

NN31545.1411

BIBLIOTHEEK  
STARINGGEBOUW

mei 1983

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Wageningen.

ONDERZOEK VERANDERING IN HET GRONDWATERREGIME  
RONDOM HET TOEKOMSTIGE ZOOMMEER C.A.

VERSLAG GEGEVENSVERWERKING 1981 (MARKIEZAATSMEER)

Ing. A.H.F. Kramer.

16 FEB. 1998

Inhoudsopgave

**BIBLIOTHEEK DE HAATF**

Droevendaalsesteeg 3a

Postbus 241

6700 AE Wageningen

blz. nr.

1.	Inleiding	4
2.	Neerslag en verdamping	5
3.	Het peilverloop in het Markiezaatsmeer	6
4.	De sloot- en grondwaterstanden	
4.1	Raai L (Augustapolder)	7
4.2	Raai M (De Duintjes - Lindonk - Mattenburgh)	10
4.3	Raai N (Hogerwaardpolder - Damespolder)	12
5.	De chloridegehalten van grond- en oppervlaktewater	
5.1	Het chloridegehalte van het grondwater	14
5.2	Het chloridegehalte van het oppervlaktewater	15
6.	De geologische gesteldheid in en om het Markiezaatsmeer	16
7.	Berekeningen van hydrologische bodemkonstanten	18
8.	De gewasopbrengst in relatie tot enkele grondwaterstanden	22
	Geraadpleegde literatuur	25
	Lijst van bijlagen	2

1790545



Lijst van bijlagen.

	nr.
Overzichtskaart meetnet	1
Gesommeerd gemiddeld jaaroverzicht neerslag en verdamping	2
Gesommeerd jaaroverzicht neerslag en verdamping 1981	3
Staafdiagram jaaroverzicht neerslag en verdamping 1981	4
Tijdstijghoogtediagram getij Markiezaatsmeer en Oosterschelde	5
Tijdstijghoogtediagrammen van grond- en slootwaterstanden:	
LF2, LF3, LF4 en LF6	6
LF1, LW1	7
LS1, LS2	8
LD1, 49D-48	9
LF5, LF7	10
LW2, LW3	11
MF1, MF2, MF3, MF4	12
MD1, MD2, 49D-38, MD3	13
NF2, NF5, NF6, NF9	14
NW1, NW2	15
NS1, NS2	16
53, GD-5, 55, 14	17
Getijverloop in LD1, november 1981	18
Getijverloop in MD1, MD2 november 1981	19
Regressiediagrammen HW Markiezaatsmeer - HW diepe filters	20
Tabel met data van regressiediagrammen	21
Regressiediagrammen: LF6 - LF1, LF2	22
LF6 - LF3, LF4	23
LF6 - LF5, LF7	24
MF4 - MF2, MF3	25
NF9 - NF1, NF2	26
NF9 - NF3, NF4	27
NF9 - NF5, NF6	28
NF9 - NF7, NF8	29
Overzichtskaart waterlopen met bemonsteringspunten	30
Tabel chloridegehalten oppervlaktewater	31
Tabel chloridegehalten grondwater	32
Doorlaatfactoren van boormonsters peilput LD1	33

	nr.
Doorlaatfactoren van boormonsters peilput MD1	34
Dwarsprofiel raai L	35
Dwarsprofiel raai M	36
Dwarsprofiel raai N	37
Tijdstijghoogtediagram van zuigspanning onder in de wortelzones van enkele profielen met bijbehorende grondwaterstanden	38
Tijdstijghoogtediagram van potentiële en actuele transpiratie en werkelijke opbrengst van 1 ha aardappelen op bodemprofiel kZn40A met grondwaterstand volgens peilbuizen NF 4 en NF 6	39
Idem op profiel kZn40A met grondwaterstand volgens peilbuis NF 5	40
Idem op profiel Mn22A met grondwaterstand volgens peilbuis NF 8	41
Idem op profiel Mn25A met grondwaterstand volgens peilbuizen LF2, LF3 en LF4	42
Idem op profiel Mo80A met grondwaterstand volgens peilbuizen LF5 en LF7	43
Bodemkaart volgens voorlopige opgave van Stiboka	44

## 1. Inleiding

Met het oog op de mogelijke veranderingen in grondwaterstanden en chloridegehalten van grond- en oppervlaktewater rondom het toekomstige Zoommeer als gevolg van het wegvallen van de getijbeweging is eind 1980 gestart met het inventariseren van polder- en grondwaterstanden rondom genoemd randmeer.

In de periode september 1980 tot en met september 1981 is hiervoor in opdracht van de Deltadienst van Rijkswaterstaat een meetnet van peilbuizen en slootpeilmeetpunten ingericht (I.C.W. nota 1305).

Door de beperkte tijd die beschikbaar was voor het vastleggen van de nul-fase rondom het Markiezaatsmeer, is hier het eerst met de inrichting van het meetnet en het verzamelen van de hydrologische gegevens begonnen. De eerste meetpunten werden in september 1980 geplaatst. De waterstanden werden aansluitend daarop omstreeks de 14e en 28e van elke maand opgemeten. Het verzamelen van watermonsters van het open water is gestart in september 1981.

Aanvankelijk zou dit meer in 1982 worden afgesloten, maar door stormschade in maart 1982 werden de werkzaamheden echter vertraagd. In dit eerste jaarverslag is aandacht besteed aan de verwerking van de verzamelde gegevens rondom het Markiezaatsmeer van de periode 1 januari tot en met 31 december 1981. Behandeld worden achtereenvolgens de grootte van neerslag en verdamping over het verslagjaar in relatie tot een langjarig gemiddelde, de waterstanden van het Markiezaatsmeer en de deels daarvan afhankelijke sloot- en grondwaterstanden rondom het meer.

Verder is aandacht besteed aan de geo-hydrologische opbouw van het gebied en zijn enkele berekeningen naar hydrologische bodemkonstanten uitgevoerd. Tenslotte is met behulp van het computerprogramma SWACRO een inzicht verkregen in de betekenis voor de landbouwproductie van enkele gemeten grondwaterstanden in voorkomende bodemprofielen van de Augustapolder, de Hogerwaard- en de Damespolder.

## 2. Neerslag en verdamping

Uit een 30-jarige reeks neerslag- en verdampingsgegevens van 1951 t/m 1980 van enkele K.N.M.I.-stations in de omgeving van het Markiezaatsmeer is een gemiddeld gesommeerd jaaroverzicht gemaakt van de neerslag, de aktuele verdamping en het neerslag- of verdampingoverschot. Zie bijlage 2. De neerslagcijfers zijn ontleend aan de K.N.M.I.-stations te Rilland in district 11 (Zeeland) en Bergen op Zoom in het district 12 (West Brabant).

De in bijlage 2 weergegeven verdampingscurve is het gemiddelde van de door het K.N.M.I. berekende verdamping volgens Pennman van het hoofdstation Vlissingen en de gemiddelde ingeschatte waarden van district 12. In vergelijking met de overeenkomstige gegevens van het jaar 1981 op bijlage 3 blijkt 1981 veel natter dan het meerjarig gemiddelde te zijn geweest.

Het gemiddelde jaarlijkse neerslagoverschot voor Rilland en Bergen op Zoom bedroeg over de voorgaande 30 jaar ongeveer 255 mm.

In 1981 was dit maar liefst 420 mm. In het staafdiagram op bijlage 4 is de netto-neerslag per maand over 1981 weergegeven alsmede een "normale lijn" die gebaseerd is op de maandgemiddelden over de jaren 1951 tot en met 1980. Hieruit valt af te lezen dat de maanden maart, oktober en december erg nat zijn geweest met respectievelijk 60, 80 en 50 mm/maand meer neerslag dan normaal. Daarentegen blijken de zomermaanden juli en augustus met ieder ca 40 mm meer neerslagtekort dan normaal, te droog te zijn geweest.

### 3. Het peilverloop in het Markiezaatsmeer

De in februari 1981 gestarte werkzaamheden aan de Markiezaatskade hebben in de loop van dat jaar al enige wijzigingen in het oorspronkelijke getijdeverloop veroorzaakt. Dit is geconcludeerd uit de gegevens van 2 peilschrijvers van de Rijkswaterstaat Deltadienst, meet- en studieafdeling Zierikzee.

De registreerders staan opgesteld nabij het Marollegat in de Oosterschelde en in het Markiezaatsmeer even ten oosten van de nieuwe kade. Zie hiervoor de overzichtskaart op bijlage 1. De gemiddelde H.W.- en L.W.-standen bedroegen voor de werkzaamheden bij beide meetpunten ca N.A.P. + 2.10 m en N.A.P. - 1.90 m. Op bijlage 5 is te zien dat begin juni voor het eerst een geringe verhoging van 10 à 20 cm van de L.W.-standen op het Markiezaat ten opzichte van de Oosterschelde optreedt. Deze situatie blijft zo tot eind november. Naarmate de aanleg van de dam vordert, wordt de afstroming steeds meer belemmerd. Dit resulteert aanvankelijk alleen in het geleidelijk oplopen van de L.W.-standen op het Markiezaat tot boven N.A.P. Omstreeks half december treedt ook enige verlaging op van de gemiddelde H.W.-stand op het Markiezaatsmeer. Op 8 januari 1982 is de doorlaatbare Markiezaatsdam gesloten en volgt een geleidelijke afname van het getij tot een gemiddelde L.W.-stand van N.A.P. + 0.20 m en een H.W.-stand van N.A.P. + 0.50 m. Op 11 maart echter vond een doorbraak van de dam plaats, waardoor op het Markiezaatsmeer weer de oorspronkelijke getijfluctuaties optraden. Momenteel zijn nog onvoldoende gegevens beschikbaar om na te kunnen gaan in hoeverre de grondwaterstanden in het aanliggende gebied op deze tijdelijke afdamming en de daarop volgende plotselinge verandering hebben gereageerd.

#### 4. De sloot- en grondwaterstanden

##### 4.1 Raai L (Augustapolder).

Op bijlage 6 zijn de grondwaterstanden in relatie tot de tijd weergegeven van enkele landbouwbuizen in de Augustapolder.

De grondwaterstanden van vooral LF 2, LF 3 en LF 4 komen duidelijk met elkaar overeen en reageren ongeveer overeenkomstig het neerslagpatroon in bijlage 3. De grondwaterstand in peilbuis LF 6 geeft een geringere fluctuatie te zien. De oorzaak moet gezocht worden in de lagere ligging van het maaiveld en de daaraan aangepaste draindiepte. Zowel bij LF 6 als bij de drie andere peilbuizen reiken de hoogste waterstanden tot ca 50 cm - maaiveld. De stijghoogte van de eerstgenoemde 3 peilbuizen zijn in de bijlagen 22, 23 en 24 gerelateerd aan die van peilbuis LF 6. Deze peilbuis kan als referentiepunt in de raai worden beschouwd omdat hier als gevolg van de relatief grote afstand tot het meer geen veranderingen in het grondwaterregime te verwachten zijn. De waterstanden welke 2 x per maand zijn opgemeten zijn daarbij over het jaar 1981 chronologisch genummerd van 1 t/m 24. Zie voor de opnamedata de tabel op bijlage 21.

De grondwaterstand in peilbuis LF 1, die gelegen is nabij de nieuwe hoofdwaterkering heeft in tegenstelling tot die in de voorgenoemde filters een veel stabielere verloop. Dit meetpunt ligt op circa 30 m afstand van een kwelvangsloot met een relatief hoog en onveranderlijk slootpeil. Zie bijlage 7. Onder invloed van dit openwaterpeil lijkt de grondwaterstandsfluctuatie in deze peilbuis sterk te worden gereduceerd. Bovendien kan ook de kwel vanuit het voorliggende schor van invloed zijn op de fluctuatie. Op circa 40 m afstand buiten de nieuwe zeedijk werd tussen september en december 1981 in peilbuis LS 2 een schorwaterstand gemeten die rond N.A.P. + 2.00 m schommelt.

Meer noordelijk, nabij Bergen op Zoom is een gemiddeld 0.25 m lagere schorwaterstand gemeten. Zie bijlage 8. Rondom deze peilbuis LS 1 ligt het maaiveld echter aanmerkelijk hoger (N.A.P. + 2.80 m) dan in de omgeving van LS 2 (N.A.P. + 2.00 m), waardoor daar het schor alleen bij extra hoge vloedstanden wordt overspoeld met als gevolg een lagere schorwaterstand.

De invloed van de kwel op de grondwaterstand wordt duidelijk geïllustreerd in de dwarsdoorsnede in bijlage 35.



De hoogste en laagste waargenomen waterstanden van 1981 op respectievelijk 14 december en 18 augustus zijn hierin weergegeven.

Verder valt in deze figuur op dat in peilbuis LF 5, gelegen in het midden van de raai, de laagste waterstanden zijn gemeten. De helling die de grondwaterstand vervolgens in oostelijke richting vertoont zal vermoedelijk een gevolg zijn van afstroming naar de polder vanuit de oostelijk gelegen Brabantse Wal.

Bijlage 9 toont aan dat ditzelfde gebeurt vanuit zuidwestelijke richting. Deze veronderstelling is gerechtvaardigd omdat in peilput 49 D- 48 de stijghoogte van het zoete water gemiddeld 30 cm hoger is dan de naar zoet water gecorrigeerde stijghoogte in filter LD 1. Weliswaar bevindt zich het filter van 49 D - 48 op N.A.P.-37 m en die van LD 1 op slechts N.A.P.-17 m, maar beiden bevinden zich in dezelfde watervoerende laag waardoor de vergelijking van beide gecorrigeerde stijghoogtes een redelijk betrouwbare indicatie geeft omtrent de veronderstelde grondwaterstroming. Voor zover niet anders is vermeld zijn alle diepe stijghoogtes gecorrigeerd naar een stijghoogte t.o.v. N.A.P. voor zoet water uitgaande van een referentieniveau van N.A.P. - 15 m.

Uit het diagram op bijlage 10 blijkt een verschil in zomergrondwaterstand tussen peilbuis LF 7 en LF 5. Dit kan een gevolg zijn van verschillen in de detailontwatering ter plaatse.

Het peilverloop bij de beide openwaterpeilmeetpunten in de Augustapolder, LW 3 bovenstrooms en LW 2 benedenstrooms zijn weergegeven op bijlage 11. Aangenomen mag worden dat het peil bij LW 3 niet veel zal afwijken van het peil in de beide spoorwegsloten, halverwege de polder. In het dwarsprofiel is dit slootpeil dan ook als zodanig weergegeven. De sloot nabij peilbuis LF 2 heeft een tamelijk ondiepe slootbodem, die in de zomer nagenoeg altijd droog staat.

De slootwaterstand bij meetpunt LW 1 is relatief erg hoog en vooral in drogere perioden redelijk overeenkomend met de freatische waterstanden in filter LF 1 en de gecorrigeerde diepe stijghoogte in peilbuis LD 1.\* Het geringe stijghoogteverschil tussen deze 2 filters in de zomermaanden geeft aanwijzingen op een waarschijnlijk betrekkelijk geringe verticale weerstand tussen de beide filters. De holocene kleilaag op 2,5 m beneden maaiveld is hier slechts 0,5 m dik en daaronder een veenlaag van 0,25 m.

Bovendien bestaat de kans dat ter plaatse van het nieuwe dijk-lichaam deze weerstandslaag geheel of gedeeltelijk tijdens de aanleg ervan geheel of gedeeltelijk is verdwenen.

Op 10, 11 en 12 november is de invloed van de getijbeweging op de grondwaterstand in een aantal peilbuizen door middel van handpeilingen en automatische registraties vastgesteld. Op bijlage 18 is een dergelijke registratie van peilbuis LD 1 weergegeven, waaruit duidelijk de getijinvloed blijkt. De zes gemeten H.W.-standen in deze buis zijn gerelateerd aan de overeenkomstige H.W.-standen van het Markiezaatsmeer. Zie het 1e diagram op bijlage 20. Hetzelfde is gedaan met 4 waargenomen H.W.-standen in peilbuis 49D-4B, welke meer landinwaarts staat. De helling van de lijnen in de figuren zijn een maatstaf voor de demping van de getijinvloed bij hoogwater. Verder volgt uit de figuren dat de gemiddelde potentiaal in deze peilbuizen na het wegvallen van de getijbeweging zal verlagen.

\* De dichtheden van het freatische water in de diverse peilbuizen in dit onderzoek zijn onbekend waardoor de waterstanden dus niet kunnen worden gecorrigeerd naar een zoetwaterstijghoogte. Daarnaast doen zich nog een aantal theoretische complicaties voor bij het vergelijken van verschillende stijghoogtes in filters uit verschillende watervoerende pakketten en met ongelijke dichtheden (Santema, 1980).

Bij het Zoommeeronderzoek gaat het in het algemeen om betrekkelijk geringe onderlinge verschillen in dichtheid bij niet al te grote verschillen in filterdieptes. Daardoor zijn de fouten die hiermee gemaakt zijn meestal in de orde van enkele centimeters en voor dit onderzoek te verwaarlozen.

#### 4.2 Raai M (De Duintjes - Lindonk - de Mattenburgh)

De grondwaterstandsverlopen in 3 ondiepe peilbuizen in de Duintjes uitgezet tegen de tijd op bijlage 12 vertonen een redelijk goede onderlinge overeenkomst. De waterstand op het schor in peilbuis MF 1 verloopt minder duidelijk in samenhang met de overige 3 peilbuizen. Dit kan een gevolg zijn van een overheersende getijinvloed, maar mogelijk ook van een aantal onbetrouwbare waarnemingen door het niet goed functioneren van de peilbuis tussen augustus en december. Het onderlinge verband is eveneens in regressiediagrammen op bijlage 25 vastgelegd, waarbij steeds meetpunt MF 4 als referentiemeetpunt is gekozen.

Het regressiediagram tussen de peilbuizen MF 4 en MF 1 is nog achterwege gelaten omdat hier de onderlinge relatie tussen de waterstanden nog onduidelijk is door genoemde oorzaken.

Bij metingen van de invloed van het getij op de grondwaterstand op 10, 11 en 12 november 1981 werd in peilbuis MF 1 na een hoogste H.W.-stand van N.A.P. + 2.91 m op het Markiezaatsmeer een maximale verhoging van 22 cm waargenomen. Hierbij werd het maaiveld rondom deze peilbuis dat op N.A.P. + 2.30 m ligt, overspoeld.

In de overige ondiepe peilbuizen bleef de invloed van de hoge buitenwaterstand beperkt tot slechts enkele centimeters.

In de diepe peilbuizen, vooral in MD 1 en MD 2, is de fluctuatie als gevolg van getijinvloed duidelijk waarneembaar. Dit blijkt uit de automatische registratie weergegeven op bijlage 19.

In de figuur op bijlage 20 is de relatie van de stijghoogten van het diepe grondwater met de H.W.-standen op het Markiezaat in regressiediagrammen vastgelegd. In het nogal fluctuerende waterstandsverloop van de meetpunten MD 1 en MD 2 op bijlage 13 moet dit gegeven worden ingecalculeerd. Het in bijlage 36 weergegeven dwarsprofiel van raai M geeft een inzicht in het grondwaterstandsverloop tot bijna 2 km landinwaarts. In de figuur zijn de gemiddelde stijghoogtes van het diepe grondwater en het freatisch water over 1981 ingetekend. Tussen de diepe filters is de stijghoogte steeds lineair geïnterpoleerd.

In de detailschets van de Duintjes zijn de laagste en hoogste waargenomen waterstanden weergegeven.

Het freatische water blijkt in peilbuis MF 3 een gemiddeld lagere stand te hebben dan MF 2 en MF 4. Dit kan een gevolg zijn van een plaatselijk grotere wegzijging van het freatische grondwater naar de ondergrond ten gevolge van een betere verticale doorlatendheid. In het boorgat van MD 1 is namelijk op 5 m beneden N.A.P. een slecht doorlatende kleilaag van 0,5 m dikte aangetroffen die de wegzijging hier belemmert, maar vermoedelijk bij MF 3 ontbreekt. Ten oosten van de spoorlijn zijn geen nauwkeurige gegevens van het freatische grondwater bekend. Uit gegevens van o.a. de Rijks Geologische Dienst is gebleken dat door plaatselijk voorkomende leemlagen in deze hoge zandgronden schijnwaterspiegels op verschillende dieptes in natte perioden kunnen voorkomen. Bovendien zijn de gecorrigeerde stijghoogten in de diepe peilbuizen lager dan die van het freatische grondwater, waardoor mag worden verondersteld dat over de hele lengte van deze raai wegzijging naar de ondergrond plaatsvindt.

#### 4.3. Raai N (Hogerwaard- en Damespolder)

Van de ondiepe filters in raai N werden de grootste fluctuaties waargenomen in peilbuis NF 9. Het verloop ervan is samen met NF 2, NF 5 en N.F. 6 weergegeven in bijlage 14.

Meetpunt NF 9 dient als referentiepunt voor de overige buizen.

Zie de regressiediagrammen op de bijlagen 26 t/m 29.

In de maanden september en oktober was peilbuis NF 9 defect, waardoor een hiaat ontstond in de informatie. Peilbuis NF 10 wordt sinds half oktober opgemeten waardoor nog te weinig gegevens beschikbaar zijn voor het maken van een regressiediagram.

De relatief hoge waterstanden in peilbuis NF 5 ten opzichte van de overige landbouwbuizen in de Hogerwaardpolder kunnen mogelijk een gevolg zijn van de plaats van dit filter boven de jong holocene erosiegeul. De verticale weerstand in deze geul is geringer dan in de rest van de polder, waardoor de kwel hier groter zal zijn.

Het peilverloop van de poldersloten in de Hogerwaard- en Damespolder is weergegeven op bijlage 15.

De getijbeweging heeft op het schor een overheersende invloed op het grondwaterregime aldaar. In peilbuis NS 1 is een gemiddelde schorwaterstand gemeten van N.A.P. + 1.90 m. De laagste waterstand werd gemeten op 13 juli namelijk N.A.P. + 1.60 m. Het maaiveld is ter plaatse N.A.P. + 2.20 m hoog en wordt derhalve regelmatig overspoeld. In peilbuis NS 2 op ca 20 m afstand van een kreek, zijn doorgaans lagere waterstanden gemeten met een sterkere fluctuatie (bijlage 16). Deze peilbuis is in oktober 1981 geplaatst, waardoor er onvoldoende gegevens zijn om de juiste vergelijking met NS 1 te maken waarvan de grondwaterstand eveneens op genoemde bijlage is weergegeven. De laagste waterstand werd tot nog toe op 10 november gemeten t.w. N.A.P. + 1.02 m.

De 4 diepe peilbuizen op bijlage 17, t.w. nrs. 53, GD-5, 55 en 14 met de filters op een gemiddelde diepte van N.A.P. 22 m vertonen eveneens onderling een tamelijk parallel verloop. Dit ondanks de sterke getij-invloed die vooral in put 53 en GD-5 uit diverse continue registraties werd geconstateerd. De sterke verlagingen van het diepe water in de maanden mei en juni en daarna van augustus tot en met november zijn een gevolg van de bronneringen die in de nabijheid zijn aangebracht voor het plaatsen van zinkers onder het

in aanleg zijnde spuikanaal. Dit blijkt uit gegevens van de Deltadienst van Rijkswaterstaat. De afdeling Waterbouwkundige Werken Oost heeft namelijk vooraf berekeningen uitgevoerd naar de verlaging van het diepe water, uitgaande van een constante bemaling met gemiddeld debiet van  $650 \text{ m}^3/\text{u}$ . Zie ook de overzichtskaart op bijlage 1. In onderstaande tabel staan de berekende verlagingen vermeld. De bronnering bij de noordelijke zinkerbundel heeft gewerkt van 27 april tot 21 juni. Bij de zuidelijke zinkerbundel is de bemaling op 11 augustus gestart. De werkzaamheden hebben hier tot medio november geduurd. De bemaling was echter enkele weken eerder gestaakt. De berekende verlagingen komen redelijk overeen met de dalingen in de figuur op bijlage 17.

peilput	bronnering noord		bronnering zuid	
	afstand tot bron (m)	berekende verlaging (m)	afstand tot bron (m)	berekende verlaging (m)
53	2750	0.25	3120	0.25
GD-5	2640	0.40	2920	0.30
55	2360	0.60	2480	0.50
14	2420	0.50	2200	0.70

In de dwarsdoorsneden van raai N op bijlage 37 zijn naast de hoogste, laagste en gemiddelde gemeten waterstanden van 1981 nog twee waterstanden weergegeven. Het betreft hier het waarschijnlijk jaargemiddelde en de laagst voorgekomen grondwaterstand, verkregen na correctie van het effect van de bronbemalingen. Uit de hellende grondwaterspiegel van het ondiepe grondwater en het stijghoogteverschil met het freatische water kan - indien de geo-hydrologische eigenschappen bekend zijn - een indruk worden verkregen omtrent plaats en intensiteit van de kweldruk.

## 5 Het chloridegehalte van grond- en oppervlaktewater

### 5.1 Het chloridegehalte van het grondwater.

Uit de tabel op bijlage 32 kan een indruk worden verkregen omtrent het voorkomen van zout en zoet grondwater in het studiegebied tot een diepte van ca 30 m beneden N.A.P.

In de Brabantse Wal komt overal zoet water voor. Dicht bij het Markiezaat (LD 1, MD 2) is de invloed van het zoute Oosterschelde-water merkbaar.

Ten oosten van de holocene erosiegeul komt in de Hogerwaardpolder uitsluitend zoet water voor in alle voorkomende peilbuizen.

Ten westen hiervan komt in het holocene pakket brak, soms zout water voor. Daaronder is in het pleistoceen tussen 20 m en 30 m beneden N.A.P. nog redelijk zoet tot soms iets brak water aangetroffen.

Dit wordt veroorzaakt door de afstroming van zoet water uit de Brabantse Wal via het pleistocene zand. In westelijke richting wordt dit zoete water steeds meer vermengd met brak en zout grondwater.

In boorgat 56 is tussen 41 en 43 m beneden N.A.P. een slecht doorlatende kleilaag in het pleistocene zand aangetroffen, waaronder zoet spanningswater voorkomt. Onmiddellijk erboven bevindt zich echter brak water (filterdiepte N.A.P. - 36 m). In ditzelfde watervoerende pakket maar op geringere diepte (N.A.P. - 24 m) is weer zoet water aangetroffen. In put 55 meer westwaarts is een dergelijke storende laag, zij het minder duidelijk, op ongeveer dezelfde diepte aangetroffen. Het chloridegehalte van het grondwater vertoont hier van boven naar beneden een ongeveer overeenkomstig verloop aan dat van punt 56, zij het dat het water hier kwalitatief minder goed is.

## 5.2 Het chloridegehalte van het oppervlaktewater.

In 1981 zijn de geïnstalleerde watermonsterpunten rondom het hele Zoommeergebied voor het eerst bemonsterd op 29 september en vervolgens eind oktober en eind november. In december werd het opnemen door sneeuw en ijs verhinderd. Uit de weinige cijfers in de tabel op bijlage 31 is na deze 3 bemonsteringen een eerste globaal inzicht van het chloridegehalte van het oppervlaktewater verkregen. In de Augustapolder blijkt het polderwater in deze maanden minder dan 300 mg Cl<sup>-</sup>/l te bevatten. Dit wordt door een groot deel veroorzaakt door de hoge zoetwateraanvoer via de Molenbeek. In de kwelsloot achter de nieuwe zeedijk bij meetpunt 57 is het chloridegehalte aanmerkelijk hoger door de kweldruk uit het Markiezaatsmeer. Hier zijn concentraties gemeten van > 2000 mg Cl<sup>-</sup>/l. Zie voor de nummering van de meetpunten de overzichtskaart op bijlage 30. In de poldersloten van het Zuid-Bevelandse gebied blijken plaatselijk in het Cl<sup>-</sup>-gehalte sterke schommelingen voor te komen. In de Hogerwaardpolder (meetpunten 60 en 70) waar de zoute kwel een grote rol speelt zijn maximale en minimale gehalten van 14000 tot 800 mg Cl<sup>-</sup>/l gemeten. In de Damespolder (meetpunten 61 en 62) blijkt in het algemeen zoet water voor te komen, voornamelijk als gevolg van ondergrondse of oppervlaktewater aanvoer vanuit de Brabantse Wal.



6. De geologische gesteldheid in en om het toekomstige Markiezaatsmeer.

Op grond van gegevens uit eerder verrichte onderzoeken door de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders (R.I.J.P.) en Rijks Geologische Dienst (R.G.D.) en eigen boorgegevens is een globale beschrijving van de geologische opbouw van het gebied geschetst.

Langs de oostgrens van het toekomstige meer treedt het pleistocene zand aan de oppervlakte. Het maaiveld loopt er hoog op tot maximaal N.A.P. + 15 m. Het pleistocene zand bestaat uit enkele meters dekzand met soms fluvioperiglaciaal zand, beiden behorend tot de formatie van Twente op fluviatiele zandafzettingen (formatie van Tegelen).

In deze beide formaties kunnen plaatselijk leemlagen voorkomen, welke ondermeer in boringen in raai M zijn aangetroffen. Hierdoor kunnen op verschillende dieptes vooral in natte perioden lokale schijnwater-spiegels optreden. Onder de pleistocene afzettingen komen opeenvolgende zandlagen uit het plioceen en vervolgens mioceen voor.

De hydrologische basis van dit complete watervoerende zandpakket is de Boomse klei. Deze komt in de Prins Karelpolder op een diepte van N.A.P. - 120 m voor en daalt in noordelijke richting tot N.A.P. - 160 m in de Augustapolder.

In de Augustapolder is het pleistoceen overdekt met een veenpakket waarvan de dikte van plaats tot plaats kan variëren van 20 cm tot 2 m. Daarboven ligt een pakket Duinkerke-afzettingen welke hier voornamelijk uit lichte en zware klei bestaat. De dikte van dit totale holocene pakket varieert sterk, maar is gemiddeld ca 4 m.

Het pleistocene zand komt in het noordoosten van de polder namelijk voor op meer dan 8 m beneden maaiveld en even ten zuiden hiervan ter hoogte van de Langeweg treedt het aan de oppervlakte. In westelijke richting duikt het pleistocene zand onder het Markiezaatsmeer meestal vrij steil naar beneden tot 10 à 15 m beneden N.A.P. in het noordelijke deel en tot 5 à 10 m beneden N.A.P. in het zuidelijke deel. Het holocene pakket is zeer complex van samenstelling door verschillende transgressie- en regressiefasen waarbij afwisselend sedimentatie en erosie hebben plaatsgevonden. Verschillende in noord-zuidrichting gelegen jonge en oude Scheldelopen welke met zand zijn opgevuld doorsnijden en holocene veen- en kleilagen en dikwijls ook het pleistocene zand.

Een dergelijke situatie doet zich ook voor in de ondergrond van de Oost-Zuidbevelandse polders. Zo wordt het holocene veen- en kleipakket in de Hogerwaardpolder door een zuidoost-noordwest lopende jonge Scheldegeul ter hoogte van de provinciegrens doorsneden. Zie de overzichtskaart op bijlage 1. Deze met jong Duinkerkezand opgevulde geul reikt tot in het pleistoceen. Gedeeltelijk onder deze jonge Scheldeloop en iets westelijk ervan is een andere geul opgevuld met zand en klei van de afzettingen van Calais. In het westelijk deel van de Hogerwaardpolder komt het pleistoceen op ca 12 m beneden maaiveld voor. Daarboven bevindt zich ongeveer 0,5 m basisveen, 4 tot 6 m klei-afzettingen van Calais. Het Hollandveen is er 1 tot 3 meter dik. De Duinkerke-afzettingen welke in de Hogerwaardpolder voornamelijk uit fijn zand bestaan zijn meestal 2 à 3 m dik.

Oostelijk van de erosiegeul ontbreken de afzettingen van Calais. Het pleistocene zand stijgt hier tot 5 m beneden maaiveld. Het Hollandveen is er 2 tot 4 m dik en de Duinkerke-afzettingen bestaan uit een kleilaag (2,5 m) met daarboven een in oostelijke richting dunner wordend zanddek. In de Caterspolder en Prins Karel-polder wordt het veenpakket steeds dunner en de Duinkerke-afzettingen bestaan er voornamelijk uit kleilagen van in totaal ca 2,5 m dikte. De basis van het watervoerende pakket werd nabij de verkeersbruggen over het Schelde-Rijnkanaal op N.A.P. - 93 m aangetroffen, naar het oosten is dit lager (N.A.P. - 120 m). Gemiddeld moet de dikte van de watervoerende zandlagen in de omgeving van raai N geschat worden op ca 90 m.

## 7. Berekeningen hydrologische bodemkonstanten.

Naar de plaatselijk voorkomende weerstanden in het holocene pakket zijn enkele berekeningen uitgevoerd. De zeer heterogene bodemopbouw in en rond het Markiezaatsmeer zoals die in het voorgaande is geschetst, maakte het noodzakelijk de situatie sterk te schematiseren. Er is uitgegaan van een homogene weerstandslaag en watervoerend pakket over een bekend traject. Verder is in raai N de grondwaterstroming door het watervoerende pakket vanuit oostelijke richting buiten beschouwing gelaten. Uit gegevens van de stijghoogten in diverse diepe filters in de omgeving is gebleken dat deze stroming in belangrijke mate de potentiaal in het spanningswater bepaalt.

De gegevens verkregen uit de metingen in november 1981 naar de getijfluctuaties in het grondwater rondom het Markiezaat zijn gebruikt voor de volgende berekeningen. Uit de automatische registraties van het grondwater in enkele diepe peilbuizen in raai N is de demping ( $\alpha$ ) en de fasevertraging ( $\beta$ ) van de getijbeweging op het Markiezaat vastgesteld. Uit deze factoren kan met behulp van de formule van Steggenwentz een inzicht worden verkregen in de hydrologische bodemkonstanten als de getijbeweging sinusvormig wordt verondersteld.

In dat geval is:

$$\frac{1}{kDc} = \alpha^2 - \beta^2$$

waarin  $\alpha = \frac{\ln S_x/S_0}{x} \quad (m^{-1})$

en  $\beta = \frac{\text{fasevertraging in radialen}}{x} \quad (m^{-1})$

hierin is:  $S_0$  = amplitude van de sinusvormige getijfluctuatie (m)

$S_x$  = amplitude van de sinusvormige getijfluctuatie in het grondwater op afstand  $x$  (m)

$x$  = afstand in m.

In de betreffende diepe filters op gemiddeld 23 m beneden N.A.P. van de peilputten 53, GD-5 en 55 werden geen volledige sinusvormige fluctuaties waargenomen, maar slechts kortstondige verhogingen met langzamere dalingen nadat Hw in het Markiezaatsmeer was opgetreden.

In verband hiermede is berekening alleen toegepast op de hoogwaterstanden. Deze aangepaste benadering moet ten aanzien van de nauwkeurigheid van de berekende resultaten in aanmerking worden genomen. De hoogste HW-stand in deze 3 dagen deed zich voor op 12 november: N.A.P. + 2.91 m. De overeenkomende stijghoogtes in de diepe peilbuizen zijn hiermee vergeleken. De stijghoogten zijn uitgedrukt ten opzichte van de gemiddelde polderstand: N.A.P. 0.00 m. Zie tabel.

Peilput en filter	Afstand x (m)	Stijghoogte (m)	$S_x$ gecorrigeerde stijghoogte *) op afstand x	$\ln (S_x/S_0)$	Fasevertraging in rad.
53 II en III	0	+ 0.75	+ 0.795	0.00	0.00
GD-5 I	500	+ 0.32	+ 0.334	- 0.867	0.21
55 III	1380	- 0.01	+ 0.013	- 4.113	?

Dit referentieniveau is een gewogen gemiddelde van de voorkomende grondwaterstanden in de Hogerwaard- en Damespolder (ca 0.7 x 0.40 m) en het laagste ontwateringspeil bij NW 2 (ca 0.3 x - 0.66 m).

Tussen de peilputten 53 en GD-5 is uit bovenvermelde gegevens berekend dat in dit traject geldt:  $kDc = 353.312 \text{ m}^2$ .

In de omgeving van de Kreekraksluizen is door middel van een pompproef een KD-waarde bepaald op  $1550 \text{ m}^2/\text{etm}$ . (Drost 1977). Indien van deze waarde wordt verondersteld ook representatief te zijn voor de ondergrond bij deze filters dan volgt hieruit een globale waarde voor de verticale weerstand (c) van het holocene pakket ter plaatse van ongeveer 230 dagen.

Uit de automatische registraties in peilbuis 55 filter III blijkt dat hier de HW-stand weliswaar meer gedempt maar ongeveer gelijktijdig en soms zelfs eerder voorkomt dan in filter 53 II. Mogelijk heeft dit te maken met de heterogene ondergrond en met name kunnen de genoemde geulinsnijdingen in de buurt een belangrijke rol gaan spelen. In dit geval is eenzelfde waarde voor  $\beta$  gekozen als tussen put 53 en GD-5. Op deze wijze is voor  $kDc$  een waarde berekend van  $114.855 \text{ m}^2$  en is c ongeveer 75 dagen. Hieruit blijkt andermaal de heterogeniteit van de ondergrond.

In de Hogerwaardpolder is ter plaatse van raai N het holocene veen- en kleipakket ongeveer 14 m dik. Hieruit volgt een gemiddelde doorlatendheid van  $k \approx 7 \times 10^{-2} \text{ m/etm}$ . In het tweede geval waarbij een gemiddelde dikte van het holocene pakket in Hogerwaard- en Damespolder van ca 11 m voorkomt, is  $k \approx 1 \times 10^{-1} \text{ m/etm}$ .

\* gecorrigeerde stijghoogte t.o.v. N.A.P. voor zoetwater voor een referentieniveau op N.A.P. - 23 m.

Ook volgens de formule van Mazure kan uit het verloop van de diepe stijghoogtes de waarde voor  $kDc$  benaderd worden.

$$h_{x_2} = h_{x_1} \times e^{\exp. (-(x_2 - x_1) / \lambda)}$$

hierin is:  $h_x$  = de stijghoogte op afstand  $x$  van het open water  
en  $\lambda = \sqrt{(kDc)}$

Voor het berekenen van de waarde van  $h_x$  is eveneens gebruik gemaakt van de HW-standen in de peilbuizen op 12 november ten opzichte van hetzelfde referentieniveau (N.A.P. 0.00 m). Aldus is  $kDc$  tussen put 53 en GD-5 bepaald op  $332.430 \text{ m}^2$  en volgt voor  $c \approx 210$  dagen.

Tussen put 53 en 55 is dan  $kDc = 112.553 \text{ m}^2$  en  $c \approx 70$  dagen.

In raai M konden deze berekeningen niet uitgevoerd worden doordat de ondergrondse afstroming vanuit het hoge achterland een te overheersende invloed heeft op de stijghoogtes in de peilbuizen. Bovendien bevindt zich in het watervoerende pakket een nagenoeg vrije grondwaterspiegel. Plaatselijk komen schijnwaterspiegels voor als gevolg van slecht doorlatende leemlagen. De dikte van het watervoerende pakket kan ter plaatse van deze raai op 130 m geschat worden. Met de aangeboorde zandmonsters bij peilbuis MD 1 zijn door de Rijkswaterstaat, directie Waterhuishouding en Waterbeweging, district Zuid-West granulaire analyses en doorlaatproeven verricht. Uit deze laatste metingen werd van de onverdichte grondmonsters tussen 1.50 m onder maaiveld en 11.50 m onder maaiveld een gemiddelde doorlaatfactor van 12,8 m/dag gemeten. Daarnaast is uit de granulaire samenstelling van de zandmonsters een  $k$ -waarde afgeleid via het  $U_{16}$ -cijfer van het zandmonster volgens een formule van Ernst:

$$k = \frac{54000}{U_{16}^2} \times A \times B \times C \quad (\text{m/etm.})$$

waarin  $A$ ,  $B$ ,  $C$  correctiefactoren zijn voor sortering, % afslibbare delen ( $< 16 \mu\text{m.}$ ) en % grind ( $> 2000 \mu\text{m.}$ ).

De resultaten staan vermeld in de tabel op bijlage 34. Hieruit blijkt de gemiddelde  $k$ -waarde iets hoger te zijn: 17,1 m/etm. Volgens Drost (1977) is  $kD$  hier ca  $2500 \text{ m}^2/\text{etm.}$

In de Augustapolder komt ter plaatse van raai L een holoceen klei- en veenpakket voor van ca 4 m dik, bestaande uit Hollandveen en Duinkerkeklei. Uit de resultaten van de granulaire analyses van de zandmonsters tussen 3 en 20 m beneden maaiveld uit boorgat LD 1 is een gemiddelde doorlatendheid afgeleid van 33 m/etm. Zie bijlage 33.

De doorlaatproeven op dezelfde onverdichte grondmonsters resulteerden

in een gemiddelde van 20 m/etm. Volgens Drost (1977) geldt voor het watervoerend pakket in deze omgeving  $kD \approx 2500 \text{ m}^2/\text{etm}$ . Uit een boorbeschrijving van peilput 49 D-48 volgt voor de dikte van het watervoerende pakket:  $D = 155 \text{ m}$ .

## 8. De gewasopbrengst in relatie tot enkele grondwaterstanden

Voor het beoordelen van de in 1981 gemeten grondwaterstanden is in combinatie met de aangetroffen bodemprofielen en een aantal klimatologische gegevens gebruik gemaakt van het computerprogramma SWACRO van Feddes en Wesseling (1983). Met dit model is nagegaan in hoeverre onder de gegeven omstandigheden opbrengstdepressies als gevolg van vochttekorten of te natte omstandigheden zijn opgetreden. Na de afdamming kunnen hiermee tevens vastgestelde veranderingen in het grondwaterstandsverloop als gevolg van de afdammingen omgerekend worden naar een procentuele verandering van een theoretische gewasopbrengst. Dit ter ondersteuning bij het beoordelen van eventuele landbouwschadeclaims. In het onderhavige geval is het model toegepast op een perceel aardappelen, een veel voorkomend akkerbouwgewas in de betreffende gebieden dat meer droogtegevoelig is dan gewassen als granen en bieten.

Voor de uitvoering van dit programma zijn de dagelijkse grondwaterstanden over het groeiseizoen van 1981 gebruikt, alsmede de bodemfysische gegevens betreffende de voorkomende bodemlagen tot 250 cm beneden maaiveld zoals de relaties van zuigspanning met vochtgehalte en die van zuigspanning met capillaire opstijging. Daarnaast zijn de klimatologische gegevens waaronder de neerslag van Rilland en Bergen op Zoom per dag ingevoerd.

Uit de luchttemperatuur, de straling en relatieve luchtvochtigheid is de verdamping van grond en gewas afgeleid volgens de formule van Priestley en Taylor. Er is verder uitgegaan van een bezetting van 300 kg pootgoed per ha. De opkomstdatum van de kiemplantjes waarmee de transpiratie van het gewas een aanvang neemt is op 10 mei 1981 vastgesteld.

Met dit model wordt de ontwikkeling van knollen, wortels en loof gesimuleerd. Tevens wordt de potentiële produktie van het gewas berekend. In de Hogerwaardpolder komt een zeer lichte plaatgrond met een zaveldek van minder dan 40 cm voor over een tamelijk grote oppervlakte. Op de voor dit gebied nog niet officieel gepubliceerde bodemkaart van Stiboka (schaal 1:50.000) komt dit profiel voor als een kaarteenhed kZn40A \*). Zie bijlage 44.

Dit profiel is in het programma gekombineerd met het gemiddelde van de grondwaterstanden van de peilbuizen NF 4 en NF 6, welke redelijk

representatief voor dit gebied kunnen worden geacht. Daarnaast is voor dit profiel een berekening uitgevoerd met de grondwaterstanden van peilbuis NF 5 welke gemiddeld 25 cm hoger in het profiel voorkomen. Gelet op de aard van het profiel is hier een maximale bewortelingsdiepte van 30 cm ingevoerd.

In de Damespolder komt doorgaans een iets dikker en zwaarder zaveldek voor (kaarteenheid Mn22A), waarbij een maximale bewortelingsdiepte van 50 cm is ingevoerd. De bodemgegevens van dit profiel zijn gekombineerd met de grondwaterstanden van peilbuis NF 8.

Zo ook zijn de bodemprofielen van de Augustapolder, t.w. de kaarteenheid Mn25A met de gemiddelde grondwaterstand van de peilbuizen LF 2, LF 3 en LF 4 en kaarteenheid Mo80A met het gemiddelde van LF 5 en LF 7 doorgerekend. In deze beide profielen met een voldoende dikke zavel- of kleibovengrond is de maximale bewortelingsdiepte op 60 cm gesteld.

In de output van het programma werd o.a. de zuigspanning in het profiel om de 10 cm na elke week vermeld. Indien deze zuigspanning in de wortelzone de grens van 320 cm bij een hoge verdampingsvraag van

5 mm/dag overschrijdt, is de vochtleverantie aan de wortels volgens het model niet meer optimaal en treedt een opbrengstdepressie op.

Zowel voor de plaatgronden van de Hogerwaard- als voor de Damespolder vond in 1981 volgens de berekeningen voor het eerst omstreeks half juli een groeivermindering als gevolg van vochttekort plaats.

Op de bijlage 38 is het verloop van de zuigspanning onder aan de wortelzone van mei tot en met september weergegeven. Op de bijlagen 39, 40 en 41 wordt dit vochttekort vervolgens geïllustreerd door het verschil van de potentiële en de actuele transpiratie van het gewas. Uit deze geïndexeerde gesommeerde verdampingscijfers op 30 september is de opbrengstvermindering tot en met die dag af te lezen.

De werkelijke opbrengst is in tonnen per ha tot en met 30 september gesommeerd weergegeven.

In de Augustapolder blijkt het profiel Mo80A in het voorjaar te nat te zijn geweest als gevolg van de hoge grondwaterstanden.

\*) Voor betekenis van de kaarteenheden zie de legenda en toelichting van de Stiboka Bodemkaart van Nederland 1:50.000.



Volgens het model treedt een geremde ontwikkeling op wanneer de zuigspanning in de wortelzone minder dan 25 cm bedraagt (zie bijlage 38). Dit resulteerde in een opbrengstvermindering van slechts 2 % (zie bijlage 43). In de combinatie van bodemprofieltype Mn25A met de bijbehorende grondwaterstanden treedt volgens het model geen opbrengstdepressie op. Indien op 30 september geoogst zou worden zou de opbrengst ruim 48 ton aardappelen per ha bedragen (zie bijlage 42).

Uit bovenstaande mag blijken dat met name op plaatgronden zoals in de Hogerwaard- en Damespolder voorkomen, aanmerkelijke opbrengstdepressies kunnen optreden bij te lage grondwaterstanden.

Met het oog op de mogelijke grondwaterstandsverlagingen in deze polders na de afdammingen zal hiermee ernstig rekening moeten worden gehouden. Voor 1981 dat een erg nat voor- en najaar heeft gehad werden opbrengstdepressies als gevolg van het opgetreden vochttekort in de maanden juli en augustus tot bijna 30 % berekend.

In de Augustapolder daarentegen zal op de veel zwaardere profielen niet snel verdrogings schade optreden. Op dergelijke gronden is de kans op wateroverlast weer groter.

Gebruikte literatuur.

- Drost, H.J. De geohydrologie van de streek rond Bergen op Zoom, 1977, doctoraalscriptie L.H. Wageningen.
- Feddes, R.A. en J.G. Wesseling.  
Integrated model to simulate soil water balance and dry matter production of potatoes and summer wheat (SWACRO) 1983 I.C.W.-nota (in press).
- Kramer, A.H.F. Onderzoek veranderingen in het grondwaterregiem rondom het toekomstige Zoommeer c.a. De inrichting van het meetnet 1981, I.C.W.-nota 1305.
- R.G.D. Geologisch Onderzoek t.b.v. spaarbekken Markiezaat van Bergen op Zoom 1977, rapport no. 10263.
- R.IJ.P. Markiezaatsmeer Atlas, Bodemgesteldheid en geohydrologie, werkdocument 1978 - 352 Abw.
- Santing, G. Een probleem bij de stroming van zoet en zout grondwater: de correcties op de stijghoogten, publikatie in tijdschrift H<sub>2</sub>O. Tijdschrift voor watervoorziening- en afvalwaterbehandeling, 13e jaargang nr 22, 1980.
- Stiboka Bodemkaart van Nederland 1:50.000, kaartblad 49 West (in voorbereiding).