

32/u46(110) 2^{er}ex

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

**De ontwateringstoestand bij zavelgronden op het Regionaal
Onderzoek Centrum "De Waag" te Creil (Noordoostpolder)**

**G.A. van Soesbergen
W.J.M. van der Voort
W.J.M. de Groot**

Rapport 110

DLO-STARING CENTRUM, Wageningen, 1991



20 NOV 1991

16n 546096*

REFERAAT

Van Soesbergen, G.A., W.J.M. van der Voort en W.J.M. de Groot, 1991. *De ontwateringstoestand bij zavelgronden op het Regionaal Onderzoek Centrum "De Waag" te Creil (Noordoostpolder)*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 110. 45 blz., 10 fig., 3 tab., 6 aanhangsels.

Op verzoek van de Stichting Proefbedrijven Flevoland heeft het DLO-Staring Centrum te Wageningen een onderzoek verricht naar de ontwateringstoestand van zavelgronden op het Regionaal Onderzoek Centrum "De Waag" te Creil in de Noordoostpolder. Het doel was het optreden van kwel te onderzoeken en de eventuele invloed van deze kwel op de tijdelijke wateroverlast, mede in samenhang met de sedimentaire gelaagdheid van de ondergrond en de daaronder voorkomende slecht-doorlatende veenlaag (detritus). Dergelijke profielopbouw belemmert de afvoer van regenwater via de bodem naar de drains. Hiervoor zijn drukhoogten en grondwaterstanden gemeten en geïnterpreteerd. In de onderzoeksperiode 1988/1989 is geen kwel, met uitzondering van enkele dagen in juni, waargenomen. De detrituslaag in het profiel werkt storend op de neerwaartse waterbeweging. Het verdient aanbeveling te onderzoeken of het mengen van de detrituslaag met de gelaagde ondergrond een verbetering van de ontwateringstoestand bewerkstelligt. De ondergrond wordt mogelijk daardoor beter doorlatend en bewortelbaar.

Trefwoorden: detrituslaag, kwel, drukhoogte, grondwaterstand, doorlatendheid

ISSN 0924-3070

© 1991 DLO-Staring Centrum Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied
Postbus 125, 6700 AC Wageningen
Tel.: 08370 - 74200; telefax: 08370 - 24812; telex: 75230 VISI-NL

Het DLO-Staring Centrum is een voortzetting van: het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), het Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen, afd. Milieu, en de Afd. Landschapsbouw van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp" en de Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA).

Het DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm en op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het DLO-Staring Centrum.

Project 336

[494wn/0891]

INHOUD

	blz.
WOORD VOORAF	7
SAMENVATTING	9
1 INLEIDING	11
2 WATERHUISHOUDING EN BODEMGESTELDHEID	13
2.1 Waterhuishouding	13
2.2 Bodemgesteldheid	14
3 DE PROEF	17
3.1 Inrichting van de proef	17
3.2 Metingen	17
3.2.1 Neerslag	17
3.2.2 Drukhoogte	17
3.2.3 Grondwaterstanden	20
4 ONDERZOEKSRESULTATEN	21
4.1 Ontwateringstoestand	21
4.1.1 Neerslag	21
4.1.2 Drukhoogten	22
4.1.3 Grondwaterstanden	24
4.2 Kwel	27
5 CONCLUSIES	29
6 AANBEVELINGEN	31
LITERATUUR	33
FIGUREN	
1 Schematisch dwarsprofiel van het kwelgebied	14
2 Lichte zavelgrond met detritus (verslagen veen) in de ondergrond	15
3 Wortelbeeld van suikerbieten groeiend in een slecht bewortelbare ondergrond	16
4 Schets van de ligging van de grondwaterstandsbuizen	18
5 Hydrologisch profiel met grondwaterstandsbuizen boven en onder door de detrituslaag	19
6 Situatieschets van geplaatste tensiometers	19
7 Verloop van de drukhoogte op verschillende diepten gedurende de groeiseizoenen van 1987, 1988 en 1989 waarbij de grond werd gebruikt voor de verbouw van waspeen en witlof	22

	blz.
8 Verloop van de grondwaterstand in relatie tot de neerslag bij verschillende drainafstanden in januari 1989	25
9 Verloop van de grondwaterstand in relatie tot de neerslag bij verschillende drainafstanden in maart 1989	26
10 Verloop van de grondwaterstand in relatie tot de neerslag bij verschillende drainafstanden in juni 1989	27

TABELLEN

1 Vochttoestanden van de grond met bijbehorende vochtspanning en drukhoogte bij onverzadigde grond	20
2 Neerslag en verdamping per maand op "De Waag" van district 8 van het KNMI in 1987, 1988 en 1989	21
3 Gemiddelde drukhoogten in 1987 en 1988 (waspeen) en 1989 (witlof)	23

AANHANGSELS

1 Kwelkaart van de Noordoostpolder	35
2 Grondwaterstanden op het Regionaal Onderzoek Centrum "De Waag" in de maanden oktober, november en december 1988	37
3 Grondwaterstanden op het Regionaal Onderzoek Centrum "De Waag" in de maanden januari, februari en maart 1989	39
4 Grondwaterstanden op het Regionaal Onderzoek Centrum "De Waag" in de maanden juni en juli 1989	41
5 Neerslag per dag en maand op het Regionaal Onderzoek Centrum "De Waag" in 1988	43
6 Neerslag per dag en maand op het Regionaal Onderzoek Centrum "De Waag" in 1989	45

WOORD VOORAF

Op verzoek van de Stichting Proefbedrijven Flevoland heeft het DLO-Staring Centrum een onderzoek verricht naar de ontwateringstoestand op kavel B54, perceel X van het Regionaal Onderzoek Centrum "De Waag" te Creil in de Noordoostpolder.

Onderzocht is in hoeverre de tijdelijke wateroverlast wordt veroorzaakt door het al of niet optreden van kwel, mede in relatie met de sedimentaire gelaagdheid van de ondergrond met daaronder een detrituslaag. Alvorens over te gaan tot een profielverbetering om de bodemgeschiktheid voor akker- en tuinbouw te verbeteren is het noodzakelijk inzicht te hebben in bodemgesteldheid en ontwateringstoestand van het perceel.

Daarom is een grondwaterstandsonderzoek uitgevoerd, waarbij door medewerkers van het Regionaal Onderzoek Centrum de grondwaterstandsmetingen zijn verricht.

Van het Regionaal Onderzoek Centrum werkten mee de heren P.O. Bleeker en A.H.J. Rops.

De auteurs zijn ir. H.A.L. van Lanen zeer erkentelijk voor zijn waardevolle aanwijzingen bij de samenstelling van het rapport.

SAMENVATTING

De Stichting Proefbedrijven Flevoland heeft het DLO-Staring Centrum verzocht na te gaan welke factoren de tijdelijk slechte ontwatering op een deel van het Regionaal Onderzoek Centrum "De Waag" veroorzaken in de Noordoostpolder. Het al of niet optreden van kwel en storende lagen in het bodemprofiel stond hierbij centraal. Tevens zijn aanbevelingen gedaan voor profielverbetering, indien daartoe de noodzaak bestaat.

In het najaar van 1988 zijn op kavel B54 perceel X 16 grondwaterstandsbuizen geplaatst. Hiervan zijn 8 grondwaterstandsbuizen deels door de veenlaag (detritus) heen gestoken tot in het pleistocene zand en 8 buizen zijn boven deze detrituslaag geplaatst. Medewerkers van het Regionaal Onderzoek Centrum hebben regelmatig, afhankelijk van de neerslag, de grondwaterstand gemeten. Eveneens werden de neerslag en de drukhoogten van het bodemvocht gemeten.

In de onderzoeksperiode oktober 1988 tot en met maart 1989 en vervolgens juni en juli 1989, is er geen kwel opgetreden. In zowel de winter- als zomerperiode waren de stijghoogten in de buizen door het veen altijd lager dan in de buizen boven de veenlaag. Uit de drukhoogtemetingen is gebleken dat vanaf een diepte vanaf 30 cm - mv. tot aan de veenlaag (detritus) de drukhoogte gelijkmatig toenam (grond werd natter). Vooral vanaf ca. 90 cm - mv., ongeveer aan het begin van de detrituslaag, komen hoge drukhoogten (natte grond) voor. Deze overmaat aan vocht en daardoor gebrek aan lucht kunnen leiden tot een slechtere beworteling, een geringere opname van water en nutriënten en een lage bodemtemperatuur waardoor produktievermindering kan optreden. Uit de metingen blijkt dat door de sedimentaire gelaagdheid van de ondergrond en de slecht doorlatende detrituslaag daaronder de afvoer van regenwater via grond naar de drains wordt vertraagd.

Om deze ondergrond beter doorlatend en bewortelbaar te maken is een bodemtechnische ingreep op een kleine oppervlakte te overwegen. Bij een bodemtechnische ingreep dient de detrituslaag met de gelaagde ondergrond te worden gemengd, waarbij de bouwvoor in tact moet blijven. Nader onderzoek zal kunnen uitwijzen of een dergelijke bodemtechnische ingreep een blijvend karakter heeft en op grotere schaal kan worden toegepast.

1 INLEIDING

De Stichting Proefbedrijven Flevoland heeft het DLO-Staring Centrum verzocht een onderzoek naar de ontwateringstoestand uit te voeren op het Regionaal Onderzoek Centrum "De Waag". Bij dit onderzoek konden de onderzoeksresultaten van de grondverbeterings-drainageproef, die al vanaf 1984 loopt gebruikt worden (Boersma et al. 1985, 1986 en 1987). Op het proefveld verrichten PAGV, DLO-Staring Centrum en IMAG onderzoek naar:

- het effect van losmaken/breken van de ondergrond tot een diepte van ca. 0,65 m - mv.;
- het effect van een kleinere drainafstand op de ontwatering;
- de groei en opbrengst van de gewassen.

In het noordoostelijk deel van de Noordoostpolder komt een groot, vrijwel aaneengesloten gebied voor van kleihoudend zand (lichte zavel-A). In dit gebied met een grootte van ca. 10 000 ha, ligt het Regionaal Onderzoek Centrum "De Waag" te Creil. De akkerbouwers en vollegrondsgroentetelers worden in dit gebied in toenemende mate geconfronteerd met problemen van de bodemstructuur en ontwatering. Vooral onder invloed van steeds zwaardere werktuigen en intensivering van het bouwplan met veel rooigewassen als peen, bloembollen, lelies, witlof, aardappelen, bieten e.d. treedt structuurbederf op.

De achteruitgang in bodemstructuur wordt beïnvloed door de waterhuishouding. Het te vaak moeten werken onder te natte omstandigheden leidt tot ongewenste verdichting van de grond, met name bij tijdelijk ondiepe grondwaterstanden. Een sterke "tijdelijke" stijging van het grondwater (door neerslag, beregening of kwel) kan vooral op verdichte gronden en gronden met andere storende lagen voor de verticale waterbeweging, de gewasopbrengst, oogstzekerheid en oogstkwaliteit sterk doen afnemen.

De gelaagde ondergrond werkt sterk belemmerend voor de verticale doorlatendheid. Het gevolg hiervan is te weinig lucht in de ondergrond, waardoor de bewortelbaarheid van het profiel wordt geremd (Boersma et al., 1984). Uit dat onderzoek kwamen drie vragen naar voren:

- Komt er kwel op het bedrijf voor?
- Werkt de detrituslaag dieper in het bodemprofiel storend voor de neerwaartse waterbeweging?
- Welk effect zal het verbreken van de detrituslaag hebben?

Om de wateroverlast te verminderen wordt namelijk overwogen de dieper voorkomende storende lagen (detrituslaag) te breken waardoor echter de kwel, indien deze optreedt, kan toenemen en de ontwatering tijdelijk nog slechter wordt.

In 1988 is een proef aangelegd, waarvan in dit rapport de resultaten zijn verwerkt. Het tweede hoofdstuk behandelt de waterhuishouding en de bodemgesteldheid in het poldergebied en in het bijzonder op het proefbedrijf. Hoofdstuk 3 behandelt de

inrichting van de proef. De neerslaggegevens en de instrumenten voor de drukhoogte- en grondwaterstandsmetingen worden eveneens in hoofdstuk 3 besproken. In het vierde hoofdstuk worden de resultaten van alle gemeten drukhoogte- en grondwaterstanden besproken, waarna conclusies en aanbevelingen volgen. In de aanhangsels tenslotte zijn alle gegevens vermeld die zijn waargenomen of die bij dit onderzoek gebruikt zijn.

2 WATERHUISHOUDING EN BODEMGESTELDHEID

In dit hoofdstuk komen achtereenvolgens de waterhuishouding en de bodemgesteldheid aan de orde. Bij de behandeling van de waterhuishouding ligt de nadruk op de kwel en de wegzijging. Bij de beschrijving van de bodemgesteldheid staat de bodemopbouw van het proefveld centraal.

2.1 Waterhuishouding

In de Noordoostpolder hebben Van der Molen en Sieben (1955) veel onderzoek verricht om te komen tot de formulering van ontwateringseisen. Zij gingen ervan uit dat de ontwateringstoestand zo moet zijn, dat het land tot laat in de herfst kan worden bewerkt. Overvloedige neerslag gedurende natte perioden mag geen aanleiding geven tot extra structuurverval, en tenslotte moet de grond in het voorjaar snel kunnen opdrogen om de voorjaarsbewerkingen op tijd te kunnen uitvoeren.

De afwatering in de Noordoostpolder wordt verzorgd door kanalen, tochten en sloten die zodanig zijn gebaggerd en gegraven dat kavels van 24 ha met een lengte van 800 m en een breedte van 300 m ontstonden. In deze kavels is vervolgens een drainagestelsel aangebracht om te voorkomen dat het land gedurende de periode met neerslagoverschot te lang nat blijft. Per bestemming (akker-, weide- en tuinbouw) zijn ontwateringsnormen opgesteld. Voor akker- en tuinbouw gelden de volgende ontwateringsnormen:

- Drainagecriterium: afvoer 10 mm/dag bij een grondwaterstand van 0,50 m - mv.;
- Draindiepte : 0,80 à 1,10 m - mv. afhankelijk van profielopbouw;
- Hoogte polderpeil: 1,40 m - mv.

Bij het vaststellen van de drainafstand is gebruik gemaakt van bovenstaande normen. Tevens is daarbij rekening gehouden met de doorlatendheid van de bodem en eventueel voorkomende kwel.

Doordat de polder wordt omringd door het IJsselmeer en aangrenzend land met een oppervlaktewaterpeil dat hoger is dan de waterstand in de polders zelf, heeft het water in de diepere grondlagen onder de polder meestal een overdruk ten opzichte van het open waterpeil en het freatische vlak in de polder. Hierdoor kwelt water op in de polder. Schematisch is dat weergegeven in figuur 1.

De mate waarin water opkwelt, hangt af van de overdruk en van de weerstand die het water bij deze verticale stroming ondervindt. De dikte en de doorlatendheid van de klei- en veenlagen in de bodem zijn voor de grootte van de weerstand bepalend. Volgens onderzoek door Van der Molen en Sieben (1955) treedt kwel voornamelijk op langs de randen van de polder waar die aan het IJsselmeer grenst. Aanhangsel 1 geeft de verspreiding weer van de kwel in de Noordoostpolder, voor zover deze in de kavelsloten tot uiting kwam.

In het westen van de polder, waar het Regionaal Onderzoek Centrum "De Waag" ligt, komt volgens aanhangsel 1 over grote oppervlakten een vrij zwakke kwel voor.

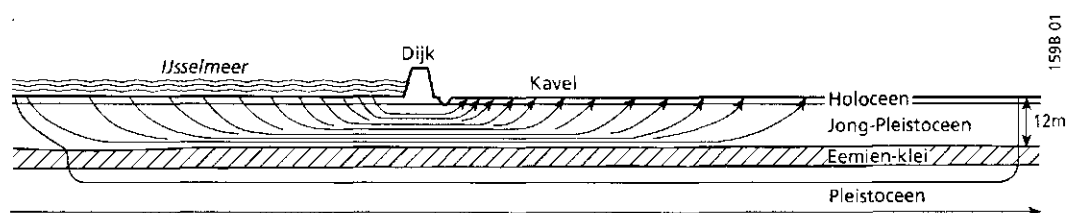


Fig. 1 Schematisch dwarsprofiel van het kwelgebied (Van der Molen en Sieben, 1955)

In het noorden en oosten is de kwel sterker dan in het zuidoosten van de polder. De grillige verspreiding van de kwel kan zeker niet altijd op bevredigende wijze worden verklaard. Kwel heeft vaak een verandering in de geschiktheid van de grond als standplaats voor de verschillende gewassen tot gevolg. Bij kwel is de ontwaterings-toestand vaak minder gunstig. De minder goede luchthuishouding hierdoor, en het feit dat de grond in het voorjaar lang nat en koud blijft, beperken eveneens de gewassenkeuze.

Wegzijging, in aanhangsel 1 aangeduid met "droogtrekking" treedt in de polder minder uitgesproken op dan kwel, doordat op plaatsen met wegzijging de intensiteit geringer is dan op plaatsen met opvallende kwel. De effecten van wegzijging zijn precies omgekeerd aan die van kwel. Bij wegzijging wordt meer water afgevoerd naar het oppervlaktewater en ontstaan diepere grondwaterstanden. Het is bijzonder moeilijk de grootte van de kwel of wegzijging direkt te meten. Veelal wordt de grootte van de kwel of wegzijging berekend als restpost uit de waterbalansvergelijking of uit het stijghoogteverschil en de hydraulische weerstand.

2.2 Bodemgesteldheid

Het holocene pakket in de Noordoostpolder varieert sterk in samenstelling en dikte. De ondergrond boven de Pleistocene afzettingen is voornamelijk opgebouwd uit een fijnzandige sloefafzetting daterend uit de Almere tijd (Wiggers, 1955 en Wiggers et al., 1962). Plaatselijk komen op de pleistocene afzettingen nog oude zeeklei, veen of detritus (verslagen veen) voor. Op het Regionaal Onderzoek Centrum wordt de detrituslaag aangetroffen en daarboven komen sloefafzettingen voor (fig. 2). Deze zijn fijnzandig en hebben een lagere lutum/slibverhouding dan de normale mariene afzettingen (Wiggers et al., 1962).

Na afzetting uit het Almere zijn lagen afgezet die worden aangeduid met Zuiderzeeafzettingen. In deze afzettingen zijn in volgorde van sedimentatie, de zogenaamde Zus, Zu III, Zu I en Zu 0 lagen onderscheiden (fig. 2). Voor een uitgebreidere beschrijving van de codes wordt verwezen, naar Wiggers, 1962. De Zus-laag (Zuider-

zee + sloef) vormt de overgang tussen de sloeflagen uit de Almere tijd(slib) en de Zuiderzee-afzettingen. De Zu I is de laatste laag voor de afsluiting van de Zuiderzee en bepaalt het karakter van de bovengrond. De Zu O laag komt op het Regionaal Onderzoek Centrum "De Waag" niet voor.

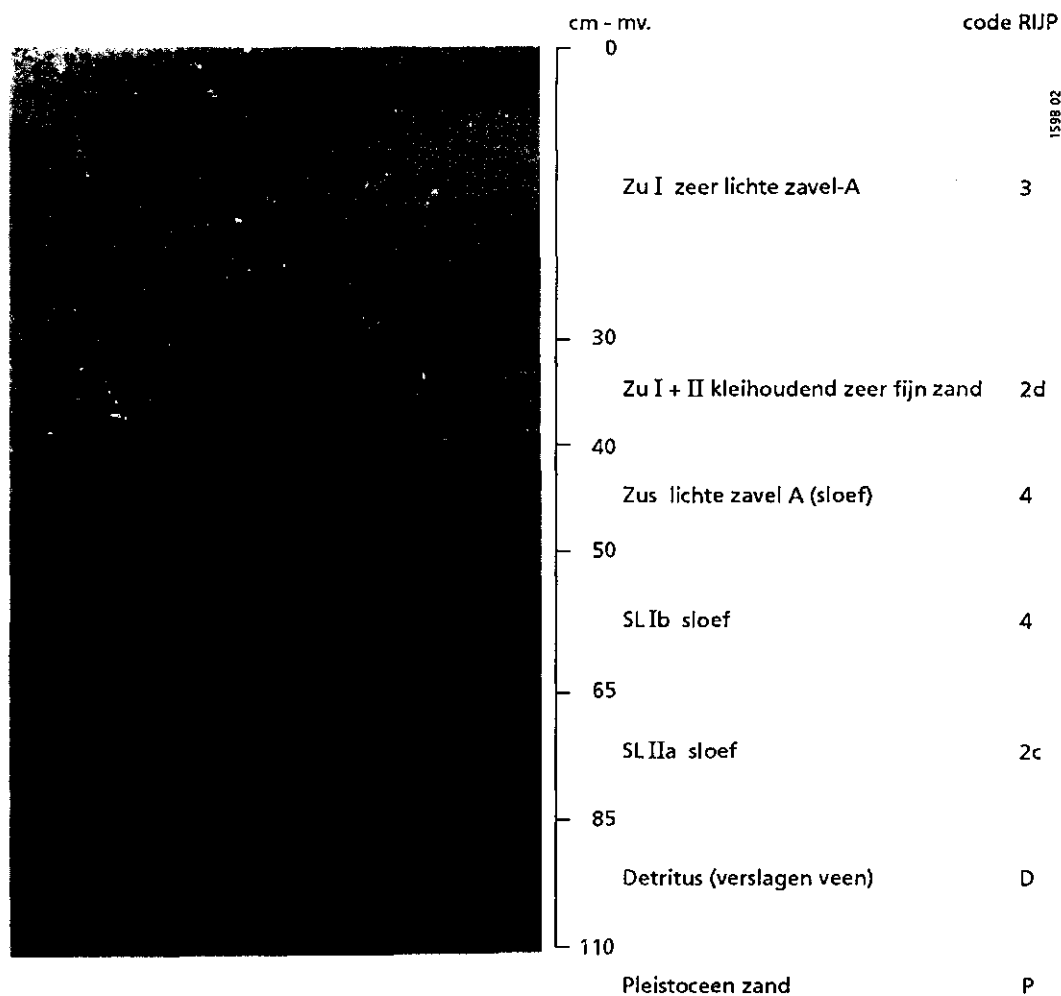


Fig. 2 Lichte zavelgrond met detritus (verslagen veen) in de ondergrond

Het proefveld is in ruimtelijk opzicht vrij homogeen en bestaat uit een bovengrond met een hoog gehalte aan vrije koolzure kalk (4-5%) die schelprijk is. Het lutumgehalte hiervan is 5-8% en het organische-stofgehalte 1,5%. De laag onder de bouwvoor van 25 tot 80-85 cm is opgebouwd uit dunne klei- en zandlaagjes, waarvan het zand bestaat uit merendeels uiterst fijn zand met een minerale fractie tussen 75 en 105 μm (sloefig).

De detrituslaag op ca. 85 cm - mv. is een donkerbruine, venige klei zonder uitgesproken gelaagdheid. Zij bestaat uit een mengsel van verslagen veenresten met uiterst

fijn gewreven veenstof en klei met enig uiterst fijn zand. Het humusgehalte ligt tussen 20-50%, het slibgehalte (fractie < 0,016 mm) tussen 30 en 60% en het zand-gehalte (fractie 0,016-0,050 mm) bedraagt meestal 10%. De detrituslaag op het Regionaal Onderzoek Centrum varieert in dikte van 30-40 cm en is slecht doorlatend. De verticale doorlatendheid bedraagt minder dan 3 mm/dag (O. Boersma, mond. med.). Aan de hand van een inventarisatie hebben A. Rops (Stichting Proefbedrijven Flevoland) en J. Paauw (Dienst Landbouw Voorlichting Flevoland) berekend dat op ca. 300 bedrijven, met een totale oppervlakte van ca. 7500 ha, detritus (verslagen veen) binnen 100 cm beneden maaiveld voorkomt. Op 1500 ha van deze oppervlakte komt de detritus binnen 30-60 cm voor en op ca. 6000 ha tussen 80-100 cm beneden maaiveld. Plaatselijk kan in de laag van 25-35 cm - mv. een 5-10 cm dikke schelprijke, uiterst fijne zandlaag voorkomen (2d laag) en boven het veen een 5-15 cm dikke laag gereduceerd lutumhoudend blauwgrijs zand.

De in het algemeen vrij ondiep voorkomende reductieverschijnselen zijn een gevolg van de zeer dichte structuur van de ondergrond, waardoor vrijwel geen zuurstof kan toetreden.

Op dergelijke profielen (fig. 2) is de beworteling meestal ondiep. De laag onder de bouwvoor tot ca. 80-85 cm diepte, met veelal afwisselend klei- en zandlaagjes (sloefig), kenmerkt zich door een geringe doorlatendheid en minder goede doorwortelbaarheid.

Figuur 3 geeft een wortelbeeld van suikerbieten op het Regionaal Onderzoek Centrum "De Waag", dat opgenomen is in september 1985. De beworteling blijft bijna uitsluitend beperkt tot de bovengrond. De bewortelingsdiepte varieert van 30 tot 35 cm - mv. De bouwvoor is regelmatig en goed beworteld. Op de grens van bouwvoor naar ondergrond (2d-laag) komen vrijwel geen wortels meer voor als gevolg van sedimentaire gelaagdheid. De hoge indringingsweerstand, het geringe poriënvolume en een laag zuurstofgehalte van de grond belemmeren de beworteling.

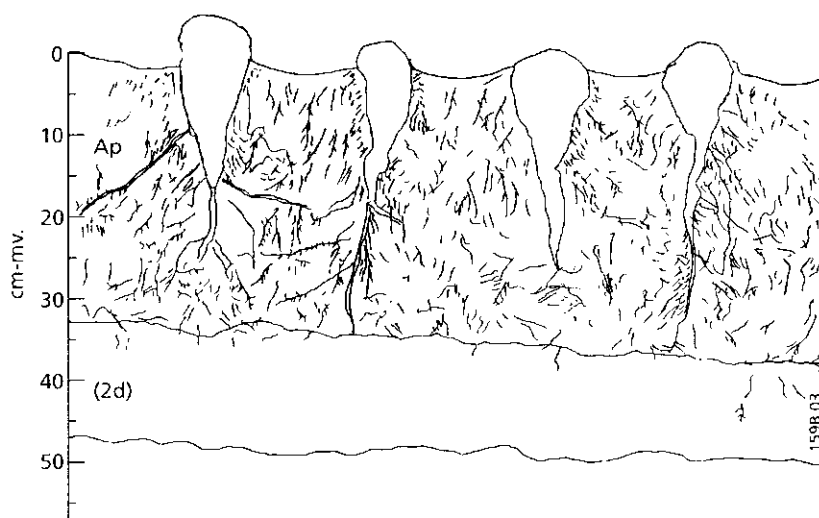


Fig. 3 Wortelbeeld van suikerbieten groeiend in een slecht bewortelbare ondergrond (Perceel X), veldje 2, september 1985

3 DE PROEF

3.1 Inrichting van de proef

In 1988 zijn op perceel X van kavel B54 16 grondwaterstandsbuizen tussen de drains geplaatst.

Figuur 4 geeft de ligging van de grondwaterstandsbuizen weer bij een drainafstand van 8 m (A-serie) en 4 m (B-serie) met een draandiepte van resp. ca. 80 cm en ca. 100 cm - mv. Bij zowel de A-serie als de B-serie zijn 4 buizen (no. 1 tot en met 4) door de veenlaag heen gestoken tot in het pleistocene zand. De overige buizen (no. 1b tot en met 4b) zijn vlak boven de veenlaag (fig. 5) geplaatst. De grondwaterstands-buizen serie AII en BII zijn 102 m vanuit de kavelsloot geplaatst in september 1988. Deze serie is in maart 1989 vóór de voorjaarsgrondbewerking verwijderd. Vervolgens zijn deze grondwaterstandsbuizen opnieuw geplaatst, maar op 92 m vanuit de kavelsloot. Deze worden aangeduid met serie AI en BI.

Gedurende het groeiseizoen van 1988 is in het gewas waspeen vrijwel wekelijks de drukhoogte van het bodemvocht in de grond gemeten en in 1989 in het gewas witlof. met tensiometers die in duplo zijn geplaatst op een perceel met een drainafstand van 8 m. Ze zijn op een diepte van 10, 20, 30 en 40 cm - mv. horizontaal en op een diepte van 60, 90, 120 cm en 130 cm - mv. verticaal geplaatst (fig. 6). Gelijktijdig met de drukhoogtemeting werd ter plaatse ook de diepte van het grondwater opgenomen.

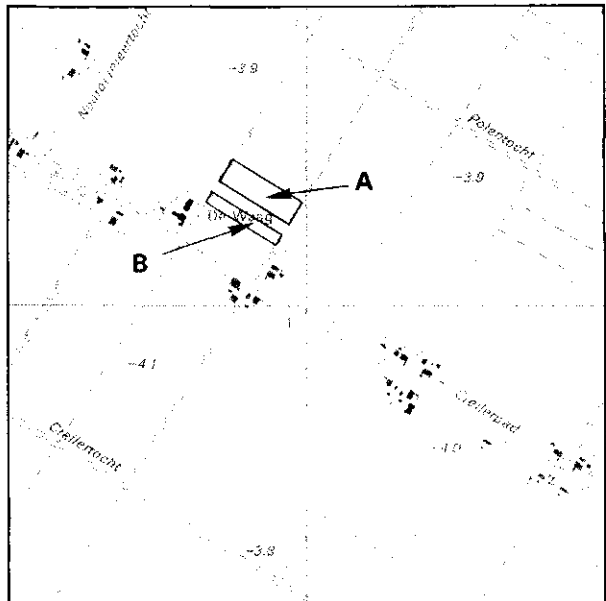
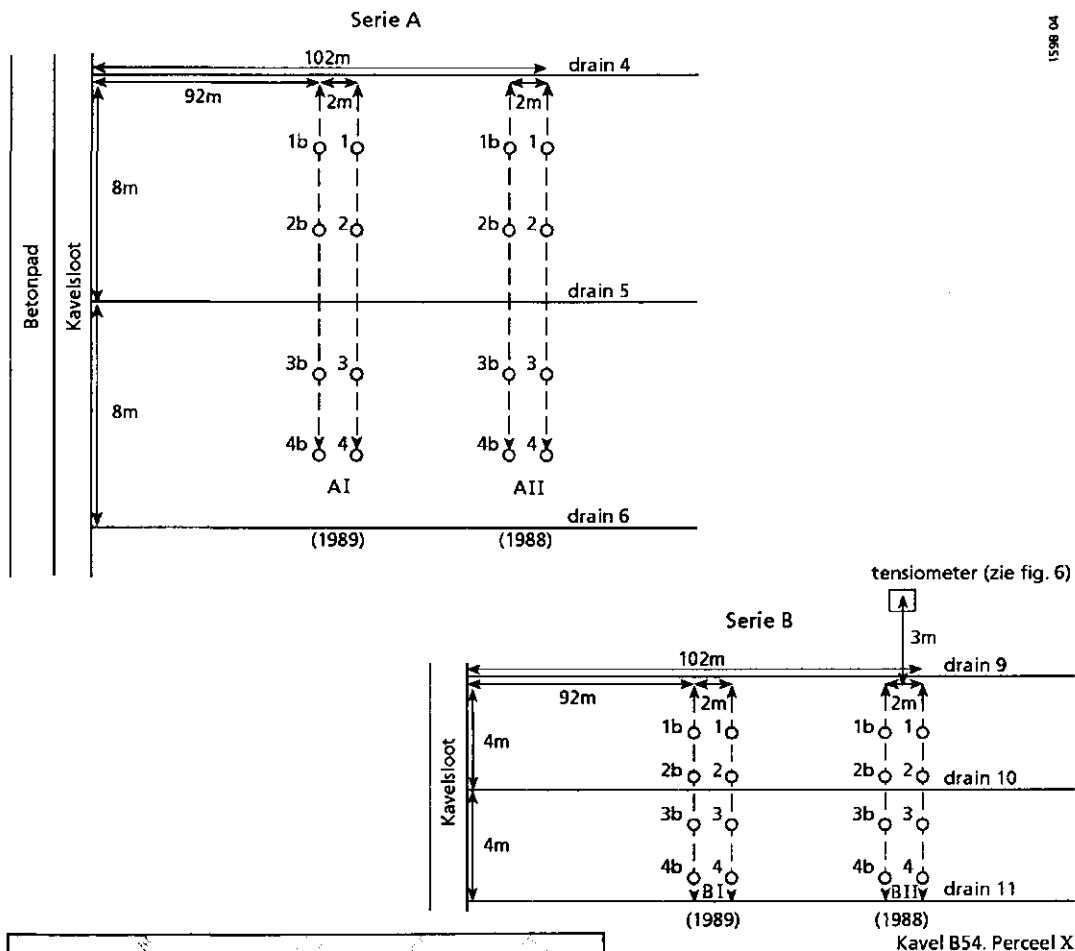
3.2 Metingen

3.2.1 Neerslag

De neerslagmetingen zijn in de directe omgeving van het perceel door medewerkers van het Regionaal Onderzoek Centrum verricht. De neerslag werd gemeten met een KNMI neerslagmeter met een openingsopvang van 200 cm², die op een hoogte van 50 cm boven maaiveld stond opgesteld.

3.2.2 Drukhoogte

De drukhoogten van het bodemvocht zijn gemeten met tensiometers. De tensiometer is een instrument om de drukhoogte van het bodemvocht te meten in het traject van 0 tot -900 mbar. Een tensiometer-systeem bestaat uit een keramische cup in de grond en een daarmee verbonden instrument (drukopnemer) om de druk van het water in de cup te meten. Het water in de cup staat via de poreuze wand in contact met het bodemvocht. Wanneer er een evenwicht is tussen de druk van het bodemvocht in



Top. kaart: blad 15H
Schaal 1 : 25 000

Fig. 4 Schets van de ligging van de grondwaterstandsbuizen

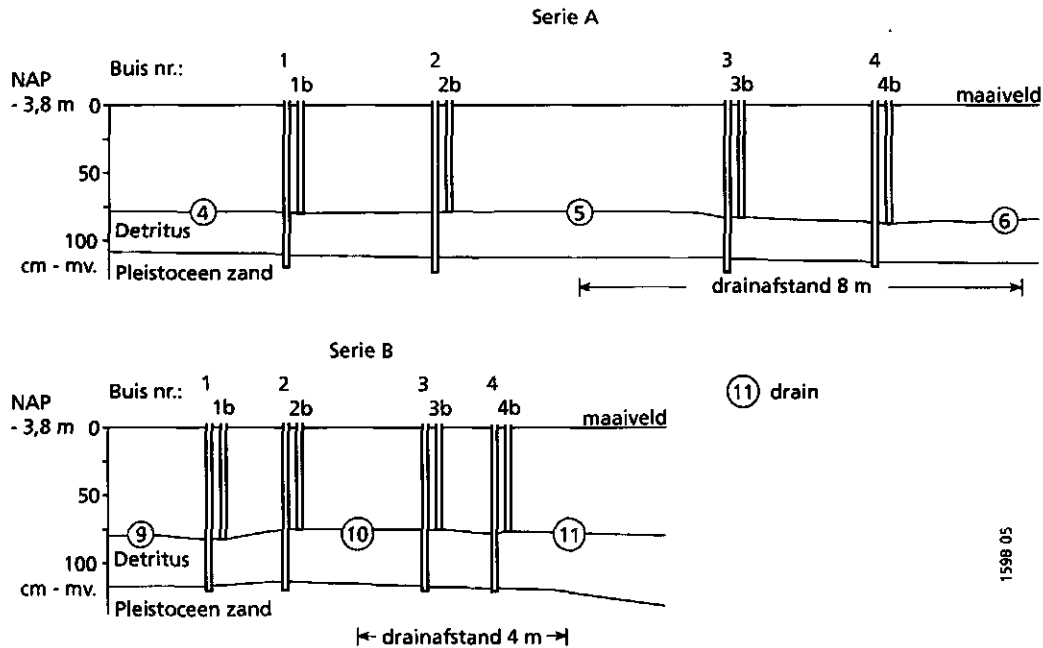


Fig. 5 Hydrologisch profiel met grondwaterstandsbuizen boven (buis no. 1b tot en met 4b) en onder (buis no. 1 tot en met 4) door de detrituslaag

de grond en de druk van het water in de cup, kan met de drukopnemer de drukhoogte ter plaatse worden afgelezen.

De drukhoogte verandert steeds, door neerslag of beregening, drainage en wateronttrekking door de plantewortels. Bij verandering van de drukhoogte zal transport van water tussen de poreuze wand van de keramische cup en de grond plaatsvinden tot een nieuwe evenwichtstoestand is bereikt. In het onderzoek is een type tensiometer gebruikt zoals beschreven wordt door Bakker (1978).

De drukhoogte van het water in de grond kan positief of negatief zijn. Zij is positief beneden de grondwaterspiegel. Water met een positieve (+) drukhoogte heet vrij water of grondwater. Boven de grondwaterspiegel heeft het water een negatieve (-) drukhoogte. Hoe negatiever de drukhoogte, hoe droger de grond.

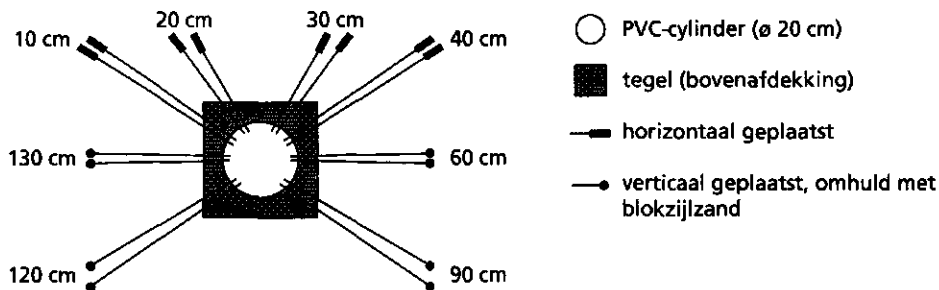


Fig. 6 Situatieschets van geplaatste tensiometers

Tabel 1 *Vochttoestanden van de grond met bijbehorende vochtspanning (pF-) en drukhoogte (h-waarde) bij onverzadigde grond*

Vochttoestand	Vochtspanning	Drukhoogte
droog	hoge vochtspanning pF = 4,2	lage (sterk negatieve) drukhoogte h = -16 000 cm of $-10^{4,2}$
vochtig	matig hoge vochtspanning pF = 2,0	matig hoge (negatieve) drukhoogte h = -100 cm of $-10^{2,0}$
nat	lage vochtspanning pF = 1,0	hoge (weinig negatieve) drukhoogte h = -10 cm of $-10^{1,0}$

Bij een drukhoogte van -200 cm (= pF 2,3) is de grond droger dan bij een drukhoogte van -100 cm (= pF 2,0). Zolang de grond niet te nat is, kan de plant bij een hoge drukhoogte het water gemakkelijker opnemen dan bij een lage drukhoogte. Indien de drukhoogte 0 cm is, dan is de grond verzadigd met water.

3.2.3 Grondwaterstanden

De grondwaterstanden werden gemeten in PVC-buizen met een diameter van 32 mm die aan de onderzijde zijn afgesloten met een geperforeerde dop. Alleen via deze geperforeerde doppen kan het grondwater in de buizen komen. In de diepte van de meting zijn er belangrijke verschillen. Acht buizen zijn door de detrituslaag geplaatst, de geperforeerde dop van de PVC-buis bevindt zich beneden deze laag. Het gat in de detrituslaag is gestoken met een boor die smaller is dan de diameter van de grondwaterstandsbuis, zodat preferente verticale stroming langs de buiswand wordt voorkomen. De 8 buizen die door de detrituslaag zijn geplaatst, hebben geen toevoeging gekregen (buizen 1 tot en met 4). De andere 8 buizen zijn boven de detrituslaag geplaatst. Deze buizen hebben de toevoeging "b" gekregen (buizen 1b tot en met 4b). Het verschil in stijghoogte in de buizen boven en door de detrituslaag vormt het onderwerp van studie. Als dit verschil positief is, als de stijghoogte in de buis boven de detrituslaag hoger is dan die in de buis onder de detrituslaag, dan treedt er wegzijging op. Als een hogere stijghoogte in de buis onder de detrituslaag voorkomt dan in de buis erboven dan is er sprake van kwel. In figuur 5 is de positie van de grondwaterstandsbuizen aangegeven. De grondwaterstand in de buizen is gemiddeld één keer per week vanaf september 1988 tot juli 1989 door medewerkers van het Regionaal Onderzoek Centrum gemeten.

Om mogelijke effecten van beregening uit het oppervlaktewater op de grondwaterstand te vermijden ten gevolge van een fluctuerend oppervlaktewater-peil zijn de buizen in 1989 (serie AI en BI) op 92 m en 94 m vanaf de middenkavelsloot geplaatst en in 1988 (serie AII en BII) op 100 m en 102 m (fig. 4).

4 ONDERZOEKSRESULTATEN

4.1 Ontwateringstoestand

De ontwateringstoestand van het proefveld wordt hierna besproken aan de hand van de gemeten hoeveelheid neerslag, de drukhoogte van het bodemvocht en de diepte van de grondwaterstand.

4.1.1 Neerslag

De periode oktober 1987 tot oktober 1988 was een uitzonderlijk jaar met veel neerslag. Dit blijkt uit tabel 2 waar de maandregencijfers van het Regionaal Onderzoek Centrum "De Waag" vergeleken worden met het meerjarig gemiddelde (1951-1980) van district 8 van het KNMI.

Tabel 2 Neerslag (N in mm) en verdamping per maand (Ep in mm) op "De Waag" van district 8 van het KNMI in 1987, 1988 en 1989

		okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.	apr.	mei	juni	juli	aug.	sept.	tot.
N	1987/1988	97	87	63	138	96	100	9	36	56	137	86	101	1006
Ep	1987/1988	23	6	2	2	11	26	69	89	78	72	77	38	
N	1988/1989	81	30	71	20	44	112	50	13	52	62	93	69	697
Ep	1988/1989	19	8	2	3	12	39	46	120	108	100	72	52	
meerjarig gemiddelde (1951-1980) district 8 KNMI														
N-gemiddeld		65	75	80	69	52	53	55	57	67	86	89	67	815
Ep (Eo x 0,8)		22	8	2	3	10	33	54	81	92	90	75	46	

Volgens de gegevens van het Regionaal Onderzoek Centrum is in 1987/1988 voor het eerst sedert het begin van de registratie (1950) in 12 opeenvolgende maanden een neerslagsom van meer dan 1000 mm waargenomen. De herfst van 1988 en de winter 1989 waren aan de droge kant en zacht (aanhangsels 5 en 6). Vorst kwam niet voor. Vooral in de maanden november en januari viel weinig neerslag, 30 en 20 mm. Maart 1989 kenmerkte zich door zeer veel regendagen met een maandsom van 112 mm. Na een vrij droge meimaand (13 mm) viel er vooral veel neerslag in de eerste en laatste decade van juni. Op 5 juni viel 10 mm en op 30 juni zelfs 18 mm neerslag. De periode oktober 1988 tot oktober 1989 is een jaar van uitersten met een droge en natte periode.

Bij de extrapolatie van de resultaten in dit rapport moet met de bijzondere weersituatie gedurende de meetperiode goed rekening gehouden worden.

4.1.2 Drukhoogten

De resultaten van de drukhoogtemetingen zijn per gewas en per diepte weergegeven in tabel 3. Voor elke diepte is het gemiddelde van twee metingen gegeven voor waspeen in 1987 en 1988 en voor witlof in 1989.

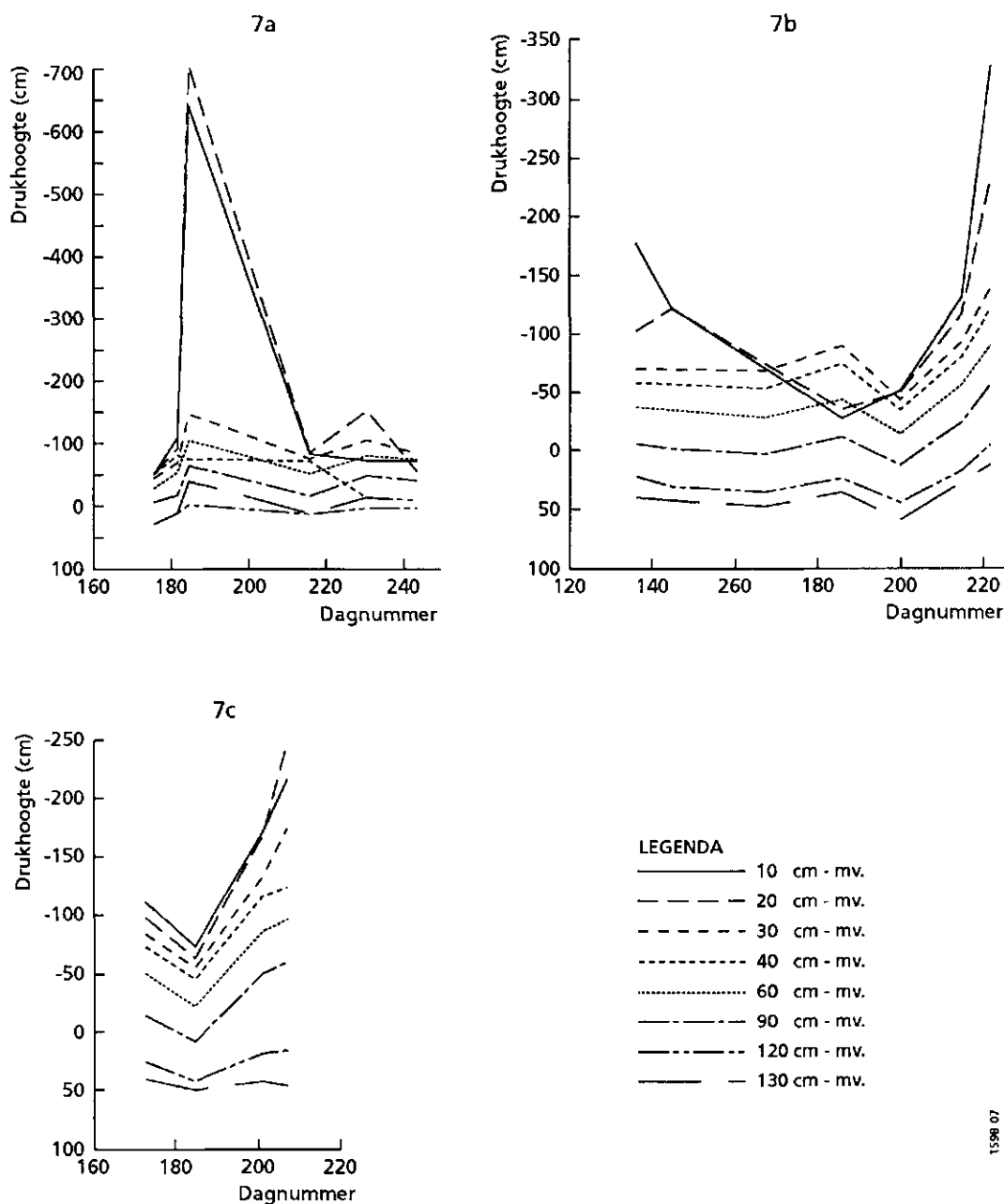


Fig. 7 Verloop van de drukhoogte op verschillende diepten gedurende het groeiseizoen 1987 (a) en 1988 (b) waarbij de grond werd gebruikt voor de verbouw van waspeen, en in 1989 (c) voor de verbouw van witlof

In tabel 3 en figuur 7 zien we dat in 1987 vanaf 25 juni de grond geleidelijk begon uit te drogen, totdat op 14 juli de grond zeer droog werd met een drukhoogte van ca. -700

Tabel 3 Gemiddelde drukhoogten (h in cm) in 1987, 1988 (waspeen) en 1989 (witlof)

Diepte (cm - mv.)	Drukhoogte in 1987 op						
	25-6	1-7	14-7	4-8	5-8	19-8	1-9
10	-48	-109	-645	-79	-82	-68	-69
20	-54	-90	-702	-84	-79	-150	-50
30	-52	-79	-150	-69	-76	-11	-4
40	-42	-68	-146	-72	-79	-101	-80
60	-26	-48	-104	-47	-58	-76	-70
90	-4	-17	-65	-15	-28	-45	-38
120	+27	+13	-39	+15	+9	-10	-4
130	+29	+14	-2	+17	+8	+5	+8

Diepte (cm - mv.)	Drukhoogte in 1988 op						
	17-5	25-5	13-6	5-7	19-7	3-8	10-8
10	-175	-121	-78	-26	-49	-128	-325
20	-104	-120	-75	-33	-46	-113	-230
30	-69	-68	-65	-88	-41	-89	-136
40	-57	-55	-51	-72	-33	-77	-118
60	-36	-32	-26	-43	-13	-54	-88
90	-5	-2	+4	-11	+13	-22	-55
120	+24	+31	+36	+25	+46	+18	-4
130	+40	+43	+48	+36	+61	+30	+13

Diepte (cm - mv.)	Drukhoogte in 1989 op						
	22-6	4-7	20-7	27-7	9-8	24-8	5-10
10	-110	-72	-162	-216	-51	-354	-95
20	-96	-62	-159	-247	-94	-244	-80
30	-82	-53	-126	-174	-87	-176	-67
40	-72	-44	-113	-123	-68	-108	-48
60	-49	-22	-84	-96	-44	-81	-20
90	-14	+8	-49	-60	-15	-47	+5
120	+26	+42	+20	+17	+34	+20	+38
130	+41	+49	+43	+45	+55	+48	+55

cm op 20 cm diepte. Zelfs op 130 cm diepte werd een negatieve waarde gemeten wat betekent dat het grondwater dieper dan dat niveau is weggezakt. Na 14 juli nam de drukhoogte weer toe (natter). Op 19 augustus kwamen er ten gevolge van afwisselende droogte- en regenperioden twee droge lagen voor op 20 cm en 40 cm diepte, terwijl de lagen er boven natter waren. Op 1 september 1987 was de ondergrond tussen 40 en 60 cm diepte droger (lagere drukhoogte) dan de lagen erboven. In 1988 was, ondanks de droogte in mei, zowel de bouwvoor als de diepere ondergrond tot ca. half juli erg vochtig. Vanaf de 2e helft van juni 1988 werd er in de bouwvoor (0-20 cm - mv.) een matig hoge drukhoogte (hoger dan -50 cm), gemeten, voornamelijk te wijten aan de grote

hoeveelheid neerslag van ca. 125 mm die tussen 20 mei tot 10 juli was gevallen (aanhangsel 5). In dezelfde periode in 1988 is ook nog 3 maal berekend met ca. 15 mm per keer. Zowel de neerslag als berekening op deze grond met slechte interne neerwaartse waterbeweging heeft geleid tot een natte bovengrond in praktisch geheel 1988. Gedurende het groeiseizoen nam van 30 tot 60 cm - mv. de drukhoogte gelijkmatig toe (natter). Vooral vanaf 90 cm - mv. kwamen hoge drukhoogten (natte ondergrond) voor.

Evenals in 1988 werden in het zomerseizoen 1989 tot de 1e decade van juli in het gewas witlof hoge drukhoogten (nat) gemeten (tabel 3 en fig. 7c). Daarna nam de drukhoogte tot ca. 40 cm - mv. sterk af door onttrekking van vocht aan de grond door het gewas witlof. Dieper dan ca. 90 cm - mv. werden drukhoogten gemeten met zeer hoge positieve waarden (zeer nat). Het betreft drukhoogten in de de venige detrituslaag met een geringe doorlatendheid. Door neerslag en berekening bleef de ondergrond dieper dan 40 cm - mv. ook in 1989 nat (hoge drukhoogtewaarden).

4.1.3 Grondwaterstanden

In figuur 8, 9 en 10 is voor enkele gekozen maanden de grondwaterstand tegen de tijd uitgezet, terwijl tevens in dezelfde figuren de neerslag over de betrokken periode is aangegeven. Dit geldt zowel voor een drainafstand van 4 als 8 meter. Elk punt vormt het gemiddelde van 4 waarnemingen (buis 1 t/m 4).

Voor de maanden januari (droog), maart (nat) en juni (gemiddeld) in 1989 bedroegen de neerslagsommen 20 mm, 112 mm en 52 mm (aanhangsels 5 en 6).

In de grondwaterstandsbuizen door de veenlaag zijn steeds lagere stijghoogten gemeten dan in de buizen erboven. Dit wijst op een neerwaartse waterstroom (wegzijing). Alleen in de eerste decade van juni 1989 gold voor het object met een drainafstand van 8 m het omgekeerde, waarschijnlijk vanwege infiltratie van water via de drains onder de veenlaag (fig. 10). De resultaten van de grondwaterstandsmetingen zijn vermeld in aanhangsels 2, 3 en 4.

Uit de metingen blijkt dat in *januari 1989*, die droog was, de verschillen in diepte van de stijghoogte tussen 4 en 8 m drainafstand gering waren. In beide objecten bevonden de grondwaterstanden zich op 75 tot 80 cm - mv. zowel in de buizen vlak boven de veenlaag als in buizen die door de veenlaag heen gestoken zijn tot in het pleistocene zand. De grondwaterstanden in de buizen bij een drainageafstand van 8 m waren slechts enkele cm hoger dan in buizen bij een drainageafstand van 4 m.

In de natte maand *maart 1989* was de fluctuatie in grondwaterstand bij 8 m drainafstand groter dan bij 4 m drainafstand. Dit, komt vooral tot uiting in een periode met een grote hoeveelheid neerslag in korte tijd (bijv. 8 maart 1989; fig. 9). In deze natte maand komt het effect van dichter draineren duidelijk naar voren.

In de maand *juni 1989* was de stijghoogte in de buizen door de detrituslaag gedaald

tot dieper dan 80 cm - mv. terwijl in de buizen boven de detrituslaag bij 4 m drainafstand geen water voorkwam (fig. 10). In de buizen op het object met een drainafstand van 8 m kwam eind juni overal water voor. In de eerste decade van juni bij weinig neerslag (21 mm) was de stijghoogte in de buizen door de detrituslaag

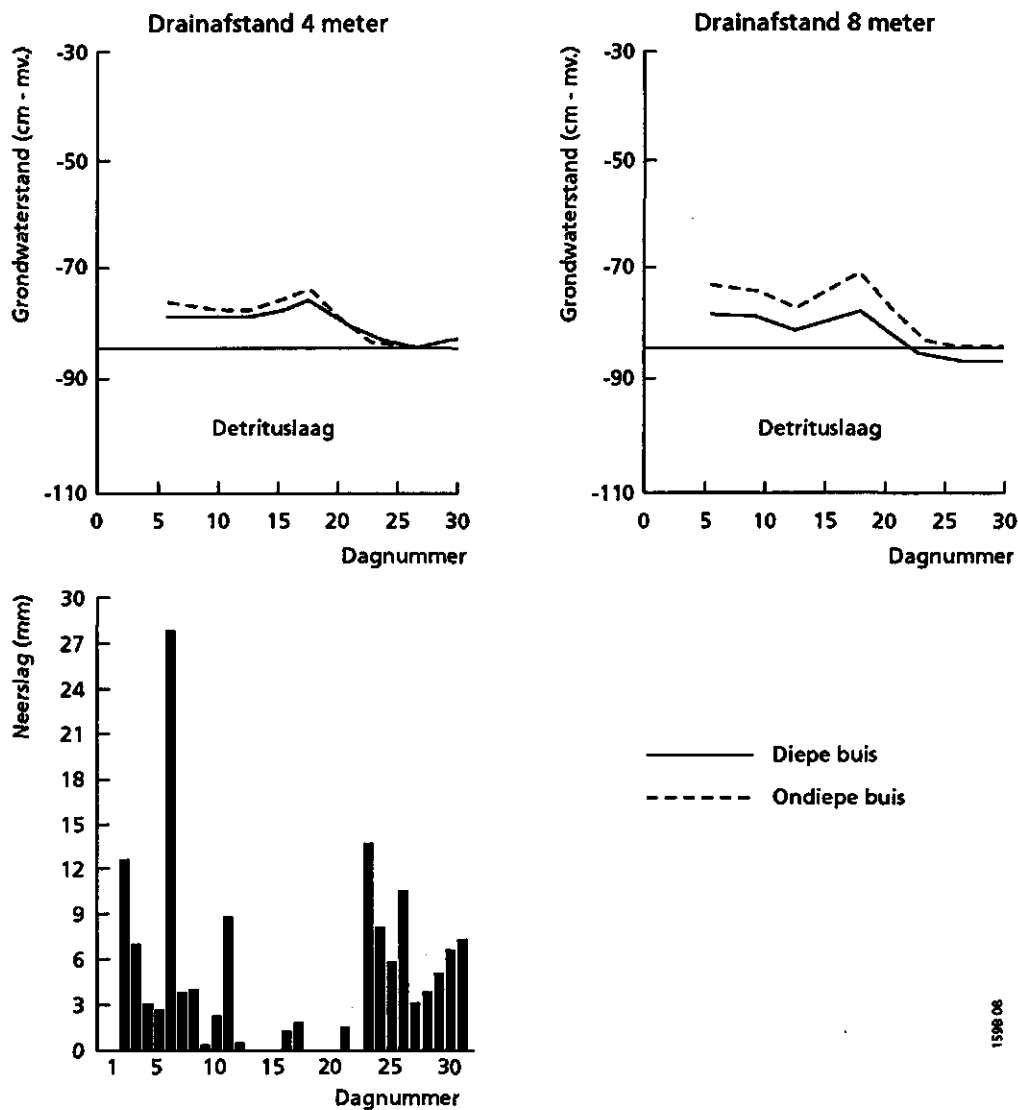


Fig. 8 Verloop van de grondwaterstand in relatie tot de neerslag bij verschillende drainafstanden in januari 1989

voor het eerst in de gehele onderzoeksperiode hoger dan in de buizen boven de detrituslaag. In de 2e decade van juni 1989, zonder neerslag, daalde de stijghoogte in het pleistocene zand onder het veen en nam vervolgens na een grote hoeveelheid neerslag (18 mm op 28 juni) toe. Uit de cijfers blijkt dat, zoals verwacht mocht worden, de grondwaterstand na veel neerslag bij 8 m drainafstand hoger was dan bij 4 m drainafstand. Dit leidt tot sterkere fluctuaties bij grotere drainafstand.

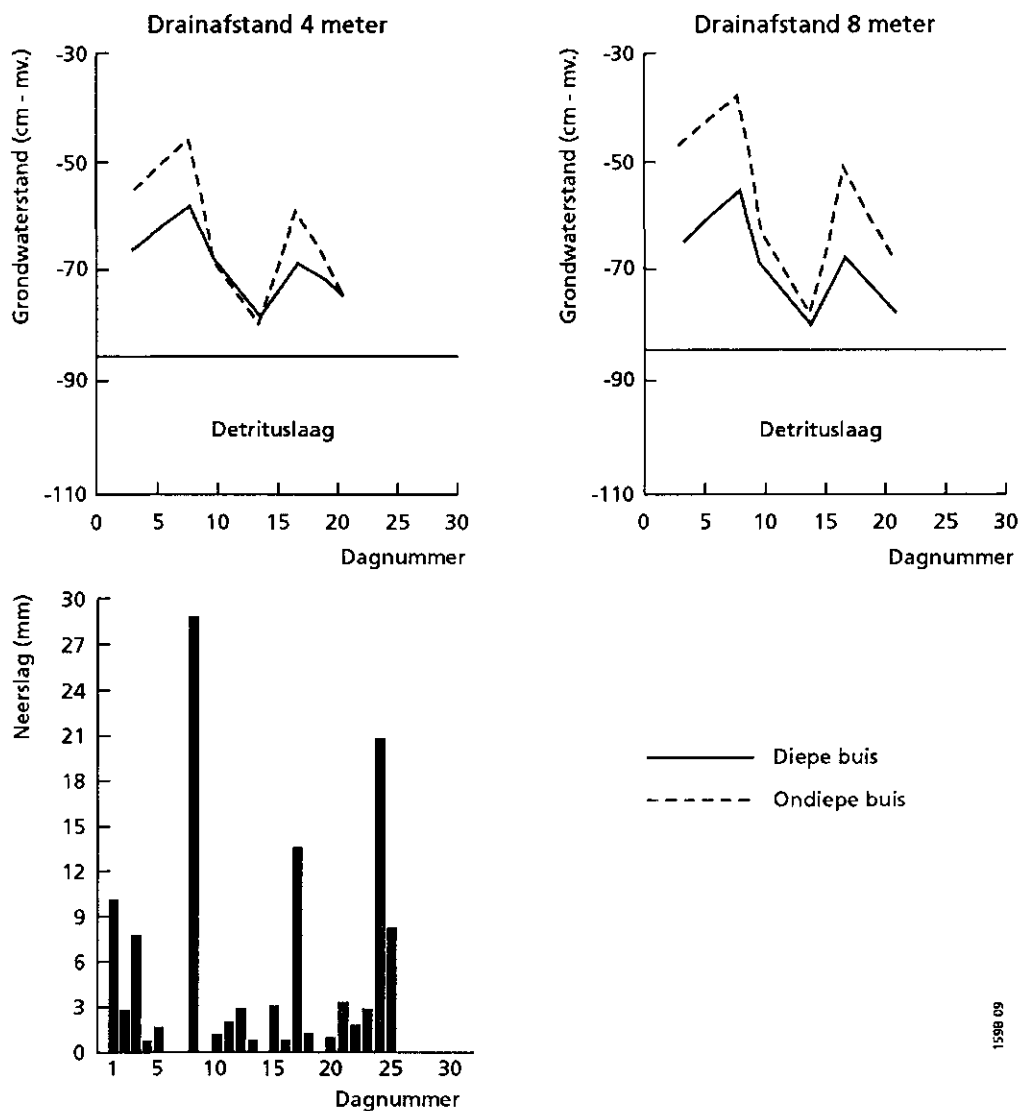


Fig. 9 Verloop van de grondwaterstand in relatie tot de neerslag bij verschillende drainafstanden in maart 1989

Opmerkelijk was de snelle stijging van het grondwater op het proefveld na veel neerslag in maart 1989. Uitgaande van de ontwateringsnormen voor landbouw dat bij een grondwaterstand tussen de drains van 50 cm beneden maaiveld door de drains per etmaal 7 mm water moet worden afgevoerd, werd deze ontwateringsnorm in maart overschreden. Voor de tuinbouw geldt de norm, dat bij een grondwaterstand tussen de drains van 70 cm beneden maaiveld 7 mm water per etmaal moet worden afgevoerd, met name voor de produkten die gedurende de winter in de grond zitten zoals bloembollen (Ministerie van Landbouw en Visserij 1988). Op 8 maart was de grondwaterstand in de buizen boven het veen bij een drainafstand van 4 m 45 cm - mv. en bij een drainafstand van 8 m minder dan 40 cm - mv. Het is duidelijk dat de ontwateringsnormen op dit proefveld niet volledig worden gerealiseerd.

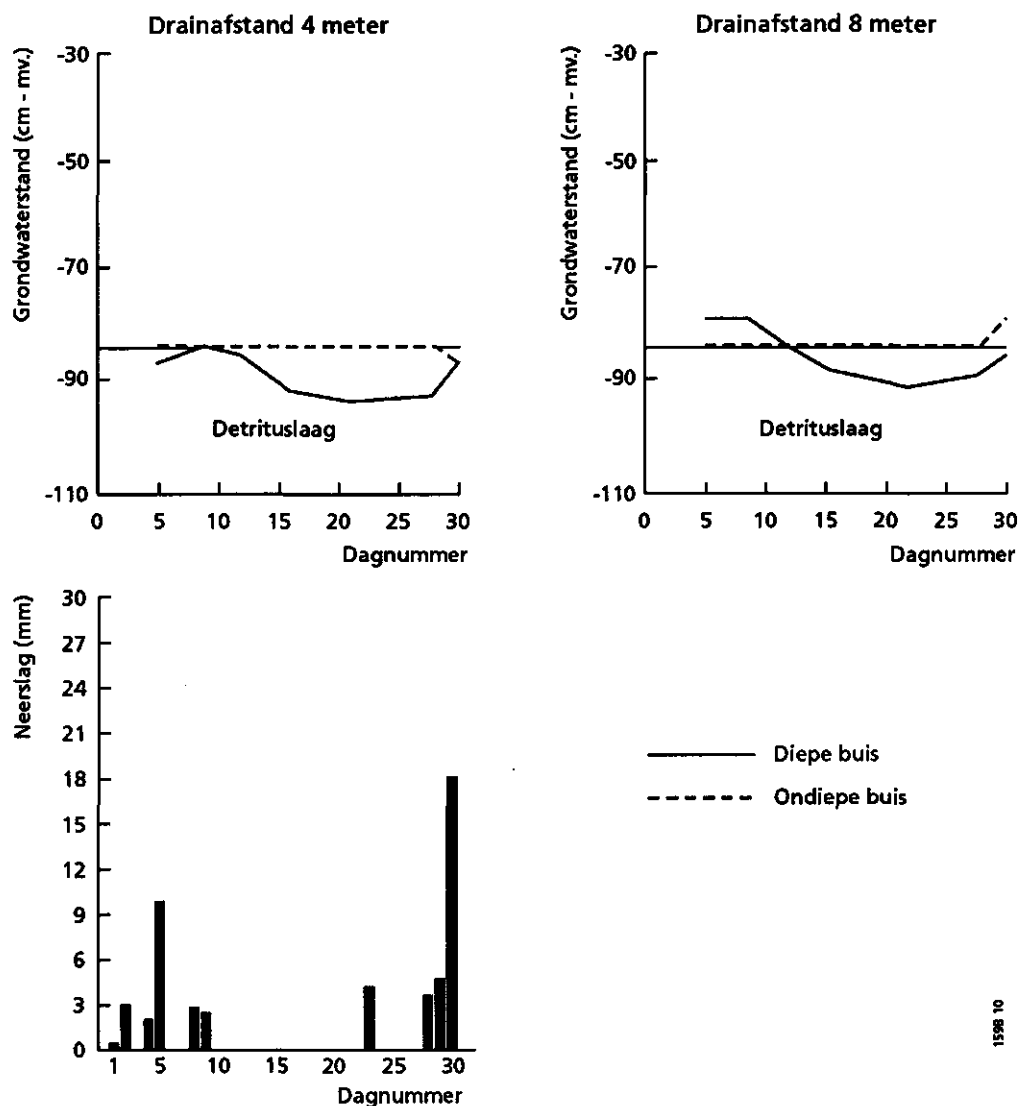


Fig. 10 Verloop van de grondwaterstand in relatie tot de neerslag bij verschillende drainafstanden in juni 1989

4.2 Kwel

Uit de analyse van de verschillen tussen de waterstanden in de buizen vlak boven de detrituslaag en de buis onder de detrituslaag blijkt dat de korte periode in juni 1989 de enige periode was met kwel. Het grondwater in de buizen door het veen steeg sterk in de eerste decade van juni, waarschijnlijk door infiltratie van water uit de sloten, waarin het peil was opgezet voor beregening. De overige tijd trad er wegzijging op door de detrituslaag. Overigens is kwel in de zomerperiode uiteraard niet relevant voor de problemen met de ontwatering. Een extra hoeveelheid beschikbaar vocht voor wateropname door de planten wordt dan juist positief gewaardeerd. Wanneer de

detrituslaag zou worden gebroken, zal de afwezigheid van de weerstand van de detrituslaag waarschijnlijk de positieve bijdrage van infiltratie aan de gewasverdamping nog vergroten. De kwel werd dus eigenlijk veroorzaakt door de infiltratie vanuit de sloot.

5 CONCLUSIES

- Het verloop van de drukhoogte met de diepte bij zowel waspeen (1988) als witlof (1989) vertoonde grote overeenkomst (tabel 2). Vanaf 30 cm tot aan de detrituslaag op ca. 90 cm - mv. neemt de drukhoogte gelijkmatig toe en kan de grond worden getypeerd als vochtig tot nat gedurende de gehele toch relatief droge zomerperiode (tabel 3). De ontwateringstoestand is dientengevolge matig te noemen.
- De stijghoogten waren in de winter- en in de zomerperiode van 1988 en 1989 in de grondwaterstandsbuizen door de veenlaag (detritus) lager dan in de buizen boven de veenlaag. Dit impliceert dat er wegzijging optrad. Wegzijging trad op ondanks een hoog slootwaterpeil in de zomer, waardoor het grondwater tot 80-90 cm diepte zou kunnen opstijgen. Een uitzondering vormt een korte periode in juni 1989 (figuur 10).
- Na veel neerslag in korte tijd was, naar verwachting, de fluctuatie van de grondwaterstand bij 8 m drainafstand groter en ondieper dan bij 4 m drainafstand (ca. 10-20 cm).
- De detrituslaag op ca. 90 cm - mv. werkt storend op de neerwaartse verticale waterbeweging en daardoor op de ontwatering. De 30-40 cm dikke detrituslaag is slecht doorlatend (minder dan 3 mm/dag) waardoor de drukhoogte van het bodemvocht in deze laag veelal hoog (grond zeer nat) blijft (tabel 3). In droge perioden wordt ook de capillaire aanvoer van water naar de wortelzone bemoeilijkt.

De conclusies over kwel en wegzijging hangen uiteraard samen met het gevoerde oppervlakte-waterpeilbeheer op het IJsselmeer en in de Noordoostpolder. Substantiële veranderingen hierin veranderen ook de kwel/wegzijgingssituatie.

6 AANBEVELINGEN

Nagegaan zou moeten worden of de hydrologische situatie, zoals op het Regionaal Onderzoek Centrum "De Waag" in 1988/1989 is vastgesteld, representatief is voor een grotere oppervlakte in het noordwestelijke deel van de Noordoostpolder. Te overwegen valt om in overeenstemming met de aanbeveling van R. Wiebing (DLO-Staring Centrum) in 1988 (mond. med.), op het Regionaal Onderzoek Centrum "De Waag" over een kleine oppervlakte een bodemtechnische ingreep te plegen. Deze ingreep zou de detrituslaag met de gelaagde ondergrond moeten mengen. De bouwvoor moet daarbij in tact blijven. De veenlaag (detritus) mag niet binnen ploegdiepte voorkomen, vanwege het gevaar van opploegen en daardoor oxidatie. Mogelijk wordt de ondergrond beter doorlatend en bewortelbaar. Door betere doorlatendheid zal de wateroverlast geringer zijn. Verder zal in droge perioden door het ontbreken van een weerstandbiedende detrituslaag de positieve bijdrage van de kwel aan de gewasverdamping waarschijnlijk worden vergroot. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen in hoeverre deze ingreep, vanwege mogelijke herverdichting van de ondergrond, een blijvend karakter zal hebben.

LITERATUUR

BAKKER, J.W., 1978. "Snelle vochtspanningsmetingen door tensiometers met elektrische drukopnemers". *Landbouwkundig Tijdschrift*, Jaargang 90-5.

BOERSMA, O., A.H.J. ROPS en R. WIEBING, 1985, 1986 en 1987. "Opheffen van storende werking van dichte of verdichte lagen onder de bouwvoor". In: *Landbouwkundig onderzoek in de IJsselmeerpolders en Noord-Holland*. Stichting Proefboerderijen Flevoland en Stichting Proefbedrijven Prof.Dr. J.M. van Bemmelenhoeve. 1985: 66-69; 1986: 69-75; 1987: 47-50.

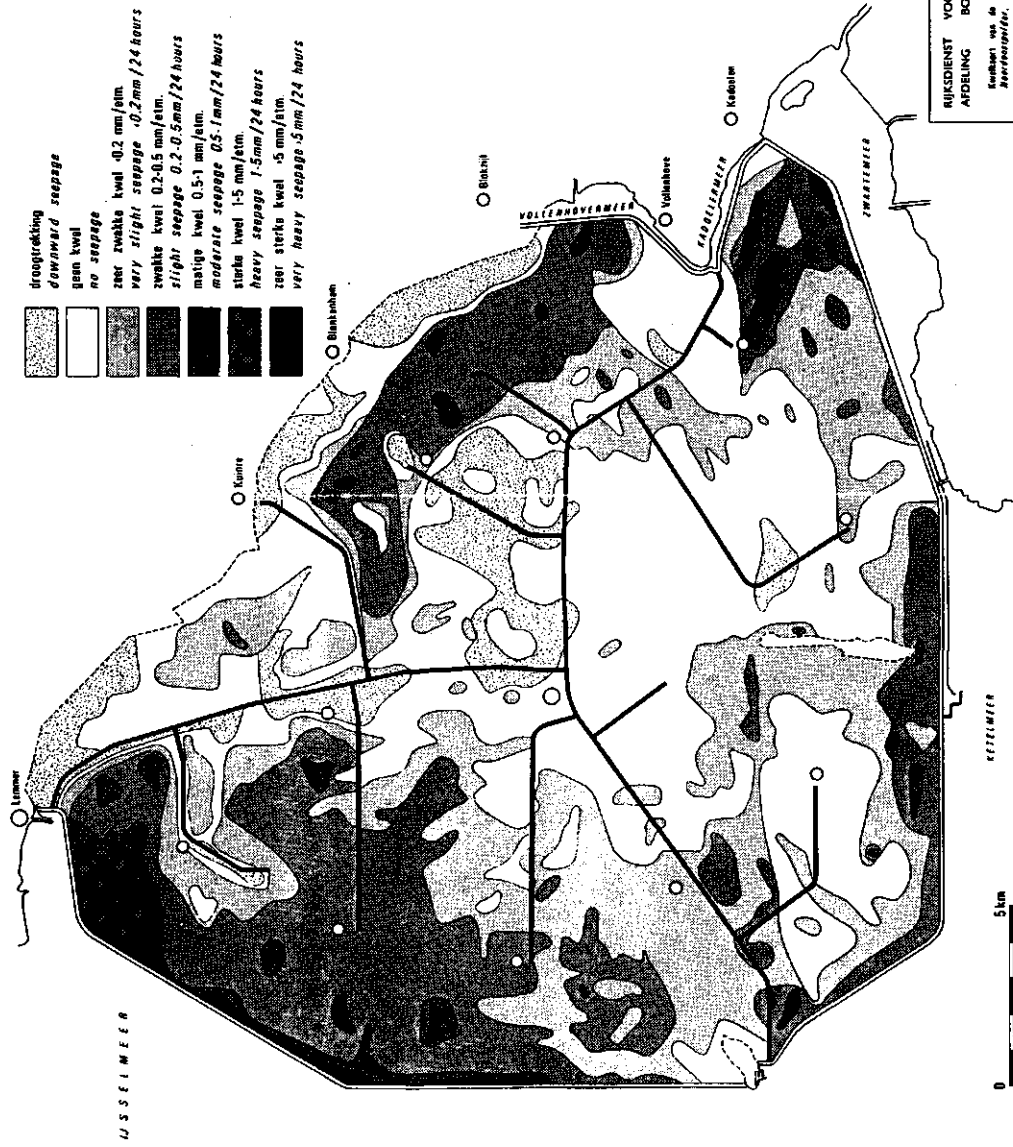
MINISTERIE VAN LANDBOUW EN VISSERIJ, 1988. *Aanleg en onderhoud van drainage*. 's-Gravenhage, Ministerie van Landbouw en Visserij. Vlugschrift voor de landbouw nr. 361.

MOLEN, W.H. VAN DER EN W.H. SIEBEN, 1955. "Over de landbouwkundige betekenis en de kartering van de kwel in de Noordoostpolder". *Van Zee tot Land*, nr. 12. Zwolle.

WIGGERS, A.J., 1955. "De wording van het Noordoostpoldergebied". *Van Zee tot Land*, nr. 14. Zwolle.

WIGGERS, A.J., F.H. DE JONG EN K. SPANJER, 1962. "De bodemgesteldheid van de Noordoostpolder". *Van Zee tot Land*, nr. 33. Zwolle.

AANHANGSEL 1 Kwelkaart van de Noordoostpolder



RIJKSDIENST VOOR DE IJSELMEEPOLDERS
 AFDELING BODEMKUNDIG ONDERZOEK
 Kwaliteit van de Noordzee
 Aardrijkskaart, naar de intensiteit of richting
 Bijlage 1 Van Zes tot Land nr. 44

AANHANGSEL 2 Grondwaterstanden (cm - mv.) op het Regionaal Onderzoek Centrum "De Waag" in de maanden oktober, november en december 1988

Serie Buis Grondwaterstanden in		oktober												november												december											
		1	6	7	11	14	17	21	25	28	1	4	11	23	25	1	5	9	13	19	21	23															
A	1	63	71	56	57	72	77	80	74	77	81	84	85	81	83	63	66	71	79	50	61	69															
	2	61	70	55	57	72	77	79	73	78	80	84	85	82	83	62	67	72	77	49	62	70															
	3	61	71	56	57	72	78	79	73	79	81	84	86	81	82	63	66	72	78	50	61	71															
	4	62	72	56	58	73	79	80	75	79	82	85	86	82	83	63	68	72	78	51	63	71															
	1b	33	56	32	51	71	80	79	57	78	82	-	-	76	81	59	54	61	73	30	49	66															
	2b	27	53	25	45	70	79	79	54	77	-	-	-	75	77	44	47	57	70	25	45	62															
	3b	35	62	34	52	71	81	79	61	79	-	-	-	77	81	52	57	63	74	33	53	67															
	4b	41	65	39	56	73	80	80	67	80	83	-	-	80	82	57	63	68	77	57	58	69															
B	1	62	70	54	67	71	78	78	73	78	79	83	84	80	82	63	67	72	76	49	63	70															
	2	65	73	65	61	65	73	76	76	75	78	81	82	80	80	67	67	69	74	64	59	64															
	3	59	67	52	61	70	74	75	71	75	78	81	82	76	79	59	64	70	75	49	60	68															
	4	59	67	52	60	69	75	75	71	75	78	91	81	77	79	60	65	70	75	48	60	68															
	1b	57	73	54	56	-	-	-	74	-	-	-	-	-	-	59	66	71	76	39	62	71															
	2b	57	72	47	53	77	83	83	70	73	-	-	-	79	82	53	59	68	76	42	58	70															
	3b	47	63	43	55	-	-	-	63	-	-	-	-	-	-	53	59	67	75	40	59	69															
	4b	45	62	42	57	-	-	-	63	-	-	-	-	-	-	52	60	68	75	39	60	70															

AANHANGSEL 3 Grondwaterstanden (cm - mv.) op het Regionaal Onderzoek Centrum "De Waag" in de maanden januari, februari en maart 1989

Serie	Buis	Grondwaterstanden in																										
		januari									februari									maart								
		3	6	10	13	18	23	27	30	3	6	9	14	20	23	27	3	8	10	14	17	21						
A	1	83	78	79	80	78	85	88	87	88	84	86	79	73	76	79	65	54	69	79	66	76						
	2	83	78	79	80	77	85	87	86	87	84	86	80	71	77	79	65	55	70	79	67	76						
	3	83	78	79	81	78	85	86	87	88	85	86	79	73	76	79	65	55	68	78	66	77						
	4	84	80	80	82	79	86	88	87	88	86	87	81	73	78	80	66	57	69	80	68	78						
	1b	82	72	74	76	70	83	-	-	-	79	-	66	61	67	71	44	36	62	77	48	64						
	2b	81	71	73	75	67	81	-	-	-	78	-	63	54	65	69	40	33	59	75	45	65						
	3b	83	75	76	77	71	-	-	-	-	80	-	72	62	72	75	50	41	63	77	53	71						
	4b	84	76	77	79	75	-	-	-	-	83	-	77	69	73	75	53	42	68	79	50	72						
B	1	82	78	79	79	76	82	85	85	86	83	84	80	73	75	78	64	53	69	79	66	75						
	2	80	79	78	78	77	81	83	83	84	83	83	81	73	75	76	71	68	65	74	71	74						
	3	80	76	77	77	75	82	84	84	84	82	82	78	70	74	76	63	54	67	77	65	74						
	4	80	76	77	77	75	81	84	82	83	81	82	77	70	75	77	63	52	67	77	65	74						
	1b	-	76	77	-	74	-	-	-	-	-	-	75	69	74	75	57	43	68	-	60	74						
	2b	83	78	77	77	74	83	-	-	-	80	83	73	66	74	76	56	49	66	78	59	74						
	3b	-	76	76	76	74	-	-	-	-	-	-	71	65	73	74	53	45	67	-	56	73						
	4b	-	75	76	-	74	-	-	-	-	-	-	71	66	73	75	54	45	67	-	56	74						

AANHANGSEL 4 Grondwaterstanden (cm - mv.) op het Regionaal Onderzoek
Centrum "De Waag" in de maanden juni en juli 1989

Serie	Grondwaterstanden in											
	juni									juli		
	1	3	5	9	12	16	22	28	30	3	4	
A	1	88	80	79	82	88	91	89	85	78	80	
	2	88	80	80	82	87	91	89	85	77	80	
	3	88	80	80	82	89	93	89	85	78	81	
	4	90	80	81	86	90	93	91	86	79	83	
	1b	-	-	-	-	-	-	-	-	74	63	78
	2b	-	-	-	-	-	-	-	-	74	66	-
	3b	-	86	88	-	-	-	-	-	80	68	79
	4b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	-
B	1	87	81	79	81	87	91	88	86	75	78	
	2	113	96	87	85	87	89	88	87	84	84	
	3	86	76	76	80	86	89	87	80	74	77	
	4	87	78	78	80	87	90	88	86	76	78	
	1b	-	-	-	-	-	-	-	-	74	70	-
	2b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72	-
	3b	-	-	-	-	-	-	-	-	78	73	-
	4b	-	-	-	-	-	-	-	-	82	81	-

AANHANGSEL 5 Neerslag per dag en maand (mm) op het Regionaal Onderzoek Centrum
"De Waag" in 1988

Datum	Neerslag											
	jan.	feb.	mrt.	apr.	mei	juni	juli	aug.	sept.	oct.	nov.	dec.
01	-	5,1	3,1	-	-	12,7	9,1	-	1,8	-	0,8	0,3
02	12,5	5,6	0,9	-	6,5	8,6	4,3	-	3,8	-	1,0	2,0
03	6,9	3,6	-	-	0,5	-	10,4	-	12,0	-	-	0,6
04	3,1	5,8	4,0	-	7,0	-	2,5	-	-	-	-	6,3
05	2,6	3,2	1,2	-	-	11,8	6,3	-	1,6	-	-	0,6
06	28,0	23,0	13,8	-	-	1,2	3,8	-	-	9,0	-	1,6
07	3,6	2,1	-	-	-	-	3,2	-	-	22,0	-	7,2
08	3,8	8,8	-	-	1,1	4,3	1,6	-	-	5,6	-	1,3
09	0,3	1,8	-	0,3	-	1,6	4,2	-	-	11,6	-	2,4
10	2,0	9,5	3,6	0,2	-	13,6	3,9	-	-	15,8	4,3	2,2
subtotaal	62,8	68,5	26,6	0,5	15,1	53,8	49,3	-	19,2	64,0	6,1	24,5
11	8,6	9,0	1,3	-	-	1,4	-	10,8	-	-	0,6	1,1
12	0,4	0,5	1,8	-	-	-	-	0,3	1,8	0,6	-	-
13	-	0,7	1,8	-	-	-	-	-	10,6	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	4,1	-	6,5	-	-	0,6
15	-	-	4,1	-	-	-	35,2	-	3,6	-	1,2	1,7
16	1,1	-	7,8	-	-	-	14,2	-	2,8	-	-	2,8
17	1,6	-	1,8	3,6	-	-	7,8	-	1,9	-	-	2,0
18	-	3,0	-	4,8	-	-	1,8	-	1,3	-	0,5	1,3
19	-	0,9	-	-	-	-	-	1,1	-	-	1,0	23,8
20	-	-	9,1	-	-	0,2	-	0,9	-	0,6	0,3	10,4
subtotaal	11,7	14,1	26,5	8,4	-	1,6	63,1	13,1	28,5	1,2	3,6	43,7
21	1,3	-	6,2	-	4,5	-	0,3	24,0	-	2,3	-	1,8
22	-	-	5,2	-	-	0,6	6,0	7,1	-	-	1,1	1,3
23	13,6	3,3	2,8	-	2,0	-	6,3	-	1,8	-	2,3	-
24	7,8	1,3	1,5	-	-	0,2	7,2	-	20,5	-	1,2	-
25	5,6	2,3	6,5	-	-	-	0,2	18,8	7,3	10,6	-	-
26	10,3	0,2	4,8	-	-	-	1,2	14,2	0,6	-	0,9	-
27	2,8	0,3	5,6	-	2,2	-	0,8	3,1	8,7	-	-	-
28	3,6	1,6	-	-	4,1	-	0,4	0,3	8,8	0,2	0,6	-
29	5,0	3,9	7,5	-	2,0	-	-	4,6	2,4	1,3	3,2	-
30	6,4	-	4,5	-	1,5	-	2,6	0,8	2,8	0,6	10,2	-
31	7,1	-	1,8	-	4,1	-	-	0,2	-	0,7	-	-
subtotaal	63,5	12,9	46,4	-	20,5	0,8	25,0	73,1	52,9	15,7	19,5	3,1
totaal per maand	138,0	95,5	99,5	8,9	35,5	56,2	137,4	86,2	100,6	80,9	29,2	71,3

In 1988 totaal 939,2 mm

AANHANGSEL 6 Neerslag per dag en maand in mm op het Regionaal Onderzoek Centrum
"De Waag" in 1989

Datum	Neerslag											
	jan.	febr.	mrt.	apr.	mei	juni	juli	aug.	sept.	oct.	nov.	dec.
01	-	-	9,8	-	-	0,4	2,0	8,9	0,6	-	-	-
02	-	-	2,8	-	-	3,0	15,6	7,0	6,0	0,2	-	-
03	-	-	7,6	-	-	-	-	-	3,4	-	1,3	-
04	-	-	0,6	-	-	2,2	-	-	-	-	-	-
05	1,3	5,2	1,4	-	-	9,8	-	-	-	-	7,1	-
06	2,6	0,3	-	2,0	-	-	-	-	-	3,2	-	-
07	1,1	-	-	8,8	-	-	-	6,0	-	9,7	-	-
08	0,4	-	28,6	1,7	-	3,1	-	16,8	-	7,2	-	-
09	0,2	-	-	-	-	2,6	9,8	-	-	1,8	-	-
10	2,9	-	0,9	2,8	-	-	6,5	-	-	-	2,1	-
subtotaal	8,5	5,5	51,7	15,3	-	21,1	33,9	38,7	10,0	22,1	10,5	-
11	0,3	-	1,8	6,4	-	-	-	-	-	2,3	1,8	2,9
12	-	2,0	2,6	2,3	1,9	-	-	8,5	-	0,3	-	-
13	1,6	1,2	0,6	2,6	8,9	-	-	-	-	1,0	-	3,1
14	1,8	6,3	-	7,6	-	-	1,3	3,0	30,4	2,3	-	12,2
15	-	0,3	2,8	0,5	-	-	-	1,4	2,8	4,6	-	17,4
16	-	2,2	0,6	-	-	-	-	-	1,0	-	-	2,3
17	0,6	-	13,6	0,5	-	-	-	-	3,9	-	-	8,4
18	5,4	7,4	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5
19	-	5,9	-	1,5	-	-	0,9	-	6,2	-	-	6,8
20	-	2,9	0,9	0,6	-	-	-	-	-	-	-	4,8
subtotaal	9,7	28,2	24,1	22,0	10,8	-	2,2	12,9	44,3	10,5	1,8	59,4
21	-	-	3,2	-	-	-	-	-	-	7,3	-	14,6
22	0,6	-	1,6	-	-	-	-	-	-	3,2	0,7	-
23	-	2,6	2,6	1,1	-	4,4	-	-	-	2,4	-	0,6
24	-	-	20,8	6,9	-	-	2,6	-	-	7,2	2,2	3,2
25	-	-	8,2	2,1	-	-	-	2,2	5,3	-	-	-
26	-	0,6	-	1,6	-	-	-	1,5	9,2	-	-	-
27	-	4,8	-	0,3	-	-	-	23,6	-	1,1	1,8	-
28	1,3	2,6	-	0,6	-	3,8	-	9,6	-	-	0,4	0
29	-	-	-	-	-	5,0	-	1,0	-	7,2	-	-
30	-	-	-	-	1,8	17,8	-	0,4	-	5,9	-	-
31	-	-	-	-	-	-	23,0	2,6	-	3,2	-	0,2
subtotaal	1,9	10,6	36,4	12,6	1,8	31,0	25,6	40,9	14,5	37,4	5,1	18,6
Totaal per maand	20,1	44,3	112,2	49,9	12,6	52,1	61,7	92,5	68,8	70,0	17,4	78,0

In 1989 totaal 679,6 mm