

NN31396 .1531 .2

STICHTING VOOR BODEMKARTERING
WAGENINGEN

WATERONTTREKKING ZUIDWENDING



St R. 1531 II

Stichting voor Bodemkartering
Postbus 98
6700 AB Wageningen
Tel. 08370-19100

**BIBLIOTHEEK
STADSGEBOUW**

Rapport nr. 1531
Project nr. 63.1143

WATERONTTREKKING ZUIDWENDING

W.J.M. te Riele
A.F. van Holst

Wageningen, juni 1981

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm en op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de Stichting voor Bodemkartering en de Landinrichtingsdienst te Utrecht.

17 FEB. 1983

JSN 170751-02

I N H O U D

	blz.
WOORD VOORAF	5
1 INLEIDING	7
1.1 Ligging en oppervlakte	7
1.2 Doel van het onderzoek	7
1.3 Werkwijze	7
2 BODEMKUNDIGE EN HYDROLOGISCHE VELDGEGEVENS	9
2.1 De bodemgesteldheid	9
2.1.1 Inleiding	9
2.1.2 De huidige bodemgesteldheid (gemengwoeld)	11
2.1.3 De oorspronkelijke bodemgesteldheid (niet-gemengwoeld)	14
2.2 De hydrologische gesteldheid	16
3 BEREKENINGSMETHODE VAN DE SCHADE DOOR TOE- GENOMEN VOCHTTEKORT	21
3.1 Algemeen	21
3.2 Benodigde invoergegevens	21
3.3 Rekenprocedure	22
4 VERWERKING TOT REKENGEGEVENS	25
4.1 Meteorologische gegevens	25
4.2 Bodemkundige gegevens	27
4.2.1 De effectieve wortelzone	27
4.2.2 Capillair geleidingsvermogen (standaardonder- grond en ondergrondtype)	29
4.3 Hydrologische gegevens	32
5 DE REKENRESULTATEN	35
LITERATUUR	37

LIJST VAN BIJLAGEN, AFBEELDINGEN EN TABELLEN

	BIJLAGEN	
1	Bodemkundige en hydrologische invoergegevens en de rekenresultaten	
2	Vlakkenkaart, schaal 1:5000	
3	Grondwaterklassenkaart van de huidige situatie, schaal 1:5000	
4	Veendiktekaart, schaal 1:5000	
5	Boorpuntenkaart, schaal 1:5000	
	AFBEELDINGEN	
1	Ligging van het onderzochte bedrijf, schaal 1:25 000	6
2	Plaats en aanduiding van de onderzochte percelen, schaal 1: 10 000	10
3	Topografische kaart van omstreeks 1899, schaal 1:25 000	12

		blz.
4	De grondwaterstanden in cm beneden maaiveld op 5-9-1980	18
5	Het verband tussen de grondwaterstand op 5-9-1980 en de GLG van een aantal peilbuizen in de omgeving	19
6	De frequentie-verdeling van de toegekende vochtka- rakteristiek en in de niet-gemengwoelde situatie	30
7	De verdeling van het vochttekort over de vlakken voor de niet-gemengwoelde en de gemengwoelde si- tuatie bij aardappelen, graan en bieten	34
	TABELLEN	
1	Indeling van de grondwatertrappen	20
2	Reductiefactoren (f) per 10 dagen voor de bepa- ling van de potentiële verdamping (E_{pot}) van aardappelen, graan en bieten	25
3	Verdampingsgegevens voor aardappelen, graan en bieten	26
4	Vocht karakteristiek van de onderscheiden wortel- zones	29
5	Bodemfysische parameters van de onderscheiden standaardondergronden (K/ψ -relaties)	31
6	De K/ψ -relaties per ondergrondtype	31
7	Gemiddeld vochttekort van alle kaartvlakken in mm voor aardappelen, graan en bieten	36

WOORD VOORAF

Ten behoeve van het Technisch Secretariaat van de Commissie inzake Wateronttrekking aan de Bodem (CoWabo) heeft de Stichting voor Bodemkartering in opdracht van de Landinrichtingsdienst te Utrecht een bodemkundig-hydrologisch onderzoek uitgevoerd op het bedrijf van de heer R.O. Meijer te Kibbelgaarn.

W.J.M. te Riele verrichtte de veldopname in de zomer van 1980 en schreef dit rapport. Voor informatie over de bodemgesteldheid raadpleegde hij ing. A.E. Clingeborg.

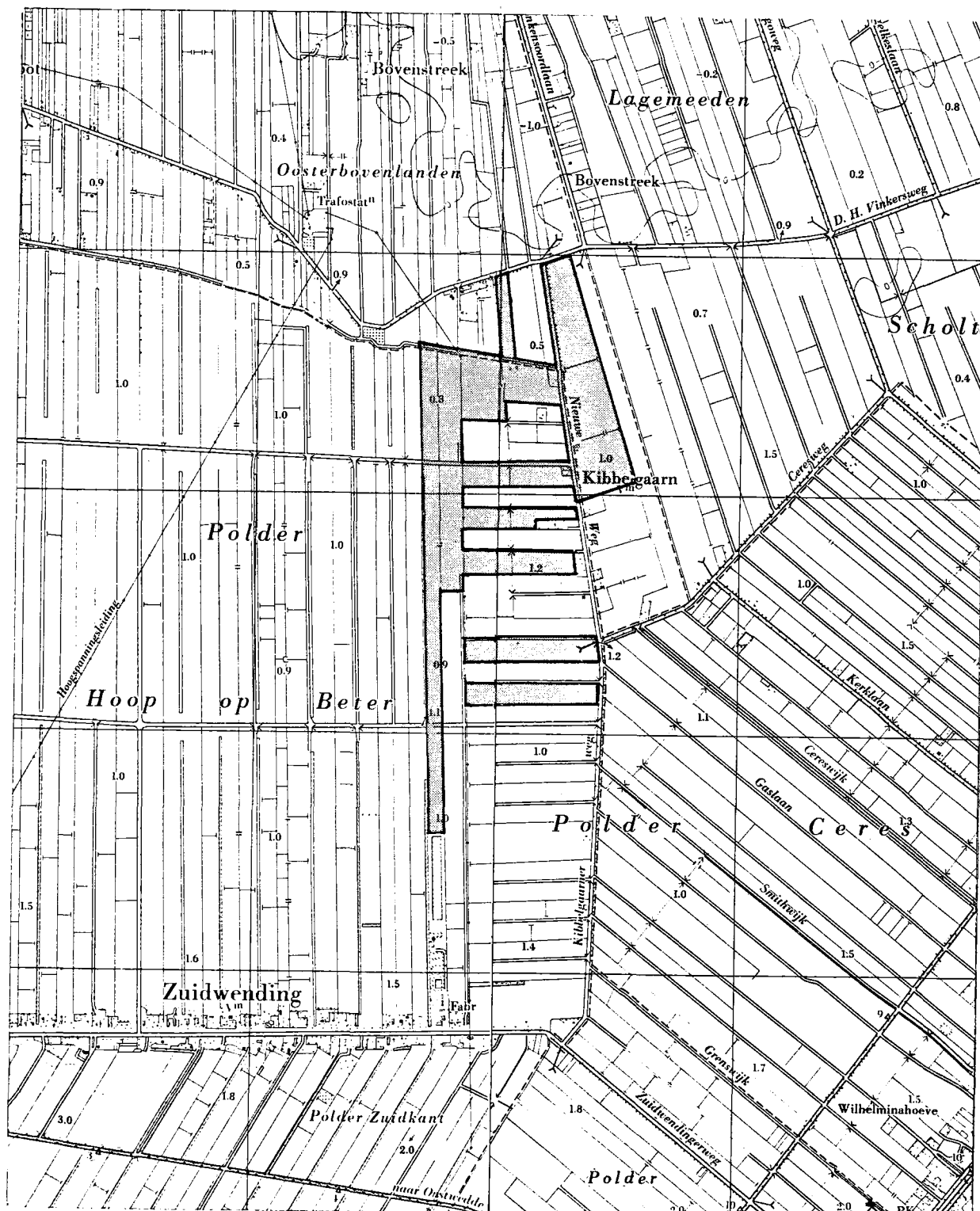
Het Technisch Secretariaat van CoWabo heeft de meteorologische gegevens verzameld en bewerkt en ing. G.J. Grotentraast beschreef de hierbij gevolgde werkwijze.

Dr.ir. P.J.M. de Laat heeft de relatieve verdamping en het vochttekort bij diverse bodemkundige en hydrologische situaties berekend met behulp van een door hem ontwikkeld rekenprogramma. Tevens heeft hij de in dit rapport opgenomen toelichting op de berekeningsmethodiek geschreven.

Ir. A.F. van Holst had de technische leiding van dit onderzoek en ing. H.J.M. Zegers de organisatorische leiding.

De Directeur,

Ir. R.P.H.P. van der Schans



12F/13A bladindeling van de Topografische kaart, schaal 1:25 000

Afb. 1 Ligging van het onderzochte bedrijf, schaal 1:25 000

1 INLEIDING

1.1 Ligging en oppervlakte

Het onderzochte bedrijf ligt bij de buurtschap Kibbelgaarn in de gemeenten Veendam en Meeden. Het bestaat uit 13 min of meer los van elkaar liggende percelen met een gezamenlijke oppervlakte van ca. 70 ha.

Het bedrijf ligt op de bladen 12F en 13A van de Topografische kaart, schaal 1:25 000 (afb. 1).

1.2 Doel van het onderzoek

Doel van het onderzoek was de benodigde bodemkundige en hydrologische gegevens te verzamelen voor de berekening van de droogteschade op het bedrijf van de heer R.O. Meijer in de jaren 1978 en 1979. Deze schade zou zijn ontstaan ten gevolge van grondwaterstandsverlaging door grondwateronttrekking van AKZO Zout Chemie Nederland BV te Veendam.

1.3 Werkwijze

Het onderzochte bedrijf is in de winter van 1978/79 gemengwoeld, zodat we de droogteschade moesten berekenen voor twee verschillende bodemkundige situaties. We moesten dus de huidige bodemgesteldheid vaststellen en de bodemgesteldheid vóór het mengwoelen reconstrueren.

Om de huidige bodemgesteldheid vast te stellen verrichtten we in totaal 304 boringen waarvan we een profielbeschrijving maakten. De boringsdichtheid bedroeg ruim vier per ha. Van deze boringen ging ongeveer een kwart tot enkele decimeters beneden het huidige GLG-niveau; de overige boringen gingen tot de mengwoeldiepte. In de profielbeschrijvingen van al deze boringen staan gegevens over de aard en dikte van de bewortelbare laag en over de samenstelling van de ondergrond. In de profielbeschrijvingen van de diepere boringen staat ook informatie over de huidige GLG. De plaatsen waar de boringen zijn verricht staan op de boorpuntenkaart (bijlage 5). Naast bovengenoemde boringen verrichtten we nog een aantal, veelal ondiepere, boringen waarvan geen profielbeschrijving is gemaakt. Deze boringen dienden om de begrenzing van de bodemeenheden nauwkeuriger te kunnen bepalen.

Om informatie te verkrijgen over het oorspronkelijke, niet door mengwoelen gewijzigde profiel verrichtten we een groot aantal boringen, voornamelijk aan de randen van de percelen. Deze boringen gingen veelal tot ca. 80 cm en zijn niet beschreven. Daarnaast maakten we gebruik van profielbeschrijvingen die door de Grontmij te Assen vervaardigd zijn om een

advies te kunnen opstellen m.b.t. het mengwoelen van het bedrijf, en van gegevens van de kartering voor de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50 000, en van beschrijvingen van vergelijkbare gronden in veenkoloniale gebieden. Tenslotte voerden we gesprekken met ter plaatse bekend zijnde bodemkundigen en met specialisten op deelaspecten van deze gronden en hebben we literatuur geraadpleegd.

Naar verschillen in profielopbouw, GLG-niveau en in het terrein waarneembare veldkenmerken (voornamelijk hoogteverschillen) hebben we tijdens de kartering een groot aantal vlakken met bepaalde bodemkundige en/of hydrologische kenmerken afgegrensd. Deze vlakken hebben we tijdens de verdere verwerking al dan niet in twee of meer vlakken onderverdeeld. Ook voor de niet-gemengwoelde situatie zijn we in eerste instantie uitgegaan van de tijdens de kartering vastgestelde bodemgrenzen. Daarna maakten we gebruik van de verdere gegevens.

Per vlak zijn het vochttekort en de relatieve verdamping berekend voor de gewassen aardappelen, bieten en graan, in verschillende bodemkundige, hydrologische en klimatologische situaties. De verschillende bodemkundige situaties zijn: niet-gemengwoeld (1978) en gemengwoeld (1979). Voor deze beide bodemkundige situaties zijn de berekeningen uitgevoerd voor de volgende hydrologische situaties: de huidige, twee ondiepere (25 en 15 cm ondieper) en twee diepere (15 en 35 cm dieper). Voor de niet-gemengwoelde situatie is gebruik gemaakt van de neerslag- en verdampingsgegevens van 1978, en voor de gemengwoelde situatie van de neerslag- en verdampingsgegevens van 1979.

Om de gemiddeld te verwachten schade in de toekomst te kunnen bepalen, zijn de berekeningen ook uitgevoerd voor de gemengwoelde situatie en de vijf hydrologische situaties in een 1, 5, 10, 20, 50, 70 en 90% droogtejaar. Hiervan is het gewogen gemiddelde bepaald.

De bodemkundige en hydrologische invoergegevens en de rekenresultaten staan in bijlage 1. De onderscheiden kaartvlakken, 159 in totaal, zijn weergegeven op de vlakkenkaart (bijl. 2).

Tijdens de veldopname hebben we per boring de volgende gegevens in een uitvoerige profielbeschrijving vastgelegd:

- a de bewortelbare diepte en de diepte van verwerking (mengwoelen);
- b het humusgehalte, het leemgehalte en de zandgrofheid van de bewortelbare laag;
- c de vochtkarakteristiek van de bewortelbare laag op basis van het humusgehalte, het leemgehalte en de pakking;
- d de diepte en de textuur of aard van de verschillende onder de bewortelbare laag voorkomende lagen;
- e de K/ψ -relatie van de ondergrond op basis van het leemgehalte, de zandgrofheid en de pakking of de aard van het materiaal;
- f bij de diepere boringen een schatting van het huidige GLG-niveau op basis van hydromorfe kenmerken.

Het voert te ver alle profielgegevens in dit rapport op te nemen. Voor meer gedetailleerde informatie verwijzen wij naar het boorregister dat berust in het archief van de Stichting voor Bodemkartering.

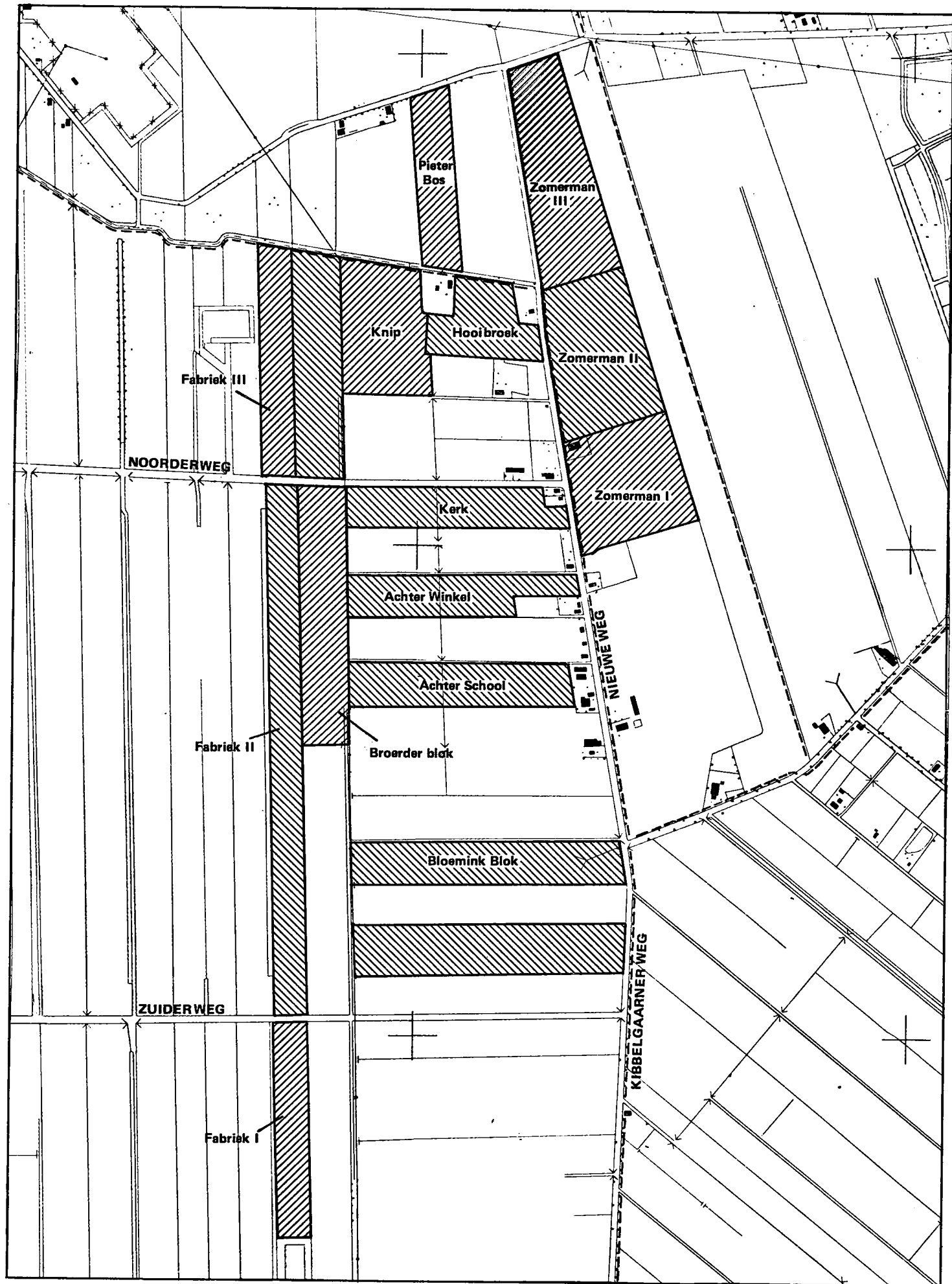
De veldopname is niet in één aaneengesloten periode uitgevoerd door de uitzonderlijk slechte weersomstandigheden in de zomer van 1980 en in verband met de lengte van de op het land staande graangewassen. Het bedrijf was ongeveer voor de helft beteeld met fabrieksaardappelen en voor bijna de helft met tarwe. Het restant werd ingenomen door bieten en rozen.

2.1 De bodemgesteldheid

2.1.1 Inleiding

In het voorgaande hebben we reeds opgemerkt dat het bij dit onderzoek zowel om de huidige gemengwoelde situatie, als om de niet-gemengwoelde situatie ging. Het ligt voor de hand dat met behulp van een kartering de huidige toestand in principe goed te inventariseren is. Bij gemengwoelde, van oorsprong reeds zeer heterogene ontginningsgronden is de representatieve waarde van een boring echter vrij gering. Met andere woorden bij de boringen aangetroffen feitelijke profielopbouw is soms slechts voor een zeer kleine oppervlakte representatief. Om hieraan wat tegemoet te komen hebben we met een nogal grote boringsdichtheid gekarteerd. Daarbij komt nog dat de gegevens van een boring over de aan- of afwezigheid en de dikte van de diverse lagen veelal wel over een grotere oppervlakte extrapolbeerbaar zijn (zie 2.1.3).

In de volgende paragrafen wordt meer in detail ingegaan op de bodemkundige situatie van het bedrijf van dit moment en op die van vóór het mengwoelen.



Afb. 2 Plaats en aanduiding van de onderzochte percelen, schaal 1:10 000

2.1.2 De huidige bodemgesteldheid (gemengwoeld)

Mengwoelddiepte

Uit de boringen is gebleken dat de mengwoeldiepte nogal wisselt (50 tot 150 cm), doch meestal 100 à 120 cm bedraagt. De percelen Fabriek III en Zomerman III (afb. 2) zijn over het algemeen aanzienlijk ondieper gemengwoeld. Ook loopt de mengwoeldiepte binnen één perceel vaak nogal uiteen. Soms konden we de woeldiepte niet goed bepalen doordat beneden een bepaalde diepte het materiaal in bepaalde opzichten verwerkt en in andere juist niet verwerkt leek (een vaste pakking had en heterogeen was of een losse pakking had en homogeen was).

Maaiveldsligging

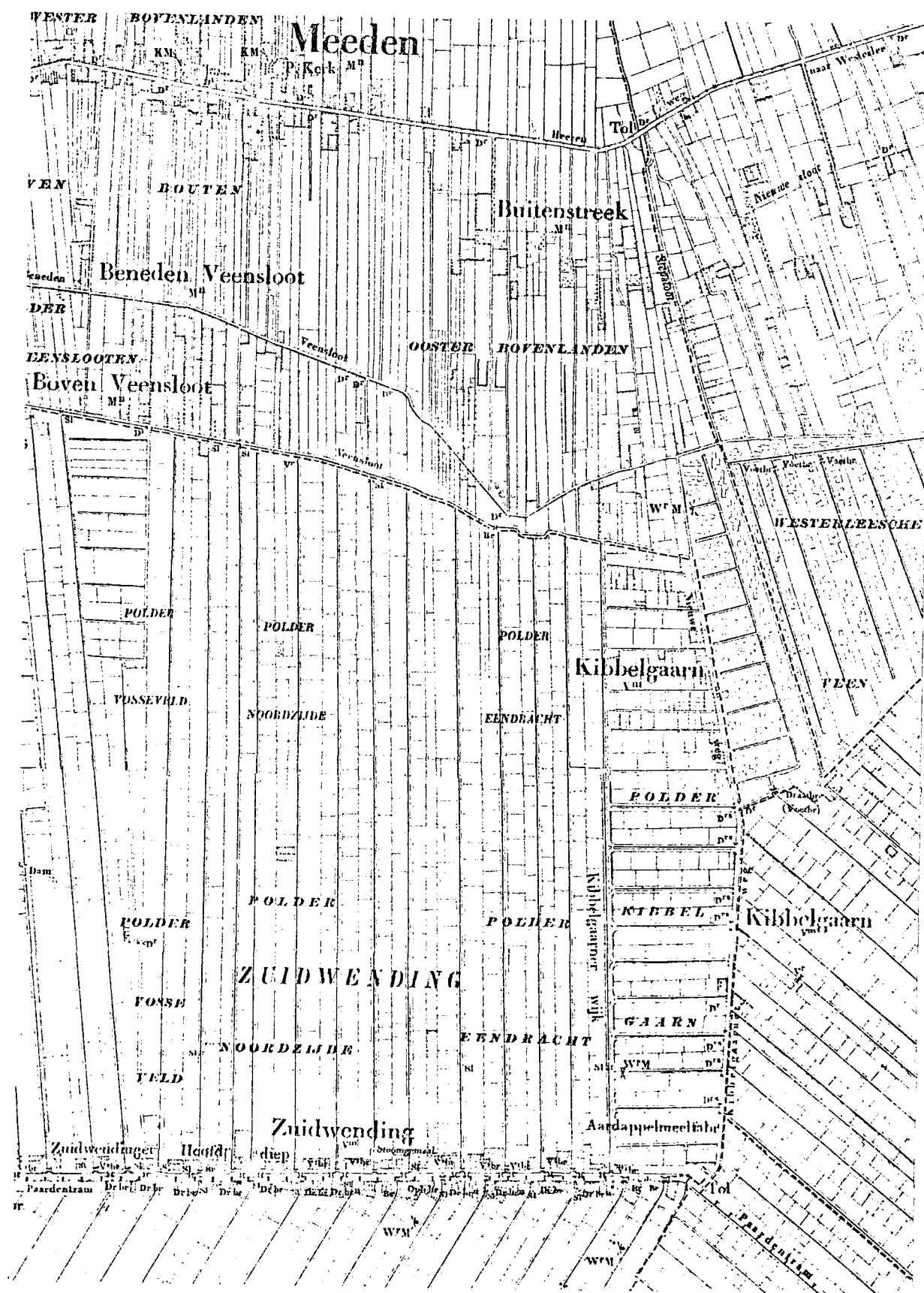
De maaiveldshoogte binnen de percelen verschilt van plaats tot plaats vaak sterk. Dit hangt in het algemeen nauw samen met het al dan niet voorkomen van veen in het profiel. Het perceel Zomerman I heeft echter een zeer vlakke ligging. De percelen Achter Winkel en Fabriek II zijn sterk geaccidenteerd, terwijl laatstgenoemde ook veel micro-reliëf bezit. Het was bij de gegeven kaartschaal derhalve niet altijd mogelijk om op zich goed waarneembare hoogteverschillen op kaart weer te geven.

Humusgehalte van de bewortelbare laag

Het humusgehalte van de bewortelbare laag varieert van plaats tot plaats en vaak zelfs ook binnen het profiel. Het humusgehalte hangt nauw samen met de relatieve hoogteligging, waarmee ook het al of niet voorkomen van veen gecorreleerd is. In de laagten is de bovengrond vaak weinig of humusrijk en op de hogere delen vaak matig humeus (3 tot 5% humus). Er komen met name binnen de percelen Bloemink Blok, Achter Winkel, Achter School, Knip en Hooibroek vaak naast extreem hoge ook extreem lage humusgehalten voor. De organische stof in de bovengrond bestaat vaak uit wat wrede, zwarte humus. Er komt dikwijls een bijmenging voor met wat materiaal uit de zandondergrond en/of met veenmosveen.

Veen en moerig materiaal

Bij de meeste boringen kwam veen voor. De dikte van de veenlaag varieert soms ook over korte afstand sterk, en loopt uiteen van enkele centimeters tot meer dan een meter. De



Afb. 3 Topografische kaart van omstreeks 1899, schaal 1:25 000

exakte dikte konden we op veel plaatsen moeilijk vaststellen, doordat (een zekere) menging met de overige bodemlagen had plaatsgevonden. In het middengedeelte van perceel Fabriek III en in het er naast liggende perceel komt weinig of geen veen voor. Ook in het zuidelijke deel van perceel Zomerman III, het uiterste zuiden van perceel Fabriek II, de zuidelijke helft van perceel Fabriek I en in het middengedeelte van het perceel ten zuiden van perceel Bloemink Blok komt geen of zeer sporadisch veen voor. Vrij veel veen bevindt zich in het noordoosten van het naast perceel Fabriek III gelegen perceel, het noorden van perceel Knip en het uiterste zuidwesten van perceel Pieter Bos. Ook in het uiterste oosten van de percelen Kerk, Achter Winkel en Bloemink Blok is vrij veel veen aanwezig. De verbreiding van het veen is weergegeven op de veendiktekaart (bijl. 4).

Het veen bestaat doorgaans uit oligotroof oud veenmosveen dat vooral op het perceel Bloemink Blok, doch ook plaatselijk op de andere percelen, spalterig is.

Op veel plaatsen komt op de overgang van veen naar zand een gliedelaag voor. Dit is vooral het geval in het noorden van de percelen Fabriek II en III en in het ernaast liggende perceel en op enkele plaatsen in het noordelijke deel van perceel Fabriek I en in het westelijke deel van perceel Kerk.

Bolster komt voor op een aantal plaatsen in het zuidelijke deel van perceel Zomerman III en verder nog op enkele plaatsen in de percelen Zomerman I, Kerk en Fabriek II. In de percelen Zomerman I en III komt op relatief veel plekken bolster voor. Dit komt waarschijnlijk doordat de Zomerman-percelen vrij laat (tussen 1910 en 1930) ontgonnen zijn (afb. 3).

Broekveen hebben we slechts bij hoge uitzondering aangetroffen (perceel Zomerman II). Meerbodem komt vrij veel voor op perceel Bloemink Blok en verder vrij incidenteel op de overige percelen.

Podzol-B-resten

Behalve bij de gronden met meerbodem hebben we bij vrijwel alle gronden in de ondergrond resten van een podzol-B-horizont aangetroffen. De kleur en de hoeveelheid van het aangetroffen B-materiaal wijzen op een sterk uiteenlopende profielontwikkeling. Het B-materiaal, in het algemeen bestaande uit zwak lemig, zeer fijn zand, is vaak vermengd met A1- en/of C-materiaal. Het kan zeer vast zijn, zoals bijvoorbeeld het geval is in het perceel Bloemink Blok en in wat mindere mate in het perceel ten zuiden hiervan. Ook op sommige plaatsen in de percelen Achter School, Achter Winkel en Broeder Blok komen op het oog verwerkte, doch zeer vaste B-horizonten voor.

Dit B-materiaal vertoont veel kenmerken van waterhard.

C-ondergrond

De C-ondergrond bestaat in het algemeen uit goed gesorteerd, zeer tot matig fijn zand, dat bij de noordelijk gelegen percelen meestal leemarm is en bij de meer zuidelijk gelegen percelen veelal zwak lemig. Bij profielen waarin zich geen B-horizont heeft ontwikkeld bestaat de bovenkant van de C-ondergrond soms uit een humeuze (smeuïge) leemlaag. De C-ondergrond heeft vaak een zeer dichte pakking en is daardoor wat stagnerend voor de verticale waterbeweging, maar heeft mogelijk wat betere capillaire eigenschappen dan op grond van de textuur moet worden aangenomen.

2.1.3 De oorspronkelijke bodemgesteldheid (niet-gemengwoeld)

Aangezien er vóór het mengwoelen geen intensieve bodemkundige inventarisatie heeft plaatsgevonden moesten we de oorspronkelijke bodemkundige situatie trachten te reconstrueren. Voor het vaststellen van de droogteschade vóór het mengwoelen zijn echter alleen gegevens nodig over de aard en dikte van de bewortelbare laag en de aard van de ondergrond. Het was derhalve niet noodzakelijk de profielopbouw exact te reconstrueren. Er stonden ons verschillende gegevens ter beschikking.

Gegevens van de profielen in de gemengwoelde situatie

De gegevens van de profielen in de gemengwoelde situatie geven veelal wel enige indicatie omtrent de samenstelling van de oorspronkelijke bovengrond en het al of niet voorkomen van een veentussenlaag alsmede de dikte ervan in het oorspronkelijke profiel. Bij profielen die gerekend naar de thans nog aanwezige hoeveelheid veen een aanzienlijke veenlaag hebben gehad, bevat de bovengrond nu wellicht door veenbijmenging een hoger organische-stofgehalte dan oorspronkelijk. Bij profielen waarin van oorsprong geen of slechts een zeer dunne veenlaag voorkwam, bevat de bovengrond door bijmenging van zand uit de ondergrond waarschijnlijk gemiddeld minder humus dan oorspronkelijk.

Gegevens van de niet-gemengwoelde profielen langs de perceelsranden

De boringen langs de randen van de percelen boden veelal weinig informatie over de oorspronkelijke profielopbouw doordat we maar zelden een ongestoord profiel aantreffen. De percelen zijn veelal tot zeer dicht langs de rand gemengwoeld. Voorts bestaat de grens van een perceel vaak uit een zwetsloot of een gedichte klemsloot of een wijk. Voor zover we ongestoorde profielen konden aanboren, bleek dat de veenlaag dikker was dan op grond van de gemengwoelde profielen uit de directe omgeving werd verwacht. Voorts bleek dat de B2-horizont vaak zeer vast en niet bewortelbaar was en de bewortelbare bovengrond vrij dun en schraal.

Profielgegevens van de door de Grontmij in 1978 uitgevoerde bodemkundige verkenning

De profielgegevens van de Grontmij van vóór het mengwoelen hebben we vrij groot gewicht gegeven bij het reconstrueren van de oorspronkelijke bodemkundige situatie. Er waren echter niet van alle percelen gegevens aanwezig, terwijl de gegevens van sommige percelen erg summier waren (geringe boringsdichtheid). Niettemin konden we uit deze gegevens waardevolle informatie halen over het voorkomen van veen en de dikte van de bouwvoor. Voorts bleek eruit dat onder de bouwvoor op sommige plaatsen een mengsel van verschillende bodemhorizonten voorkwam en bij zandprofielen af en toe een uitspoelingslaag (A2-horizont). In hoeverre deze lagen bewortelbaar waren kunnen we moeilijk zeggen. Veiligheidshalve hebben we aangenomen dat ze nauwelijks of niet bewortelbaar waren.

Gegevens van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50 000

De bodemkaart, schaal 1:50 000, geeft, zij het globaal, voornamelijk informatie over de dikte van de veenlaag en de aard van de ondergrond.

Gegevens uit literatuur over vergelijkbare gronden in het veenkoloniale gebied

De literatuur geeft informatie over de wijze waarop de veengronden zijn ontgonnen en over welke cultuurmaatregelen zijn getroffen. Hieruit blijkt o.a. dat de bouwvoor zeer dun was en dat de bolster bij veel gronden in de loop der tijd geheel

of gedeeltelijk is aangeploegd en verdwenen. Het nog aanwezige veen is meestal zeer arm en zuur, en daarbij vaak spalterig, waardoor het niet of nauwelijks bewortelbaar is.

Reconstructie

Met behulp van de hiervoor besproken, fragmentarische gegevens kon toch een beeld worden gevormd van de oorspronkelijk aanwezige profielen. We onderscheiden twee hoofdtypen die als volgt kunnen worden omschreven:

- 1 Profielen met een humusrijke tot venige bovenlaag van 15 à 20 cm dikte, rustend op een in dikte sterk uiteenlopende veenlaag. Deze veenlaag bestaat veelal uit vast oud veenmosveen, dat aan de bovenkant vaak spalterig is, terwijl de onderkant soms gliedeachtig ontwikkeld is. Boven het oude veenmosveen komt sporadisch nog bolster voor. De minerale ondergrond is meestal vrij vast en bestaat uit leemarm tot zwak lemig dekzand, waarin een podzolprofiel is ontwikkeld. De podzol-B is dikwijls zeer kazig. De B3-horizont komt soms voor in de vorm van een sterk ontwikkelde, zeer vaste waterhardlaag. De gronden met deze profielopbouw hebben doorgaans een topografisch lage ligging.
- 2 Profielen met een matig humeuze bovengrond van ca. 20 cm dikte rustend op een A2-horizont of rechtstreeks op de B2. De eventueel aanwezige A2-horizont is witgrijs van kleur en uitermate schraal. De B2-horizont is nogal uiteenlopend van dikte en aard. Naast zeer vaste, verkitte B-horizonten komen er ook tamelijk milde voor. In het algemeen zal de bewortelbaarheid van deze ondergronden door de aard van de humus en de dichtheid van het zand wat minder zijn dan van de "normale" dekzandgronden. De B2-horizonten alsmede de C-horizonten bestaan meestal uit leemarm tot zwak lemig zand. De hier beschreven gronden nemen doorgaans de hogere delen van de veenkoloniale gronden in.

Beide hierboven omschreven profieltypen zullen vóór het mengwoelen verspreid over het gehele bedrijf zijn voorgekomen. De typen 1 en 2 hebben waarschijnlijk resp. ca. tweederde en een derde van de oppervlakte ingenomen.

2.2 De hydrologische gesteldheid

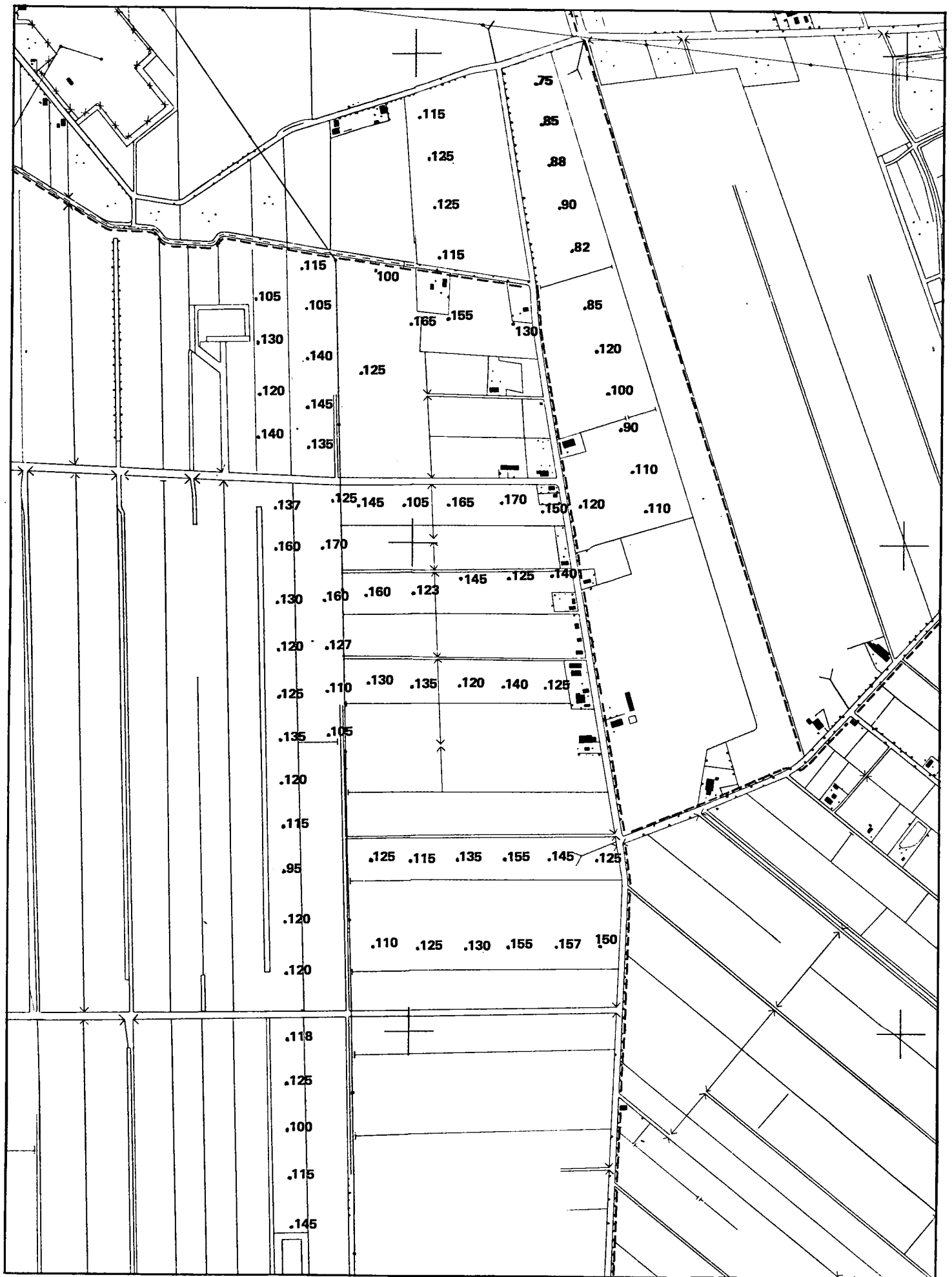
Om de hydrologische gesteldheid vast te stellen hebben we op de eerste plaats tijdens de kartering de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) geschat. Deze schattingen zijn voornamelijk gebaseerd op hydromorfe kenmerken die zich op veel plaatsen vrij duidelijk in het profiel aftekenen. Voor de meeste gronden van het bedrijf bedraagt de geschatte GLG 100 tot 150 à 160 cm beneden maaiveld.

Daarnaast hebben we op een bepaald tijdstip in boorgaten met een dichtheid van één per hectare de grondwaterstand gemeten. Hoewel de waarde van een eenmalige grondwaterstandsmeting betrekkelijk gering is, geeft deze toch een indicatie van de hydrologische gesteldheid, temeer daar we deze meting hebben verricht na een periode met slechts geringe neerslag en op een tijdstip in het seizoen dat het grondwaterstandsniveau niet of nauwelijks door andere effecten werd beïnvloed. Uit zowel de gemeten grondwaterstanden, die in afb. 4 zijn weergegeven, als de GLG-schattingen blijkt dat het betrekkelijk natte gronden zijn.

Gelijktijdig met de opname in de boorgaten hebben we ook de grondwaterstand gemeten in een aantal buizen met langjarige gegevens. Hieruit bleek dat de grondwaterstanden op de opnamedatum zich ca. 30 cm boven het GLG-niveau bevonden (afb. 5). Daardoor konden we bij benadering het GLG-niveau ter plaatse van de boorgaten bepalen. De aldus "berekende" GLG's kwamen over het algemeen redelijk overeen met de geschatte GLG's, maar meestal bevond de geschatte GLG zich wat ondieper dan de "berekende". Het is niet uitgesloten dat het huidige zomergrondwaterniveau zich nog niet volledig in het profiel aftekent. Veiligheidshalve hebben we daarom bij de definitieve vaststelling van het huidige GLG-niveau aan de "berekende" waarde een wat groter gewicht toegekend.

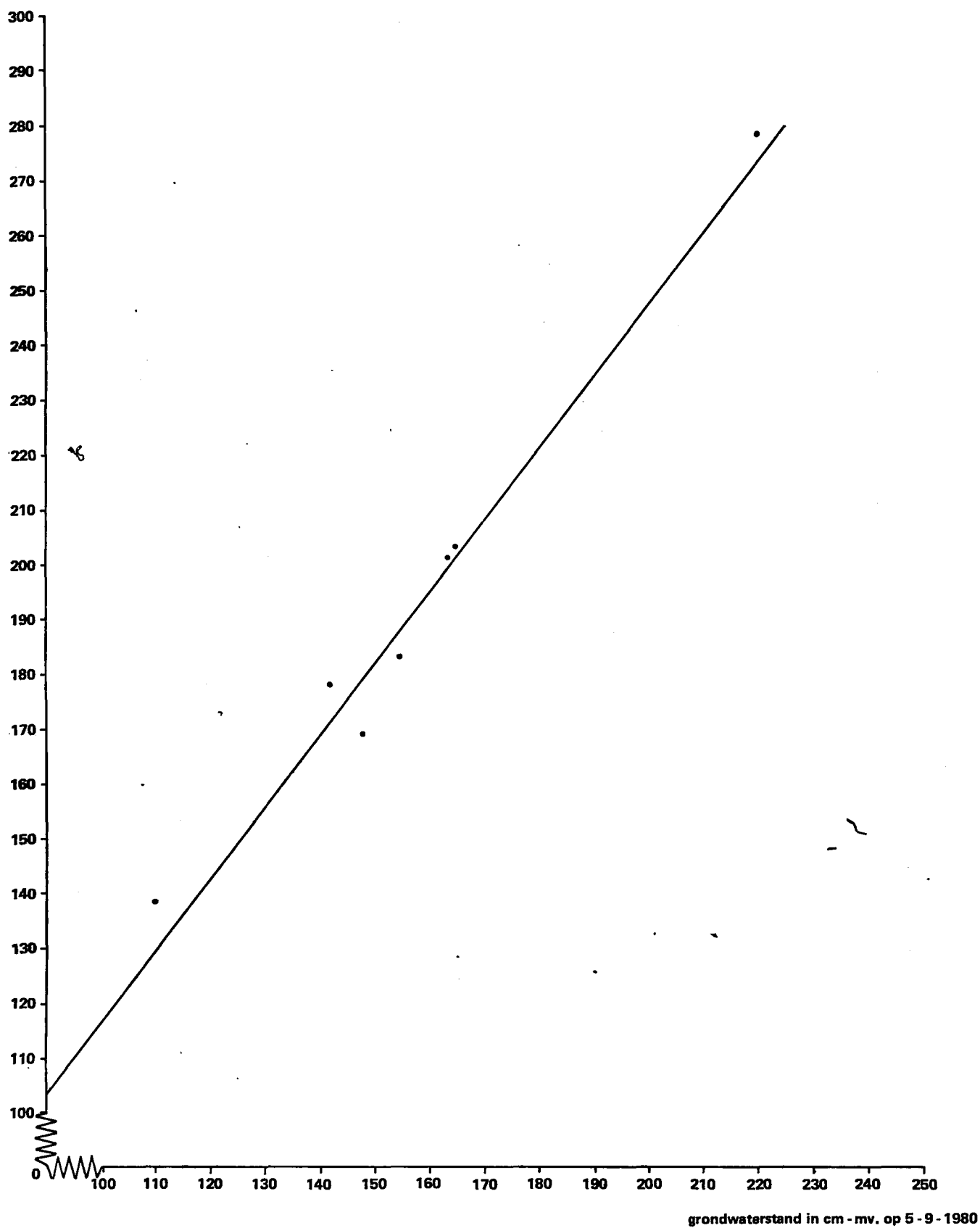
Zoals in paragraaf 4.3 staat, wordt de voor de vochtleverantie-berekeningen noodzakelijke parameter de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) afgeleid uit o.a. de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG). Deze GHG kunnen we meestal, evenals de GLG, aan de hand van hydromorfe kenmerken in het profiel schatten. Bij veenkoloniale gronden is dat echter in het algemeen niet mogelijk en zeker niet daar waar, zoals op het onderzochte bedrijf, door mengwoelen de profielopbouw (nog verder) verstoord is. Uit de gegevens van de grondwaterstandsbuizen blijkt dat het verschil tussen GHG en GLG sterk uiteenloopt (50 tot ca. 110 cm) en gemiddeld wat minder is dan in "normale" dekzandgronden. Ook ter plaatse bekend zijnde bodemkundigen zijn die mening toegedaan. Op grond hiervan zijn we er, zij het arbitrair, van uitgegaan dat het verschil tussen GHG en GLG bij de natte gronden ($GLG \leq 120$ cm - mv.) ca. 70 cm, bij de droge gronden ($GLG \geq 190$ cm - mv.) ca. 90 cm en bij de overige gronden ca. 80 cm bedraagt. Uitgaande van deze fluctuatie en de GLG hebben we de GHG per kaartvlak bepaald.

De Stichting voor Bodemkartering gebruikt bij de meeste karteringen grondwatertrappen (Gt's) voor de karakterisering van het grondwaterstandsverloop. Een grondwatertrap is gedefinieerd door een combinatie van een zekere GHG- en GLG-traject (tabel 1). We hebben de hier gevonden GHG- en GLG-waarden ook uitgedrukt in Gt's, omdat we ze dan konden vergelijken met de Gt's die in het begin van de zeventiger jaren toegekend zijn bij de opname van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50 000 (Stichting voor Bodemkartering, 1977). Uit vergelij-



Afb. 4 De grondwaterstanden in cm beneden maaiveld op 5-9-1980

GLG in cm - mv.



Afb. 5 Het verband tussen de grondwaterstand op 5-9-1980 en de GLG van een aantal peilbuizen in de omgeving

king bleek dat destijds in de omgeving van Kibbelgaarn uitsluitend de grondwatertrappen V* en VI zijn toegekend, terwijl nu het overgrote deel van de gronden Gt VI heeft en de rest Gt IV en VII. Dit betekent dat de huidige kar-

Tabel 1 Indeling van de grondwatertrappen

Grondwatertrap (Gt)	I	II	III	IV	V ¹⁾	VI	VII
gemiddeld hoogste grondwaterstand in cm beneden maaiveld (GHG)	<20	<40	<40	>40	<40	40-80	>80
gemiddeld laagste grondwaterstand in cm beneden maaiveld (GLG)	<50	50-80	80-120	80-120	>120	>120	>160

¹⁾ Een ster achter deze Gt-code betekent "droger deel", d.w.z. met een GHG dieper dan 25 cm - mv.

tering in zijn totaliteit tot een iets drogere kwalificatie heeft geleid, althans voor wat de GHG betreft. Wellicht is dit het gevolg van het feit dat de effecten van de grondwateronttrekking bij de toenmalige kartering nog niet waarneembaar waren, dan wel in het geheel nog niet bestonden. Tevens bleek dat de Zomerpercelen destijds juist aanzienlijk droger zijn gekarteerd dan nu. Deze percelen behoren volgens de Waterstaatskaart van 1968 tot een andere polder, hetgeen een verklaring zou kunnen zijn voor dit verschil.

3 BEREKENINGSMETHODE VAN DE SCHADE DOOR TOEGENOMEN VOCHTTEKORT

3.1 Algemeen

Voor de berekening van de vermindering van het produktieniveau door grondwaterstandsverlaging hebben we in principe de door Rijtema (1971) geïntroduceerde berekeningswijze toegepast. Deze berekeningswijze is gebaseerd op het verschil in vochtleverantie in twee hydrologische toestanden. De Laat (1972) heeft voor deze berekeningswijze een computerprogramma ontwikkeld. Voor de onderhavige berekening maakten we gebruik van het deelmodel van de onverzadigde zone, dat is afgeleid van het model GELGAM. Dit laatste is ontwikkeld in het kader van het onderzoek voor de Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland (De Laat, 1979).

Op basis van meteorologische, bodemkundige en hydrologische gegevens kan met behulp van het rekenmodel de vochtleverantie door het profiel en het eventueel optredende vochttekort worden berekend.

Gedurende het groeiseizoen ontstaat namelijk, doordat de potentiële verdamping van het gewas de neerslag overtreft, een verdampingsoverschot (neerslagtekort). Bij optimale groei van het gewas wordt dit neerslagtekort gecompenseerd door vochtleverantie vanuit het profiel (onttrekking van vocht uit de bovengrond en capillaire aanvoer vanuit de ondergrond). Wanneer de werkelijke verdamping (E_{act}) geringer is dan de potentiële verdamping (E_{pot}), als gevolg van een ontoereikende vochtvoorziening door de bodem, treedt opbrengstderving op. Het model voert voor een gegeven omstandigheid niet de vochtleverantie rechtstreeks uit, maar geeft deze weer als relatieve verdamping (E_{rel}), zijnde het quotiënt van de som van neerslag (N) en vochtleverantie uit het profiel (B), en de potentiële verdamping (E_{pot}).

$$\text{In formule: } E_{rel} = \frac{N + B}{E_{pot}} = \frac{E_{act}}{E_{pot}}.$$

We hebben de relatieve verdamping als maat voor het produktieniveau van gronden genomen. In het geval grondwateronttrekking leidt tot wijziging van de hydrologische parameters wordt de relatieve verdamping berekend voor zowel de uitgangstoestand als de gewijzigde toestand. Het verschil in relatieve verdamping tussen beide hydrologische situaties kan worden aangemerkt als droogteschade veroorzaakt door grondwateronttrekking. Daarnaast is voor de verschillende situaties ook het vochttekort in mm berekend.

3.2 Benodigde invoergegevens

Voor de berekening van de relatieve verdamping door het rekenmodel zijn de volgende invoergegevens nodig:

- a meteorologische gegevens:
 - frequentie-analyse van potentiële verdamping en neerslag tijdens het groeiseizoen;
- b bodemkundige gegevens:
 - dikte en vochtkarakteristiek (pF-curve) van de effectieve wortelzone;
 - capillair geleidingsvermogen (K/ψ -relatie) en vochtkarakteristieken van de verschillende lagen beneden de effectieve wortelzone;
- c hydrologische gegevens:
 - de grondwaterstand aan het begin van het groeiseizoen, de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG);
 - de grondwaterstand aan het eind van het groeiseizoen, de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG).

De meteorologische gegevens die voor de berekening van de relatieve verdamping bij dit onderzoek een zeer belangrijk uitgangspunt vormen en in het model gebruikt zijn, betreffen waarnemingen van het KNMI.

De bodemkundige gegevens, waarvan in het voorgaande hoofdstuk de veldopname beschreven is, dienen tot een voor het rekenmodel geschikte vorm te worden herleid. Dit betreft behalve de dikte van de effectieve wortelzone en de daaronder voorkomende lagen, vooral de bodemfysische parameters (pF-curven en K/ψ -relaties) van de verschillende lagen. In het volgende hoofdstuk zal hier meer in detail op worden ingegaan.

Voor de berekening van de relatieve verdamping in zowel de oude als in de gewijzigde hydrologische situatie dienen de grondwaterstandsverlopen bekend te zijn in termen van GVG en GLG. Onder de GVG verstaan we de grondwaterstand die gemiddeld aanwezig is op 15 april. Dit is gemiddeld het tijdstip in het voorjaar dat de open-water verdamping (E_0) de neerslag overtreft. Aan het einde van het groeiseizoen wordt geacht de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) te zijn bereikt.

3.3 Rekenprocedure (P.J.M. de Laat)

De procedure waarvan gebruik gemaakt is om voor de diverse profielen de relatieve verdamping te berekenen voor gegeven waarden van de GVG en GLG, is in het kort de volgende.

De onverzadigde stroming is gesimuleerd met het pseudostationair model zoals dat is ontwikkeld voor het model GELGAM. De randvoorwaarden van dit model bestaan uit een flux door de bovenrand (maaiveld) en de onderrand (freatisch vlak). Het (groei)seizoen waarover de berekening steeds heeft plaatsgevonden is 180 dagen vanaf 1 april; in totaal 18 tijdstappen van 10 dagen. Per tijdstap moet de bovenrandvoorwaarde, het verdampingoverschot (= potentiële verdamping - neerslag) worden opgegeven. Deze waarden zijn gebaseerd op een statistische verdeling van neerslag en verdamping en hebben betrek-

king op een 1, 5, 10, 20, 50 en 70% droog jaar. Voor een 90% droog jaar, d.w.z. een jaar met 90% kans dat het betreffende verdampingsoverschot wordt overschreden, is aangenomen dat de relatieve verdamping gelijk is aan één.

De onderrandvoorwaarde (flux) is onbekend, maar kan, aannemende dat deze flux gedurende het gehele groeiseizoen een constante waarde heeft, iteratief worden opgelost. Hiertoe wordt het model voor onverzadigde stroming (voor de gegeven begingrondwaterstand (GVG) en de gegeven bovenrandvoorwaarde overeenkomende met het 50% droog jaar) steeds opnieuw voor een andere waarde van de flux aan de onderzijde doorgerekend, totdat de berekende grondwaterstand aan het einde van het groeiseizoen overeenkomt met de gegeven GLG. De gevonden onderrandvoorwaarde geldt in principe alleen voor het 50% droog jaar. Voor andere frequentie-verdelingen zal deze flux toenemen in neerwaartse richting naarmate de overschrijdingskans afneemt en aldus bijdragen tot een lagere grondwaterstand aan het einde van het groeiseizoen in drogere jaren. Gebleken is echter dat het gebruik van één en dezelfde flux door de onderrand voor verschillende frequentie-verdelingen de uitkomsten niet noemenswaardig beïnvloedt.

Vervolgens wordt voor het 1, 5, 10, 20, 50 en 70% droog jaar de onverzadigde stroming gesimuleerd, uitgaande van de gegeven GVG en de berekende onderrandvoorwaarde. Indien aan de flux door de bovenrand niet voldaan kan worden, berekent het model de maximaal te leveren hoeveelheid vocht. De gegeven potentiële verdamping minus de berekende reductie van de bovenrandvoorwaarde levert de werkelijke verdamping. De relatieve verdamping wordt gevonden als het quotiënt van de over het groeiseizoen gesommeerde werkelijke verdamping (E_{act}) en de potentiële verdamping (E_{pot}).

Integratie van de relatieve verdamping over jaren met een frequentieverdeling van 0 tot 100 levert het gewogen gemiddelde in procenten. Voor ieder van de profielen is deze berekening voor de gemengwoelde situatie uitgevoerd voor 5 combinaties van GVG en GLG, zijnde de uitgangstoestand, 2 ondiepere grondwaterniveaus en 2 diepere. Daarnaast is voor de feitelijke klimatologische en bodemkundige omstandigheden van resp. 1978 (vóór mengwoelen) en 1979 (na mengwoelen) de relatieve verdamping berekend voor dezelfde 5 hydrologische situaties.

4 VERWERKING TOT REKENGEGEVENS

4.1 Meteorologische gegevens (G.J. Grotentraast)

Als basis voor de berekeningen wordt gebruik gemaakt van de hoeveelheid neerslag (N) en de potentiële verdamping (E_{pot}) per decade. De neerslaghoeveelheden zijn verzameld door het K.N.M.I. De waarden voor de potentiële verdamping worden berekend uit de eveneens van het K.N.M.I. afkomstige gegevens omtrent de openwaterverdamping (E_o), op basis van de vergelijking:

$$E_{\text{pot}} = f \cdot E_o$$

In deze vergelijking is f een reductiefactor. De waarde hiervan varieert afhankelijk van de aard en het ontwikkelingsstadium van het gewas en de bodembedekkingsgraad. In tabel 2 zijn de voor de berekeningen gebruikte waarden voor de gewassen aardappelen, granen en bieten vermeld. De reductiefactor voor kale grond is hierbij gesteld op 0,4.

Tabel 2 Reductiefactoren (f .) per 10 dagen voor de bepaling van de potentiële verdamping (E_{pot}) van aardappelen, graan en bieten

Gewas	april			mei			juni			juli			augustus			september		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Aardappelen	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,6	0,4	0,4	
Graan	0,4	0,4	0,5	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Bieten	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

In tabel 2 is voor de genoemde gewassen tevens de groeiperiode aangegeven door middel van een extra omlijning. Ten behoeve van de berekening met het model zijn de per decade (10 dagen) optredende verdampingsoverschotten ($E_{\text{pot}} - N$) bepaald, alsmede de som van $E_{\text{pot}} - N$ over de gehele rekenperiode (1 april t/m 30 september) en de som van de potentiële verdamping (E_{pot}) over de groeiperiode. De gegevens zijn voor de betreffende gewassen vermeld in tabel 3.

Voor de berekening van de droogteschade in de jaren 1978 en 1979 zijn de neerslaggegevens van het meetstation Veendam en de verdampingsgegevens van Eelde gebruikt. Ten behoeve van de bepaling van de gemiddeld te verwachten schade in de toekomst zijn zowel de neerslag- als de verdampingsgegevens van de omgeving van Eelde gebruikt. Hiertoe is voor elke decade van de rekenperiode (1 april t/m 30 september) een frequentie-analyse gemaakt van de verdampingsoverschotten per decade ($E_{\text{pot}} - N$) over de jaren 1911 t/m 1978. Tevens is een frequentie-analyse gemaakt van de verdampingsoverschotsommen berekend over de

Tabel 3 Verdampingsgegevens voor aardappelen, graan en bieten

Verdampingsoverschot som ($\Sigma(E_{\text{pot}}-N)$) over de periode van 1 april t/m 30 september en de som van de potentiële verdamping (ΣE_{pot}) over de groeiperiode voor aardappelen, graan en bieten in de jaren 1978 en 1979 en bij een zestal overschrijdings-frequenties, alsmede de verdeling van de verdampingsoverschotten in mm per decade

Gewas: AARDAPPELEN		Jaar		Overschrijdingsfrequentie %						
Maand	De- cade	1978	1979	1%	5%	10%	20%	50%	70%	
groeiperiode	April	I	6	-8	4	0	-4	-7	-11	-15
		II	-2	-7	6	3	0	-2	-4	-8
		III	1	-33	8	5	3	1	-5	-7
	Mei	I	14	-23	14	10	7	6	2	0
		II	-9	12	17	13	12	10	7	3
		III	23	-17	25	18	15	10	7	5
	Juni	I	20	4	30	26	22	20	12	10
		II	30	-8	33	30	28	23	20	17
		III	-11	24	29	24	21	18	14	11
	Juli	I	-13	18	31	24	22	20	12	10
		II	25	16	24	19	15	12	5	3
		III	29	-32	21	15	10	2	-1	-4
	Augustus	I	-20	-6	19	14	8	5	2	0
		II	16	15	25	16	9	3	-1	-6
		III	0	13	15	9	5	1	-5	-8
	September	I	-20	2	10	5	-2	-5	-7	-11
		II	-24	-13	1	-2	-5	-7	-10	-15
		III	-33	-1	1	-3	-8	-11	-16	-17
(E _{pot} -N) per. 1/4 t/m 30/9		32	-44	313	226	158	99	21	-32	
E _{pot} over groeiperiode		332	316	440	416	405	393	370	352	
Gewas: GRAAN										
groeiperiode	April	I	6	-8	4	0	-4	-7	-11	-14
		II	-2	-7	6	3	0	-2	-4	-8
		III	3	-31	11	7	6	4	-1	-3
	Mei	I	21	-17	21	18	14	12	8	5
		II	-6	15	21	18	16	14	10	8
		III	27	-14	29	21	18	14	11	8
	Juni	I	24	7	35	32	26	24	16	15
		II	35	-5	37	34	33	27	25	21
		III	-8	28	34	28	24	21	18	16
	Juli	I	-10	21	34	30	26	24	15	15
		II	25	16	25	18	15	12	5	2
		III	20	-38	13	7	3	-4	-7	-10
	Augustus	I	-29	-17	5	2	-5	-9	-11	-13
		II	2	3	7	-1	-7	-11	-17	-19
		III	-11	3	3	-1	-7	-10	-17	-19
	September	I	-24	-3	6	0	-6	-10	-12	-15
		II	-24	-13	1	-2	-5	-7	-10	-14
		III	-33	-1	1	-3	-8	-11	-16	-18
(E _{pot} -N) per. 1/4 t/m 30/9		16	-61	293	212	139	81	2	-43	
E _{pot} over groeiperiode		282	270	385	357	346	333	312	300	
Gewas: BIETEN										
groeiperiode	April	I	6	-8	4	1	-3	-7	-11	-15
		II	-2	-7	6	3	0	-2	-5	-8
		III	1	-33	8	5	3	1	-5	-6
	Mei	I	11	-25	10	6	3	2	-1	-3
		II	-14	5	10	7	5	3	-1	-3
		III	16	-25	17	9	6	3	-1	-2
	Juni	I	15	0	25	23	19	16	8	6
		II	26	-11	29	26	23	20	15	13
		III	-11	24	29	23	21	18	14	11
	Juli	I	-13	18	30	26	22	19	11	11
		II	25	16	25	18	16	12	4	3
		III	29	-32	21	16	10	3	-1	-4
	Augustus	I	-20	-6	18	15	9	4	2	0
		II	16	15	25	16	9	4	-1	-5
		III	3	16	18	12	8	3	-2	-6
	September	I	-14	8	18	13	7	4	-1	-4
		II	-14	-4	11	8	6	3	0	-6
		III	-27	7	8	5	1	-3	-6	-10
(E _{pot} -N) per. 1/4 t/m 30/9		33	-42	312	232	165	103	19	-28	
E _{pot} over groeiperiode		302	288	402	382	373	359	337	324	

gehele rekenperiode. De in tabel 3 vermelde overschrijdingsfrequenties hebben betrekking op de som van ($E_{\text{pot}}-N$) over de hele rekenperiode. De gegevens per decade zijn verkregen uit de eerstgenoemde frequentie-analyses. Vermeld zijn die waarden van $E_{\text{pot}}-N$ per decade - met een gelijke frequentie van voorkomen - waarvan de som overeenkomt met de verdampingsoverschotsom over de hele rekenperiode bij de aangegeven overschrijdingsfrequenties.

De waarde van de som van de potentiële verdamping over de groeiperiode behorend bij deze overschrijdingsfrequenties is voor de onderscheiden gewassen eveneens bepaald op basis van een frequentie-analyse over de jaren 1911 t/m 1978.

4.2 Bodemkundige gegevens

Bij de berekening van de vochtleverantie door het profiel, wordt er in het fysisch model van uitgegaan dat de te onttrekken hoeveelheid vocht gedeeltelijk geleverd wordt door de in de effectieve wortelzone aanwezige hoeveelheid opneembaar vocht en verder door een hoeveelheid vocht die via capillair transport vanuit de ondergrond naar de onderzijde van de wortelzone wordt aangevoerd.

4.2.1 De effectieve wortelzone

De effectieve wortelzone wordt gedefinieerd als het gedeelte van de bovengrond waarin 80% van de wortelmassa aanwezig is. Voor een nadere begripsbepaling en de bijbehorende randvoorwaarden verwijzen wij naar Rijtema (1971).

De vochtleverantie door de effectieve wortelzone wordt in de eerste plaats bepaald door de dikte van deze zone. Daarnaast is van belang de hoeveelheid beschikbaar vocht per decimeter, zijnde het verschil tussen het evenwichtsvochtgehalte aan het begin van het groeiseizoen en het vochtgehalte bij het verwelkingspunt (pF 4,2). Deze beschikbare hoeveelheid vocht kan bij een gegeven voorjaarsgrondwaterstand uit de pF -curve van de effectieve wortelzone worden afgeleid.

Profieleigenschappen bepalen (limiteren) meestal de dikte van de effectieve wortelzone bij veenkoloniale gronden. De belangrijkste factoren hierbij zijn (Booij e.a., 1975):

- luchtgebrek; dit komt o.a. voor bij dalgronden waarin vast oud veenmosveen, gliedelagen en kazige B-horizonten te dicht zijn;
- te hoge mechanische weerstand; dit geldt o.a. voor (humus) oerbanken, fibers, waterhardlagen, verkitten B-horizonten, voor praktisch alle C-horizonten en voor spalterveenlagen;

- chemische belemmering; dit betreft veelal een te lage pH onder de bouwvoor, zoals bij gronden met meerbodem, gliede en kazige B-horizonten.

Op basis van deze gegevens hebben we in principe de bewortelingsdiepte voor de niet-gemengwoelde situatie voor profielen met veen gesteld op 20 cm en voor profielen zonder veen op 30 cm. Indien de gegevens van de Grontmij daarvan afwijken, hebben we hierop enige correctie toegepast. Ook op grond van onderzoeken van Wind en Wiebing lijken de gehanteerde bewortelingsdiepten alleszins redelijk (Wiebing en Wind, 1977 en 1979).

Mengwoelen heeft als voornaamste doel de bewortelingsdiepte te vergroten. Na deze ingreep is de bewortelingsdiepte dan ook veranderd. Volgens sommige onderzoekers is de bewortelingsdiepte gelijk aan de woeldiepte. Voor zover luchtgebrek en/of mechanische weerstand oorzaak waren van onvoldoende bewortelingsmogelijkheid in de niet-gemengwoelde situatie, is dat in principe wel mogelijk. Echter daar waar veen of ander materiaal met een te lage pH diepere beworteling onmogelijk maakte, kan betwijfeld worden of dit het geval is. Het lijkt onwaarschijnlijk dat dikkere lagen veen met een van oorsprong lage pH, die weliswaar wat los gemaakt zijn, maar verder onverlet zijn gebleven, na mengwoelen wel bewortelbaar zijn. In die gevallen, die overigens vrij sporadisch voorkomen, hebben we de bovenkant van dergelijke veenlagen als onderzijde van de bewortelbare laag aangemerkt. Van de overige profielen hebben we aangenomen dat ze bewortelbaar zijn tot de woeldiepte, met dien verstande dat deze tevens bepaald wordt door de aard van het gewas.

Daarnaast komen binnen het gewoelde traject grotere brokken materiaal voor waar de wortels wel langs groeien, doch niet in doordringen. In de conceptie van wortelzone in het rekenmodel wordt ervan uitgegaan dat deze laag in zijn geheel door plantewortels wordt ontsloten en het erin aanwezige vocht wordt onttrokken tot een zuigspanning van $pF = 4,2$. Dit laatste is voor het gemengwoelde deel van het profiel zeker niet steeds het geval. Op grond van dit gegeven hebben we met inachtneming van de mogelijkheden van de onderscheiden gewassen, voor de verdere berekeningen arbitrair een effectieve bewortelingsdiepte aangenomen van voor aardappelen maximaal 50 cm en voor granen en bieten maximaal 60 cm.

Voor het vaststellen van de hoeveelheid beschikbaar vocht hebben we gebruik gemaakt van een door Van Heesen en Krabbenborg ontwikkeld, voorlopig schema. Hierin is op basis van de reeks standaard-pF-curven (Van Heesen en Krabbenborg, 1977) een relatie vastgesteld tussen humus- en lutumgehalte enerzijds en het percentage vocht bij diverse pF-waarden anderzijds. Aan de hand van deze relatie hebben we aan de bewortelbare laag van elke boring een gemiddelde vochtkarakteristiek toegekend. Voorts zijn waar mogelijk reeds tijdens de kartering vlakken met gelijke of vrijwel gelijke bovengrondkwaliteit afgegrensd. In totaal zijn 5 vochtkarakteristieken toegekend (tabel 4),

Tabel 4 Vocht karakteristiek van de onderscheiden wortelzones

Nr. vocht- karak- teris- tiek	Nr. vocht- karak- teris- tiek(in- tern)	Vochtgehalte in volume % bij:														
		ψ (pF)	0	1,0	1,3	1,5	1,7	2,0	2,3	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,2
		(cm)	0	10	20	31	50	100	200	250	500	1.000	2.500	5.000	10.000	16.000
1	V50		35,4	35,0	34,4	33,0	29,7	21,4	15,0	13,6	10,3	8,5	6,6	5,4	4,4	4,0
2	ZL2		38,6	38,3	38,0	37,1	34,6	27,1	20,0	18,1	15,2	12,9	9,9	8,2	6,6	5,7
3	ZL4		42,8	42,3	41,8	40,7	38,6	31,5	23,8	22,7	19,8	16,3	12,4	10,0	8,2	7,1
4	ZL6		47,5	46,8	46,0	45,1	41,9	36,0	28,0	27,0	23,3	19,1	15,0	11,5	9,8	8,6
5	ZL8		52,0	51,2	50,6	50,2	48,0	45,9	42,3	38,5	30,3	25,0	17,9	16,2	14,0	12,7

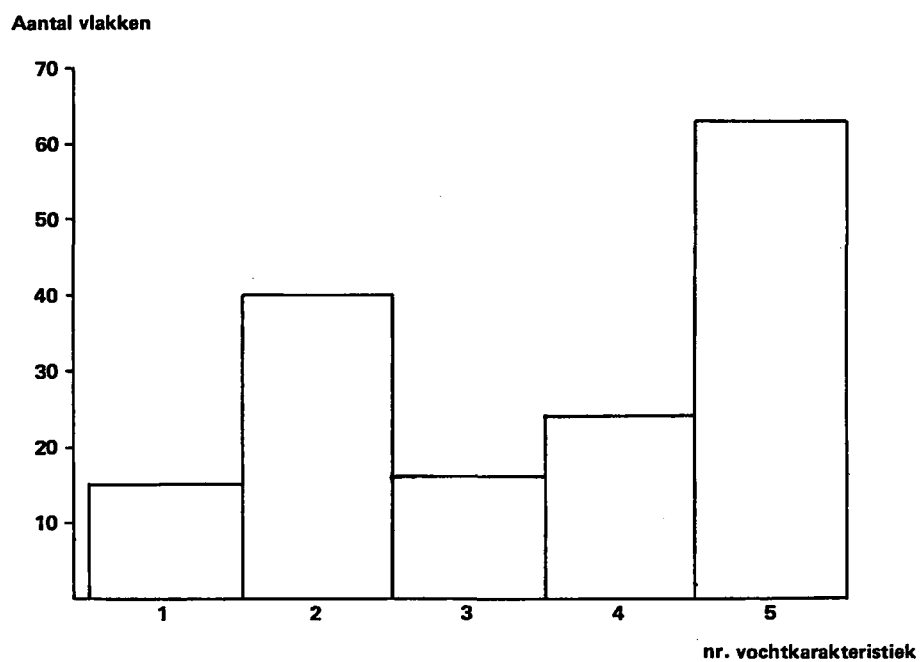
waarbij enige terughoudendheid betracht moet worden bij profielen met bijmenging van veen in de bewortelbare laag. Op grond van de redenering dat mengwoelen van profielen met weinig of geen veen resulteert in zandige (verschraalde) bovengronden, zijn aan bovengronden van dergelijke profielen vocht karakteristieken toegekend die wat slechter zijn. Dit betekent dat dan bovengronden in de niet-gemengwoelde situatie van een betere vocht karakteristiek zijn voorzien. Voor alle overige profielen zijn de vocht karakteristieken voor beide situaties gelijk genomen.

In afbeelding 6 is de verdeling van de toegekende pF-curven in de niet-gemengwoelde situatie weergegeven. Hieruit blijkt de zeer discontinue verdeling van de bovengrondkwaliteit.

4.2.2 Capillair geleidingsvermogen (standaardondergrond en ondergrondtype)

Het verloop van de zuigspanning aan de onderzijde van de wortelzone en van de afstand van de wortelzone tot het grondwater (Z) met de tijd en het capillair geleidingsvermogen (K/ψ -relatie) van de ondergrond bepalen de capillaire vochtaanvoer gedurende het groeiseizoen vanuit de ondergrond naar de effectieve wortelzone.

Voor de vochtleverantieberekeningen heeft Rijtema (1969) een reeks van 20 standaardondergronden opgesteld, waarvan de hydrologische eigenschappen in termen van vocht karakteristiek en capillair geleidingsvermogen beschreven zijn. Daarnaast zijn door De Laat in het kader van het onderzoek in het waterwingebied het Klooster nog enkele standaardondergronden aan deze reeks toegevoegd (Bouma en Van Heesen, 1979). Bij het ontbreken van specifieke meetgegevens uit het onderzoeksgebied is voor de vochtleverantieberekeningen met bovengenoemde standaardondergronden gewerkt. De bodemfysische parameters van de gebruikte ondergronden zijn vermeld in tabel 5.



Afb. 6 De frequentieverdeling van de toegekende vocht karakteristieken in de niet - gemengwoelde situatie

Tabel 5 Bodemfysische parameters van de onderscheiden standaardondergronden (K, ψ -relaties)

K/ ψ -relatie	K _o (cm/dag)	α (cm ⁻¹)	ψ_{α} (cm)	ψ max (cm)	α ^{2,4} (cm ² /dag ⁻¹)	Nr. vochtka- rakteristiek	Vochtgehalte in vol.% bij:										
							ψ (cm)	0	10	20	31	50	100	250	500	1000	16.000
L1	300	0,138	0	90	0,63	6.5 (I.M.)	38,1	34,9	32,7	30,6	22,6	11,8	7,0	5,0	3,2	2,0	1,7
L2	70	0,085	0	120	2,5	R3	35,0	32,5	31,6	30,5	26,0	15,5	7,7	6,1	5,0	4,3	3,2
R30	5,3	0,1045	0	50	6,82	VI-1-8	65,0	63,0	62,0	61,0	58,0	54,0	46,0	41,0	32,0	27,0	23,0

Tabel 6 De K/ ψ -relaties per ondergrondtype

Ondergrond- type	1e laag dikte in cm	k/ ψ	2e laag dikte in cm	k/ ψ	Ondergrond- type	1e laag dikte in cm	k/ ψ	2e laag dikte in cm	k/ ψ
1	0-10	R30	10-∞	L1	10	0-40	R30	40-∞	L2
2	0-20	R30	20-∞	L1	11	0-50	R30	50-∞	L2
3	0-30	R30	30-∞	L1	12	0-60	R30	60-∞	L2
4	0-40	R30	40-∞	L1	13	0-70	R30	70-∞	L2
5	0-50	R30	50-∞	L1	14	0-80	R30	80-∞	L2
6	0-60	R30	60-∞	L1	15	0-∞	R30		
7	0-10	R30	10-∞	L2	16	0-∞	L1		
8	0-20	R30	20-∞	L2	17	0-∞	L2		
9	0-30	R30	30-∞	L2					

Zoals in paragraaf 2.1 is beschreven, bestaat de ondergrond uit leemarm of zwak lemig dekzand al dan niet afgedekt met een veenlaag. Bij de diep gemengwoelde profielen bestaat het bovenste deel van de ondergrond veelal uit een mengsel van A-, B- en C-materiaal en soms ook veenresten. Bij de toekenning van de K/ψ -relatie van het minerale materiaal, heeft het leemgehalte voornamelijk als leidraad gediend. Doch ook de positie van het materiaal in de ondergrond is hierbij betrokken. Aan leemarm zand is in principe standaardondergrond nr. 1 van De Laat (L1) toegekend en aan zwak lemig zand nr. 2 van De Laat (L2). Het veen is gekarakteriseerd met de doorlatendheidscoëfficiënten van nr. 20 uit de reeks van Rijtema in combinatie met een vochtkarakteristiek van een typische veenkoloniale veenondergrond. Deze standaardondergrond is aangeduid als R30. De capillaire eigenschappen van het gewoelde materiaal dat zich bevindt tussen de bewortelde bovenlaag en de vaste ondergrond zijn niet bekend. Enerzijds kunnen deze eigenschappen door de verstoreng van het poriënstelsel minder zijn, anderzijds is het ook mogelijk dat de voormalige storende lagen een betere poriëngrootteverdeling hebben gekregen, waardoor de capillaire eigenschappen zijn verbeterd. Aangezien niet duidelijk is wat het effect van het woelen op de capillaire eigenschappen is, hebben we deze laag in dit opzicht gelijk gesteld aan de vaste zandondergrond. Op plaatsen echter waar veen ondanks het mengwoelen nog als een min of meer ongestoorde laag in het profiel aanwezig is, is deze met standaardondergrond R30 gewaardeerd.

Op grond van verschillen in dikte van de veenlaag in combinatie met de twee zandondergronden zijn 17 ondergrondtypen onderscheiden (tabel 6).

4.3 Hydrologische gegevens

Voor de berekening van het vochtleverend vermogen met het door De Laat ontwikkeld rekenmodel, moeten twee hydrologische parameters worden ingevoerd. Dit zijn de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). De GVG is gedefinieerd als het gemiddelde van de grondwaterstanden op 15 april (Rijtema, 1971). De GVG kunnen we niet aan de hand van profielkenmerken vaststellen; we leiden de GVG af uit de GHG en GLG op basis van de betrekking $GVG = GHG + 0,15 (GLG - GHG) + 14$ (Van der Sluijs en Van Egmond, 1976).

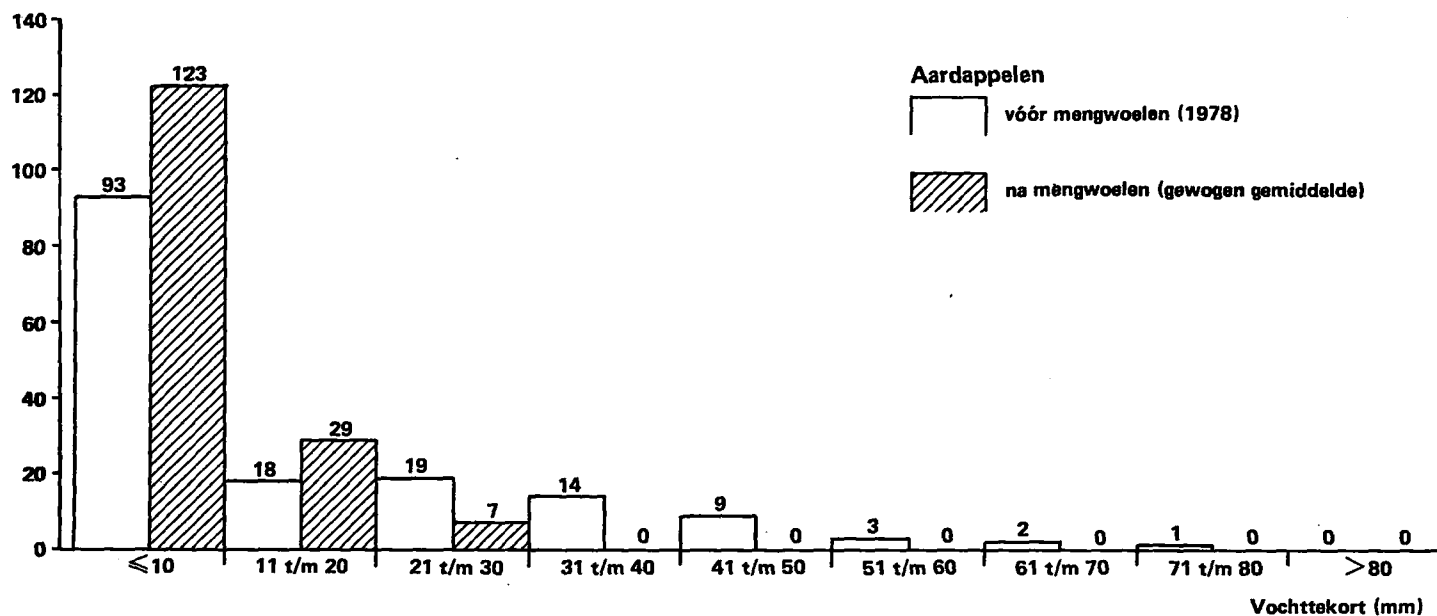
De gemiddeld laagste grondwaterstand wordt geacht in een normaal jaar aan het eind van het groeiseizoen op te treden; bij natte gronden is dit veelal wat eerder en bij droge gronden wat later. De hier aan de orde zijnde gewassen hebben ten dele een wat kortere groeiperiode (tab. 2). In het kader van dit onderzoek is een vochtleverantieberekening uitgevoerd voor de huidige hydrologische situatie (bijlage 3). Daarbij is uitgaande van de huidige fluctuatie ook het vochtleverend vermogen berekend voor twee situaties met een ondieper en twee met een

dieperfluctuatieniveau. De resultaten hiervan staan op bijlage 1.

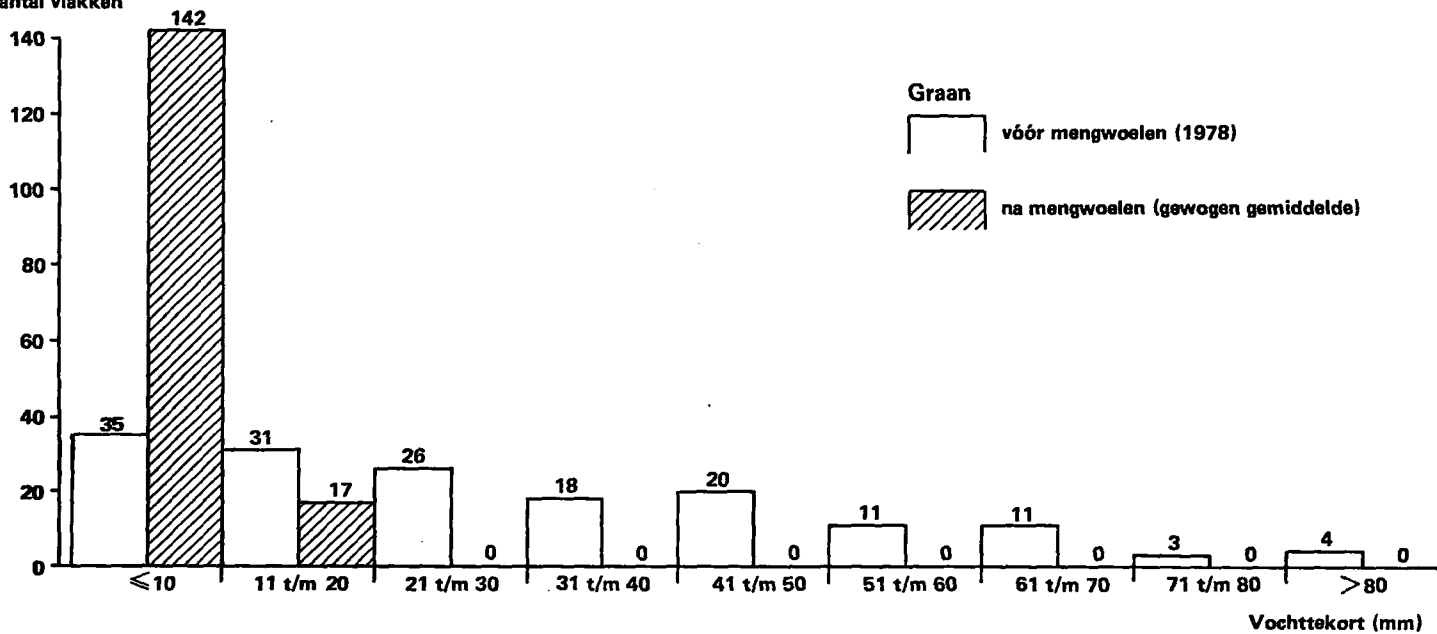
Over de oorspronkelijke hydrologische situatie kunnen we opmerken dat de indruk bestaat dat deze niet aanmerkelijk natter zal zijn geweest dan de huidige situatie. Indien dit wel het geval is geweest moet plaatselijk sprake zijn geweest van aanzienlijke wateroverlast.

Op basis van verschillen in dikte en vochtkarakteristiek van de bovengrond, in ondergrondtype en in huidige grondwaterfluctuatie zijn in totaal 159 kaartvlakken onderscheiden (bijlage 2).

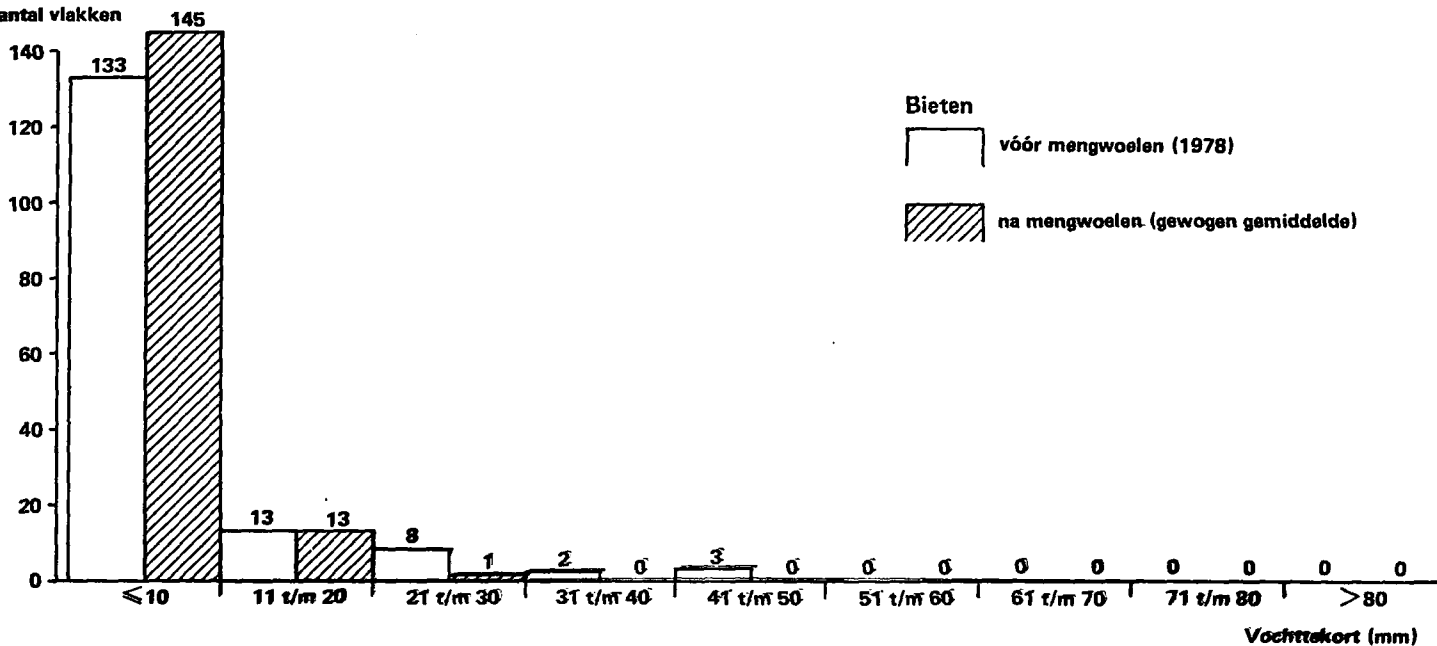
Aantal vlakken



Aantal vlakken



Aantal vlakken



afb. 7 De verdeling van het vochttekort over de vlakken voor de niet-gemengwoelde en de gemengwoelde situatie bij aardappelen, graan en bieten

De rekenresultaten staan in bijlage 1 in mm's vochttekort en relatieve verdamping gerubriceerd per gewas voor de niet-gemengwoelde en de gemengwoelde situatie. Voor de niet-gemengwoelde situatie hebben de gegevens betrekking op het jaar 1978 met de in dat jaar geldende feitelijke klimatologische omstandigheden. Bij de gemengwoelde situatie is het vochttekort en de relatieve verdamping berekend op basis van statistisch bewerkte meteo-gegevens en zijn de uitkomsten uitgedrukt in het gewogen gemiddelde. Behalve voor de huidige grondwaterfluctuatie zijn de berekeningen uitgevoerd voor twee situaties met ondiepere grondwaterfluctuaties (25 en 15 cm ondieper) en twee met diepere fluctuaties (15 en 35 cm dieper). De berekeningen uitgevoerd voor de feitelijke weersomstandigheden in het jaar 1979 in de gemengwoelde situatie, hebben bij alle vlakken voor de 5 hydrologische situaties geleid tot een maximale vochtleverantie.

In afb. 7 zijn de rekenresultaten voor de huidige hydrologische situatie per gewas in een diagram samengevat. In elk diagram zijn de uitkomsten van zowel vóór als na mengwoelen opgenomen. Wegens het verschil in de ingevoerde meteo-gegevens en de verschillen in vlakgrootte zijn de uitkomsten echter niet zondermeer vergelijkbaar. Niettemin is het duidelijk dat de grootte van het vochttekort als gevolg van het mengwoelen sterk is verminderd.

Bij vergelijking van de gewassen onderling, blijkt dat in de niet-gemengwoelde situatie voor graan er vrijwel veel vlakken zijn met een tamelijk groot vochttekort. Bij bieten is dit niet het geval. Dit komt door het verschil in groeiperiode tussen deze gewassen en de verdeling van de neerslag in deze periode.

De grootste vochttekorten (in de niet-gemengwoelde situatie) komen voor op het noordelijke deel van het bedrijf. Dit komt ten dele door de wat hogere ligging van het maaiveld t.o.v. het grondwaterniveau. Als belangrijke oorzaken kunnen verder worden genoemd de aldaar voorkomende schralere ondergronden (zie par. 2.1.2) en de dikte en het humusgehalte van de bovengrond.

In onderstaande tabel is per gewas voor de niet-gemengwoelde situatie in 1978 het gemiddelde vochttekort weergegeven en voor de gemengwoelde situatie het langjarig gemiddelde vochttekort en het gemiddelde vochttekort in een 10% droogtejaar. Bij de in deze tabel gegeven uitkomsten is geen rekening gehouden met oppervlakteverschillen tussen de vlakken onderling. Uit de uitkomsten van tabel 7 blijkt dat het vochttekort in het jaar 1978 betrekkelijk gering was. Voorts blijkt eruit dat in de huidige, gemengwoelde situatie verdroging van enige betekenis nauwelijks te verwachten is. Zelfs in drogere jaren hoeft slechts met geringe vochttekorten rekening te worden gehouden.

Tabel 7 Gemiddeld vochttekort van alle kaartvlakken in mm voor aardappelen, granen en bieten

	Bodemkundige situatie	Gewas		
		aardappelen	granen	bieten
Gemiddeld vochttekort in 1978	niet-gemengwoeld	13	29	5
Langjarig gemiddeld vochttekort	gemengwoeld	7	4	4
Gemiddeld vochttekort in 10% droogtejaar	gemengwoeld	13	9	5

LITERATUUR

- | | | |
|--|------|--|
| Booij, A.H., G. Rutten en G.P. Wind | 1975 | Reconstructiegebied Oost Groningen en Gronings-Drentse Veenkoloniën en streekplangebied Oost en Zuidoost Drenthe. Rapport nr. 1198, Stichting voor Bodemkartering en Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen. |
| Bouma, J. en H.C. van Heesen | 1979 | Waterwingebied 't Klooster, toelichting bij de veldbodemkundige gevoeligheidsanalyse. Rapport nr. 1432, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. |
| CoGroWa | 1976 | Opbrengstdepressie van grasland ten gevolge van een kunstmatige verlaging van de grondwaterstand op zandgronden. Conceptnota. Utrecht. |
| Heesen, H.C. van en A.J. Krabbenborg | 1977 | Verslag vochtleverantie-onderzoek Overloon. Intern rapport, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. |
| Houben, J.M.M.Th. | 1979 | Bodemgesteldheid en diepte van beworteling. Rapport nr. 1459, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. |
| Krabbenborg, A.J. en P. van der Sluijs | 1976 | Standaard pF-gegevens van dekzandgronden. Cultuur Technisch Tijdschrift 15, 6. |
| Laat, P.J.M. de | 1972 | Een automatische berekening met behulp van een digitale computer van de landbouwschade ten gevolge van grondwateronttrekking volgens het algoritme van Rijtema. Scriptie LH afd. Cultuurtechniek. |
| Laat, P.J.M. de | 1979 | In: Basisrapport Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland (overzichtskaarten met betrekking tot een aantal aspecten van de waterhuishouding in Gelderland). J. Bouma (editor). |
| Riele, W.J.M. te en A.F. van Holst | 1979 | Droogteschade Zuidlaren. Rapport nr. 1427, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. |
| Riele, W.J.M. te en A.F. van Holst | 1980 | Waterwinning Vessem II. Onderzoek naar grondwaterstands dalingen en droogteschade. Rapport nr. 1460, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. |
| Rijkswaterstaat | 1968 | Waterstaatskaart, schaal 1:50 000. Blad 13, Boertange. |
| Rijtema, P.E. | 1969 | Soil moisture forecasting. Nota 513, ICW, Wageningen. |
| Rijtema, P.E. | 1971 | Een berekeningsmethode voor de benadering van de landbouwschade ten gevolge van grondwateronttrekking. Nota nr. 578, ICW, Wageningen. |
| Sluijs, P. van der en Th. van Egmond | 1976 | Facetten van grondwatertrappen in zandgronden. Rapport nr. 1329, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. |
| Smet, L.A.H. de | 1969 | De Groninger veenkoloniën (westelijk deel). Bodemkundige en landbouwkundige onderzoekingen in het kader van de bodemkartering. De Bodemkartering van Nederland, deel XXIV, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. |

- | | | |
|-------------------------------|------|--|
| Stichting voor Bodemkartering | 1977 | Toelichting bij kaartblad 12 Oost, Assen, van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50 000. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. |
| Vries, Th. de | 1975 | Grondverbetering. De Buffer, jrg. 24 nr. 4. |
| Wiebing, R. en A. Schepers | 1977 | De groei en opbrengst van aardappelen op wel en niet gediepploegde veenkoloniale grond te Borgercompagnie. Bedrijfsontwikkeling 12: 1136-1141. |
| Wiebing, R. en G.P. Wind | 1977 | Grondverbetering beperkt droogteschade in de veenkoloniën, Bedrijfsontwikkeling 8, 6 juni. |
| Wiebing, R. en G.P. Wind | 1979 | Bodemverbeteringsonderzoek in de Veenkoloniën. Cultuurtechnisch Tijdschrift. jrg. 18, nr. 6. |