele wortels, duidelijke opbruising met HCl.	4,7	1,0	53,2	41,1	7,8
8056	V	80—95	Zeer zware klei, met vrij veel ijzerafzettingen, iets stug, geen wortels meer	7,1	1,5	64,5	26,9	7,7
8057	V	95—110	Zeer zware klei met wat ijzerafzettingen, tamelijk taai.	7,3	2,4	69,0	21,3	7,8

TABEL III

## Perceel bouwland bij W. K. VAN DER PLOEG te Westervijverd

N <sup>o</sup> . B	Kuil	Diepte van de laag in cm	Omschrijving van de laag	De droge stof bevat in procenten:				Zuur- graad (pH)
				CaCO <sub>3</sub>	humus (elemn.)	klei	zand	
8396	I	0—18	Bouwvoor; middelmatig zware grijze klei, goed te verkrumelen . . .	0	2,3	37,1	60,6	6,8
8397	I	18—29	Middelmatig zware klei; iets lichter van kleur en iets stijver, maar nog goed te verkrumelen . . . . .	0	1,9	39,0	59,1	6,5
8398	I	29—39	Zware, taai klei, kleverig . . . . .	0	1,1	53,9	45,0	6,7
8399	I	39—49	Zware klei, iets minder taai, maar iets natter en daardoor iets kleveriger, met iets bruine plekken van ijzeroxide . . . . .	0	0,8	53,4	45,8	7,0
8400	I	49—54	Overgangslaag. Op 54 cm begint opbruising met HCl . . . . .	0	0,8	50,9	48,3	7,5
8401	I	54—66	Zware, lichtgrijze klei met iets zandplekjes en groenbruine ijzer- afzettingen, goed te verkrumelen . . . . .	1,7	0,6	45,7	52,0	7,6
8402	I	66—78	Als voorgaande laag, maar met veel ijzerafzettingen . . . . .	2,8	0,5	42,5	54,2	7,6
8403	I	78—110	Klei- en zandlaagjes wisselen elkaar af, iets groenbruine ijzerafzettingen . . . . .	7,2	0,3	27,9	64,6	7,8
8404	II	0—20	Bouwvoor; middelmatig zware, grijze klei, goed te verkrumelen . . .	0	2,5	37,8	59,7	7,2
8405	II	20—32	Middelmatig zware klei, iets lichter van kleur, nog goed te verkrumelen . .	0	1,9	40,3	57,8	6,7
8406	II	32—43	Zware, stugge en taai klei, met iets bruine ijzeroxideplekken; enkele plekjes, zoo groot als speldknoppen, bruisen met HCl op . . . . .	0	0,9	52,9	46,2	7,1
8407	II	43—54	Zware klei, iets minder taai met iets meer bruine ijzeroxideplekken, bruiet met HCl op, bevat nogal wat gaafjes van wortels . . . . .	3,7	0,7	46,8	48,8	8,0
8408	II	54—72	Iets zandiger klei en daardoor iets minder taai, met iets meer bruine ijzeroxideplekken, vooral van 63—72 cm zeer bruin van kleur. Op 72 cm begint een zandlaagje . . . . .	7,5	0,5	40,2	51,8	7,9
8409	II	72—86	Zandlaagjes wisselen met kleilaagjes af, iets groenbruine ijzerafzettingen .	9,0	0,5	40,8	49,7	7,8
8410	II	86—110	Als voorgaande laag, maar met iets meer zandlaagjes . . . . .	10,5	0,3	32,8	56,4	7,8
8411	III	0—24	Donkergeluurde, kruimelige bouwvoor; iets zwaarder en stugger dan bij de kuilen I en II . . . . .	0	2,6	47,4	50,0	7,4
8412	III	24—36	Veel lichter gekleurde, zware klei, taai, moet van elkaar getrokken worden, met enkele bruine ijzeroxideplekken . . . . .	0	0,9	56,9	42,2	7,4
8413	III	36—48	Zeer zware, stugge klei, moeilijk te verkrumelen, met enkele bruine en geelgroene ijzerafzettingen, sterke opbruising met HCl . . . . .	6,5	0,8	66,6	26,1	7,7
8414	III	48—60	Als voorgaande laag, maar niet zoo taai en met hier en daar plekjes zand, met meer geelgroene ijzerafzettingen . . . . .	12,0	0,7	61,2	26,1	7,8
8415	III	60—72	Zware klei, nog taai, met veel geelgroene ijzerafzettingen . . . . .	12,6	0,7	56,8	29,9	7,7
8416	III	72—84	Als voorgaande laag . . . . .	11,8	0,8	55,5	31,9	7,7
8417	III	84—110	Klei- en zandlaagjes wisselen elkaar af als in kuil I . . . . .	11,1	0,7	44,2	44,0	7,8

TABEL IV

## Perceel bouwland bij S. A. SEBENS te Nieuwolda

N <sup>o</sup> . B	Kuif	Diepte van de laag in cm	Omschrijving van de laag	De droge stof bevat in procenten:				Zuur- graad (pH)
				CaCO <sub>3</sub>	humus (elem.)	klei	zand	
8209	I	8—25	Zware, maar geen stugge, grijze klei . . . . .	0,4	3,4	61,3	34,9	7,6
8210	I	25—40	Zware, zeer brokkelige, grijze klei met, vooral in de benedenste 10 cm, enkele gele plekkjes van kateklei . . . . .	0,3	2,4	67,8	29,5	7,5
8211	I	40—60	Zware, tamelijk brokkelige, grijze klei, sterk bruin gekleurd door ijzer-oxyde . . . . .	0,6	1,2	56,0	42,2	7,5
8212	I	60—65	Als voorgaande, nog sterk ijzerhoudend, nog geen opbruising met HCl . . . . .	1,8	1,4	60,2	36,6	7,6
8213	I	65—80	Klei met enkele zandlaagjes, veel minder bruin gekleurd, sterke op-bruising met HCl . . . . .	5,4	1,6	48,9	44,1	7,8
8214	I	80—100	Als voorgaande . . . . .	7,2	2,5	48,8	41,5	7,8
8215	II	8—17	Zware, stugge, grijze klei met enkele bruine plekken van ijzeroxyde . . . . .	0	2,8	64,9	32,3	7,4
8216	II	17—30	Zeer zware, stugge, grijze klei met gele plekken van kateklei en vrijwel geen bruine plekken van ijzeroxyde . . . . .	0	2,1	76,6	21,3	6,9
8217	II	30—42	Zeer zware, stugge, grijze klei met enkele bruine ijzeroxyde afzettingen . . . . .	0	1,5	74,1	24,4	6,9
8218	II	42—50	Veel minder zware klei met meer bruine ijzeroxyde afzettingen . . . . .	0	1,2	59,1	39,7	7,0
8219	II	50—62	Als voorgaande, maar sterk bruin gekleurd door ijzeroxyde . . . . .	0	1,2	57,3	41,5	7,3
8220	II	62—70	Grijze klei met enkele zandlaagjes en bruin en geel-groen gekleurde ijzerafzettingen. Opbruising met HCl begint op 65 à 70 cm . . . . .	1,6	1,1	51,8	45,5	7,5
8221	II	70—85	Als voorgaande, maar sterke opbruising met HCl . . . . .	5,0	1,5	54,2	39,3	7,7
8222	II	85—100	Als voorgaande, met iets meer opbruising . . . . .	6,8	2,0	47,1	44,1	7,8
8223	II	100—120	Als voorgaande . . . . .	7,7	2,7	47,1	42,5	7,7
8224	—	0—9	Bovengrond . . . . .	0,8	3,2	54,7	41,3	7,7
8225	III	8—20	Zware, stugge, grijze klei . . . . .	1,2	3,4	54,3	41,1	7,7
8226	III	20—36	Zware, stugge, grijze klei, iets donkerder van kleur en veel brokkeliger dan voorgaande; valt in dobbelsteentjes uit elkaar . . . . .	0	2,8	61,5	35,7	7,5
8227	III	36—50	Zeer zware, stugge, brokkelige, grijze klei met gele plekken van kate-klei; de meeste gele plekken zitten in de benedenste 5 cm . . . . .	0	1,9	76,1	22,0	7,4
8228	III	50—72	Veel minder zware klei, sterk bruin gekleurd door ijzeroxyde . . . . .	0,7	1,2	57,1	41,0	7,5
8229	III	72—87	Grijze klei met enkele zandlaagjes en bruin gekleurde ijzerafzettingen; sterke opbruising met HCl . . . . .	4,8	1,4	55,5	38,3	7,7
8230	III	87—100	Als voorgaande, maar met meer zandlaagjes en minder bruine plekken van ijzerafzettingen . . . . .	4,6	2,0	48,0	45,4	7,8
8231	III	100—120	Als voorgaande . . . . .	6,7	2,6	46,9	43,8	7,7

TABEL V

Perceel *gescheurd grasland* bij J. WASSENAAR te *Marssum* (Fr.)

N <sup>o</sup> . B	Kuul	Diepte van de laag in cm	Omschrijving van de laag	De droge stof bevat in procenten:				Zuur- graad (pH)
				CaCO <sub>3</sub>	humus (elem.)	klei	zand	
8558	I	0—20	Donkergekleurde, humusrijke, goed verkrumelbare, zware kleigrond .	0	7,1	44,4	48,5	6,1
8559	I	20—40	Zeer zware, lichtgrijze klei met veel bruine afzettingen van ijzeroxyde .	0	2,1	53,0	44,9	6,7
8560	I	40—62	Zeer zware, lichtgrijze klei, taai, zonder bruine ijzerafzettingen . . .	0	1,0	64,6	34,4	7,3
8561	I	62—80	Zeer zware, lichtgrijze klei, zeer taai en stug, met van anderen veel bruine afzettingen van ijzeroxyde . . . . .	0,3	0,7	61,7	37,3	7,5
8562	I	80—100	Lichtgrijze, zandige klei, met enkele geelgroene ijzerplekken . . . . .	10,4	0,5	39,1	50,0	8,0
8563	I	100—120						
8564	II	0—25	Donkergekleurde, humusrijke, goed verkrumelbare, zware kleigrond	0	7,0	53,1	39,9	6,3
8565	II	25—40	Meer grijze, zeer zware klei met veel bruine afzettingen van ijzeroxyde; het bruine gedeelte stopverfachtig, van anderen minder bruin en brokkeliger . . . . .	0	2,2	70,0	27,8	6,6
8566	II	40—56	Lichtgrijze, zeer zware klei, zonder bruine ijzerafzettingen, iets minder	2,0	1,0	67,9	29,1	7,6
8567	II	56—72	taai en iets brokkeliger dan de overeenkomstige laag van kuil I	0,6	0,7	62,4	36,3	7,7
8568	II	72—88	Zeer zware, lichtgrijze klei, zeer taai en stug, met geelbruine ijzer- afzettingen . . . . .	0,8	0,6	58,1	40,5	7,6
8569	II	88—103	Als overeenkomstige laag van kuil I, maar iets zwaardere klei en van	8,0	0,3	48,3	43,4	7,8
8570	II	103—123	boven nog iets ijzerhoudend . . . . .	15,1	0,3	40,1	44,5	8,0
8571	III	0—24	Donkergekleurde, humusrijke, zware kleigrond, iets minder kruimelig dan bij de kuilen I en II . . . . .	0	7,9	53,0	39,1	6,8
8572	III	24—42	Zeer zware, lichtgrijze klei met veel bruine afzettingen van ijzeroxyde, tamelijk taai . . . . .	0	2,3	60,4	37,3	6,8
8573	III	42—60	Zeer zware, lichtgrijze klei zonder bruine ijzerafzettingen; typisch knukkige, taale laag, veel taaiër dan overeenkomstige laag bij de kuilen I en II . . . . .	0	1,2	69,1	29,7	7,2
8574	III	60—78	Als voorgaande laag, maar iets brokkeliger . . . . .	0	0,8	69,6	29,6	7,4
8575	III	78—98	Iets brokkeliger dan voorgaande laag, maar taaiër en met iets geel- groene ijzerafzettingen . . . . .	0,4	0,8	75,4	23,4	7,5
8576	III	98—110	Veel overeenkomst met de laag van 42—60 cm, maar met iets geel- groene ijzerafzettingen . . . . .	5,2	0,7	72,0	22,1	7,7
8577	III	110—125	Zeer zware, matte, pik-kige, grijze klei met geelgroene ijzerafzettingen	11,1	0,9	69,3	18,7	7,7

TABEL VI

*Perceel groenland bij GEBRS. KREMER te Oldehove*

Nummer van het boorgat	Diepte in cm van het boorgat onder maaiveld	Grondwaterstand in het boorgat vóór het leegpompen, in cm onder maaiveld <sup>1)</sup>	Laag, waarvan de doorlatendheid bepaald is, in cm onder maaiveld	Doorlaatfactor in meters per 24 uur
1	102	49	49—102	0,03
2	86	41	41—86	0,04
3	90	40	49—90	0,04
4	95	41	41—95	0,03
5	104	29	29—104	0,03
6	101	31	31—101	0,02
7	102	37	37—102	0,02
8	100	62	62—100	0,02
9	101	22	22—101	0,06
10	102	72	72—102	0,07
11	118	77	77—118	0,05
12	107	63	63—107	0,02
13	104	24	24—104	0,04
14	106	30	30—106	0,02
15	104	36	36—104	0,22 <sup>2)</sup>
16	103	32	32—103	0,07
17	102	66	66—102	0,03
18	109	71	71—109	0,03
		Gemiddeld	46—102	0,04

De gemiddelde temperatuur van het grondwater tijdens de metingen was 15,6° C. 's Winters bij een gemiddelde temperatuur van het grondwater van 5° C is de gemiddelde doorlatendheid rond 0,03 m per 24 uur.

<sup>1)</sup> Met een verschillende hoogte-ligging van het maaiveld ter plaatse van de boorgaten is geen rekening gehouden.

<sup>2)</sup> Deze doorlatendheid wijkt sterk van de overige af en is bij het berekenen van de gemiddelde doorlatendheid buiten beschouwing gelaten.

TABEL VII

*Perceel S. A. SEBENS te Nieuwolda*

Nummer van het boorgat	Diepte in cm van het boorgat onder maaiveld	Grondwaterstand in het boorgat vóór het leegpompen, in cm ondermaaiveld <sup>1)</sup>	Laag, waarvan de doorlatendheid bepaald is, in cm onder maaiveld	Doorlaatfactor in meters per 24 uur
12	125	92	92—125	3,4
13	122	87	87—122	6,6
16	121	84	84—121	0,5
17	117	73	73—117	1,4
18	118	98	98—118	0,5
19	120	96	96—120	0,5
20	122	81	81—122	0,8
21	122	78	78—122	4,2
25	120	81	81—120	1,0
26	118	107	107—118	1,0
27	123	107	107—123	0,4
28	111	75	75—111	21,6 <sup>2)</sup>
29	119	71	71—119	2,9
31	118	98	98—118	0,3
32	122	78	78—122	1,2
		Gemiddeld	87—120	1,8

<sup>1)</sup> Met een verschillende hoogte-ligging van het maaiveld ter plaatse van de boorgaten is geen rekening gehouden.

<sup>2)</sup> De doorlatendheid hier ter plaatse is sterk afwijkend en verder buiten beschouwing gelaten.

De gemiddelde temperatuur van het grondwater tijdens de metingen was 11° C. De gemiddelde doorlaatfactor bij een temperatuur van het grondwater van 5° C bedraagt 1,5 m per 24 uur.



TABEL VIII

*Perceel W. K. VAN DER PLOEG te Westerwijtwerd*

Nummer van het boorgat	Diepte in cm van het boorgat onder maaiveld	Grondwaterstand in het boorgat vóór het leegpompen, in cm onder maaiveld <sup>1)</sup>	Laag, waarvan de doorlatendheid bepaald is, in cm onder maaiveld	Doorlaatfactor in meters per 24 uur
1	108	39	39—108	0,02
2	93	78	78—93	0,03
3	100	44	44—100	0,04
4	106	82	82—106	0,05
5	101	54	54—101	0,04
6	102	39	39—102	0,08
7	106	40	40—106	0,17
8	105	30	30—105	0,11
9	102	54	54—102	0,11
10	107	57	57—107	0,03
11	109	49	49—109	0,28
12	105	44	44—105	0,17
13	106	22	22—106	0,27
14	104	29	29—104	0,14
15	107	40	40—107	0,13
		Gemiddeld	47—104	0,11

<sup>1)</sup> Met een verschillende hoogte-ligging van het maaiveld ter plaatse van de boorgaten is geen rekening gehouden.

De gemiddelde temperatuur van het grondwater tijdens de metingen was 9° C. De gemiddelde doorlaatfactor bij een temperatuur van het grondwater van 5° C bedraagt 0,10 m per 24 uur.

TABEL IX

## Volumegewicht en poriënvolumè

N <sup>o</sup> . B	Laag in cm	A-cijfer	Klei- gehalte in % op klei en zand = 100	Volume- gewicht	Soor- telijk gewicht	In 100 cc van den oor- spronkelijken grond komen voor cc			Poriën- volumè
						droge grond	water	lucht	
<b>Gebrs. Kremer te Oldehove — Kuil I</b>									
7975	3—11	27,6	60,4	1,38	2,70	51,3	38,1	10,6	48,7
7976	14—22	26,4	62,1	1,34	2,63	51,1	35,3	13,6	48,9
7977	24—32	33,3	74,2	1,27	2,65	48,0	42,4	9,6	52,0
7979	43—51	28,7	61,7	1,42	2,70	52,5	40,7	6,8	47,5
7980	54—62	26,6	56,3	1,45	2,69	54,0	38,6	7,4	46,0
7981	67—75	26,1	51,9	1,48	2,70	55,0	38,7	6,3	45,0
<b>Gebrs. Kremer te Oldehove — Kuil IV</b>									
7990	4—12	29,6	64,3	1,38	2,63	52,3	40,7	7,0	47,7
7991	14—22	29,2	74,5	1,31	2,61	50,2	38,1	11,7	49,8
7992	25—33	34,1	68,6	1,32	2,66	49,4	44,9	5,7	50,6
7994	47—55	31,1	65,1	1,34	2,71	49,4	41,6	9,0	50,6
7995	58—66	29,5	67,9	1,37	2,71	50,7	40,4	8,9	49,3
<b>W. K. van der Ploeg te Westerwijfwerd — Kuil II</b>									
8404	10—18	24,5	38,8	1,40	2,64	53,1	34,4	12,5	46,9
8405	21—29	24,0	41,1	1,49	2,65	56,2	35,8	8,0	43,8
8406	33—41	25,0	53,4	1,47	2,70	54,6	36,8	8,6	45,4
8407	42—50	24,6	49,0	1,41	2,71	54,6	36,4	9,0	45,4
8408	55—63	22,9	43,7	1,51	2,71	55,8	34,6	9,6	44,2
8409	73—81	27,8	45,1	1,41	2,70	52,2	39,1	8,7	47,8
<b>S. A. Sebens te Nieuwolda — Kuil II</b>									
8215	9—17	35,0	66,8	1,31	2,67	49,0	45,8	5,2	51,0
8216	19—27	32,5	78,2	1,36	2,67	50,8	44,0	5,2	49,2
8217	32—40	34,9	75,2	1,29	2,70	47,6	44,8	7,6	52,4
8219	50—58	40,2	58,0	1,14	2,71	42,1	45,8	12,1	57,9
8220	63—71	41,6	53,2	1,16	2,70	42,9	48,3	8,8	57,1
8221	77—85	39,1	58,0	1,22	2,68	45,5	47,6	6,9	54,5

TABEL X

## Gehalten aan ijzer in verschillende grondlagen van enkele bodemprofielen

N <sup>o</sup> . B	Diepte van de laag in cm	Omschrijving van de laag	De droge grond bevat in procenten:					In procenten op klei:		
			klei	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
<b>Profiel onder Uitwierda</b>										
457	0—25	Bouwvoor . . . . .	52,2	3,68	3,93	0,13	7,05	7,53		
458	25—52,5	1e kniklaag . . . . .	60,4	4,61	4,72	0,07	7,63	7,81		
459	52,5—77,5	2e kniklaag . . . . .	81,9	6,30	6,84	0,07	7,69	8,35		
460	77,5—107,5	Zandige klei . . . . .	35,3	3,16	3,47	0,08	8,95	9,83		
463	107,5—135	Zandige klei met ijzerazettingen . . . . .	20,4	2,59	2,36	0,15	12,70	11,57		
<b>Profiel Westerwijtwerd — Kuil II</b>										
8404	0—20	Bouwvoor . . . . .	37,8	2,71	3,12	0,13	7,17	8,25		
8405	20—32	Overgangslaag . . . . .	40,3	2,90	3,26	0,12	7,20	8,09		
8406	32—43	Stugge laag met iets bruine ijzeroxydeplekken . . . . .	52,9	4,22	4,55	0,09	7,98	8,60		
8407	43—54	Iets minder stugge laag, iets meer bruine plekken . . . . .	46,8	3,98	4,52	0,09	8,50	9,66		
8408	54—72	Iets zandiger klei met nog iets meer bruine ijzerplekken . . . . .	40,2	3,57	4,32	0,09	8,88	10,75		
8409	72—86	Zandgelaagde klei met iets geelgroene ijzerazettingen . . . . .	40,8	3,65	4,80	0,11	8,95	11,76		
<b>Profiel Marsum — Kuil II</b>										
8564	0—25	Donkergekleurde bouwvoor . . . . .	53,1	3,98	5,68	0,12	7,50	10,70		
8565	25—40	Zware kleilaag met veel bruine ijzerazettingen . . . . .	70,0	6,19	6,65	0,08	8,84	9,50		
8566	40—56	Stugge, zware kleilaag <i>zonder</i> bruine ijzerazettingen . . . . .	67,9	5,22	6,66	0,09	7,69	9,81		
8567	56—72	Iets zandiger klei met nog iets meer bruine ijzerplekken . . . . .	62,4	4,78	6,03	0,07	7,66	9,66		
8568	72—88	Zeer stugge, zware kleilaag met geelbruine ijzerplekken . . . . .	58,1	5,12	6,14	0,09	8,81	10,57		
8569	88—103	Iets zandiger klei . . . . .	48,3	3,93	5,03	0,10	8,14	10,41		
<b>Profiel Bedum</b>										
831	7—30	Bouwvoor . . . . .	55,8	3,72	4,28	0,12	6,67	7,67		
832	30—39	Donkergekleurde zware klei . . . . .	75,2	4,93	5,80	0,08	6,56	7,71		
833	39—66	Witte klei met gele plekken van ijzeroxyde . . . . .	81,1	5,52	6,57	0,11	6,81	8,10		
834	66—75	Overgangslaag . . . . .	62,0	3,96	5,08	0,14	6,39	8,19		
835	75—100	Zandige klei . . . . .	38,1	2,06	2,76	0,11	5,41	7,24		
836	100—130	Sterk ropdgekleurde zandige klei . . . . .	24,7	1,98	1,75	0,10	8,02	7,09		

## I N H O U D

	Blz.
VOORWOORD . . . . .	755
INLEIDING . . . . .	757
HOOFDSTUK I. . . . .	757
1. Wat verstaat men in het algemeen onder knik- of knipklei en waar komt dit grondtype voor? . . . . .	757
2. Op welke wijze kan het ontstaan van knikgrond verklaard worden? . . . . .	760
3. Op welke wijze heeft men in den loop der jaren getracht om de knikvorming tegen te gaan of om knikkige gronden te verbeteren? . . . . .	763
4. Onderzoek betreffende knikgronden in ons land in latere jaren . . . . .	764
HOOFDSTUK II . . . . .	776
1. In hoeverre is het mogelijk de kniklagen in oude, ondoorlatende kleigronden in het centrum van de Provincie Groningen te ver- wijderen? . . . . .	776
2. Rapport en Advies betreffende het in gesubsidieerde werk- verschaffing verbeteren van knikgronden in Centraal Groningen, uitgebracht aan het Dagelijksch Bestuur van de Groninger Maatschappij van Landbouw . . . . .	780
3. Onderzoek naar geschikte knikgronden voor een proefneming met het omzetten van de kniklaag . . . . .	784
HOOFDSTUK III. De bodemkundige gesteldheid van de uitgezochte perceelen . . . . .	786
1. Perceel groenland bij GEBBS. KREMER te Oldehove . . . . .	787
Ligging van het perceel en bijzonderheden . . . . .	787
Profielbeschrijving . . . . .	787
Bespreking van het bodemprofiel . . . . .	789
2. Perceel bouwland bij W. K. VAN DER PLOEG te Westerwijrtwerd . . . . .	791
Ligging van het perceel en bijzonderheden . . . . .	791
Profielbeschrijving . . . . .	791
Bespreking van het bodemprofiel . . . . .	793

	Blz.
3. Perceel bouwland bij S. A. SEBENS te Nieuwolda . . . . .	794
Ligging van het perceel en bijzonderheden . . . . .	794
Profielbeschrijving . . . . .	797
Bespreking van het bodemprofiel . . . . .	798
4. Perceel gescheurd grasland bij J. WASSENAAR te Marsum (Friesland) . . . . .	800
Ligging van het perceel en bijzonderheden . . . . .	800
Profielbeschrijving . . . . .	802
Bespreking van het bodemprofiel . . . . .	802

HOOFDSTUK IV. Bijzonderheden betreffende de omzetting en het resultaat daarvan op het bodemprofiel . . . . . 805

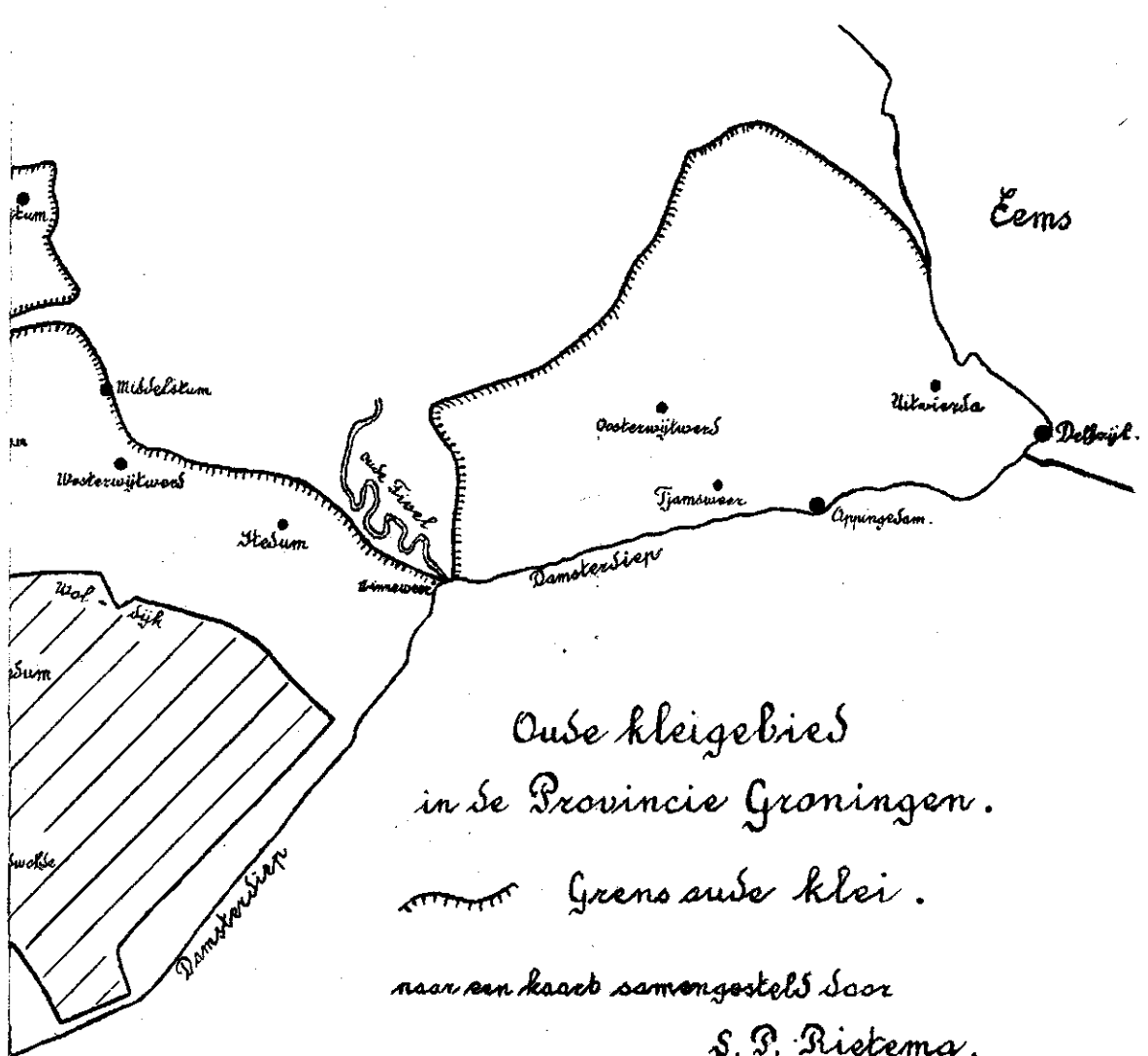
1. Perceel S. A. Sebens te Nieuwolda . . . . .	805
Wijze van omzetting . . . . .	805
Kosten van omzetting . . . . .	807
Resultaten van de omzetting . . . . .	808
2. Perceel W. K. VAN DER PLOEG te Westerwijtwerd . . . . .	810
Wijze van omzetting . . . . .	810
Kosten van omzetting . . . . .	811
Resultaten van de omzetting . . . . .	812
3. Perceel J. WASSENAAR te Marsum . . . . .	815
Wijze van omzetting . . . . .	815
Kosten van omzetting . . . . .	817
Resultaat van de omzetting . . . . .	817

HOOFDSTUK V. Waarnemingen betreffende de doorlatendheid van den grond voor water van de onderzochte perceelen en betreffende de grondwaterstanden in het omgezette en het niet omgezette gedeelte van deze perceelen . . . . . 820

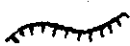
A. Doel van het doorlatendheidsonderzoek en van de grondwaterstandsmetingen . . . . .	820
B. Het doorlatendheidsonderzoek . . . . .	821
1. De wijze van uitvoering van het onderzoek en enkele gegevens . . . . .	821
2. Bespreking van de doorlatendheidsbepalingen . . . . .	822
a. Perceel bij GEBRS. KREMER te Oldehove . . . . .	822
b. Perceel bij S. A. SEBENS te Nieuwolda . . . . .	823
c. Perceel bij W. K. VAN DER PLOEG te Westerwijtwerd . . . . .	825

	Blz.
C. De metingen van de grondwaterstanden . . . . .	826
<i>a.</i> Perceel te Nieuwolda . . . . .	826
<i>b.</i> Perceel te Westerwijrtwerd . . . . .	827
<i>c.</i> Perceel te Marsum . . . . .	828
<i>d.</i> Samenvatting . . . . .	829
<b>HOOFDSTUK VI. Verdere onderzoekingen van de verschillende grond-</b> <b>lagen van de bemonsterde kuilen en beschouwingen betreffende</b> <b>de knikgronden . . . . .</b>	829
1. Volumegewicht en poriënvolume . . . . .	829
2. De gehalten aan ijzer . . . . .	832
3. Beschouwingen betreffende de knikgronden aan de hand van de verkregeu gegevens . . . . .	835
<b>NOTEN. . . . .</b>	838
<b>TABELLEN. . . . .</b>	840





Oude kleigebied  
in de Provincie Groningen.

 Grens oude klei.

naar een kaart samengesteld door

S. P. Bistema.

ingen.



