Bijlagen incompleet.
vraag K. Wit.

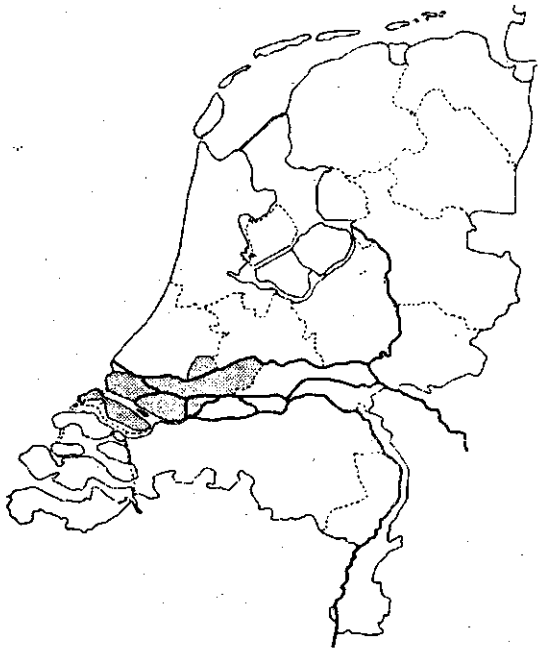
NN31545.1801

nota

instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, wageningen

Wateraanvoerbehoefte Zuidhollandse Eilanden en Waarden

(peilbeheersing en bestrijding van de verzilting)



BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

Wateraanvoerbehoefte Zuidhollandse Eilanden en Waarden

(peilbeheersing en bestrijding van de verzilting)

3 1 AUG. 1989

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0347 1576

[1989 - juli]

2 9 AUG. 1989

YSN 176665 *

De Werkgroep Zuid-Holland van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, die het onderzoek uitvoerde, bestond d.d. 30 oktober 1987 uit de volgende medewerkers:

Ing. K.E. Wit	-	Projektleider
Dr. P.J.T. van Bakel	-	Hoofdafdeling Waterhuishouding
J.G. te Beest		
Dr. R.A. Feddes		
Ing. H.Th.L. Massop		
Ing. P.E. Querner		
Dr. Ph. Hamaker	-	Hoofdafdeling Waterkwaliteit
K. Oostindie	-	Hoofdafdeling Bodemtechniek
Dr. Ph.Th. Stol	-	Stafafdeling Wiskunde en Informatieverwerking
D. Slothouwer	-	Stafafdeling Economie

I N H O U D

blz.

IN KORT BESTEK

CONCLUSIES

1. INLEIDING 1

2. LIGGING VAN HET STUDIEGEBIED 4

3. INDELING VAN HET STUDIEGEBIED IN DEELGEBIEDEN 5
   3.1. Algemeen 5
   3.2. De indeling per waterschap in deelgebieden 5

4. VERZAMELING VAN DE GEBIEDSGEGEVENS 7
   4.1. Algemeen 7
   4.2. Bodemgebruikssituatie 7
      4.2.1. Herkomst van de gegevens 7
      4.2.2. Bodemgebruik in 1983 8
      4.2.3. Ontwikkelingen in het bodemgebruik in de periode 1983-2000 11
   4.3. Hydrologische situatie 12
      4.3.1. Kwel en wegzijging 12
         4.3.1.1. Algemeen 12
         4.3.1.2. Geohydrologische schematisering 12
         4.3.1.3. Stijghoogten van het grondwater 13
         4.3.1.4. Berekeningsmethode 14
         4.3.1.5. Berekeningen van de kwel 16
         4.3.1.6. Toetsing van de berekende kwel 18
      4.3.2. Slootafstand 18
      4.3.3. Polderpeil 19
      4.3.4. Infiltratieweerstand 21
      4.3.5. Afvoerweerstand 24
      4.3.6. Het chloridegehalte van het kwelwater 25
      4.3.7. Waterlopenstelsel 29

blz.

4.4. Bodemkundige situatie 30
4.4.1. Algemeen 30
4.4.2. Herkomst van de gegevens 30
4.4.3. Indeling in bodemfysische eenheden 31
4.4.4. Dikte van de wortelzone 38
4.4.5. Scheurvorming in kleigronden 38
4.5. Meteorologische situatie 39
4.5.1. Neerslag 39
4.5.2. Verdamping 41
4.5.3. Globale straling 41
4.6. Doorspoeling van de polderwateren 44
4.6.1. Toelaatbare chloridegehalte van het polderwater 44
4.6.2. Gebieden met permanente doorspoeling 46
4.7. Lozingen en onttrekkingen 47
4.7.1. Algemeen 47
4.7.2. Lozingen van huishoudelijk en industrieel afvalwater en onttrekkingen voor agrarische doeleinden 48
4.7.3. Lozingen van hemelwater door (gedeeltelijk) verharde oppervlakken 49
4.8. Beregening en bevloeiïng 51
4.8.1. Huidige omvang 51
4.8.2. Toekomstige omvang 52
4.8.3. Herkomst van het water 54

5. VERWERKING VAN DE GEBIEDSGEGEVENS 55
5.1. Algemeen 55
5.2. Niet-gekarteerde gebiedskenmerken 55
5.3. Gekarteerde gebiedskenmerken 56
5.3.1. Overbrenging van de kaartgegevens naar datafiles 56
5.3.2. Plotten van gegevens vanaf datafiles 58

6. BESCHOUWING OVER DE WATERAANVOERBEHOEFTE VOOR PEILBEHEERSING EN BESTRIJDING VAN DE VERZILTING 60
6.1. Algemeen 60
6.2. Rekenmodel voor peilbeheersing 60
6.3. Rekenmodel voor de verzilting 62
6.4. Rekenmodel voor de waterbeweging en het chloridegehalte van het oppervlaktewater 63

blz.

7. BESCHRIJVING VAN HET HYDROLOGISCHE MODEL (peilbeheersing) 65
7.1. Algemeen 65
7.2. Vaststelling van de aanvoerbehoefte op blokniveau 65
7.2.1. Blokken met bodemgebruikscode 1 (stedelijk gebied) 66
7.2.2. Blokken met bodemgebruikscode 2 (duinen) 66
7.2.3. Blokken met bodemgebruikscode 4 (open water) 67
7.2.4. Blokken met bodemgebruikscode 8 (glastuinbouw) 67
7.2.5. Blokken met bodemgebruikscode 3, 5, 6, 7 of 9 (recreatief terrein, grasland, bouwland en vollegrondstuinbouw) 68
7.2.5.1. Algemeen 68
7.2.5.2. Systeem voor de onverzadigde stroming 70
7.2.5.3. Variabel bovenste watervoerend pakket 74
7.2.5.4. Berekening van de infiltratie 76
7.3. Vaststelling van de aanvoerbehoefte op gebiedsniveau 78

8. BEREKENING VAN DE AANVOERBEHOEFTE VOOR PEILBEHEERSING 83
8.1. Algemeen 83
8.2. Aanvoerbehoefte op gebiedsniveau 85
8.3. Aanvoerbehoefte per bodemgebruiksvorm 96
8.4. Gevoeligheidsanalyse 98
8.4.1. Gevoeligheid voor wijzigingen in de gekarteerde gebiedskenmerken 100
8.4.2. Gevoeligheid voor wijzigingen in de toepassing van beregening met oppervlaktewater 103
8.5. Conclusies 104

9. TOETSING VAN BEREKENDE AANVOERBEHOEFTE VOOR PEILBEHEERSING 106
9.1. Algemeen 106
9.2. Toetsingsmethode 106

10. FREQUENTIE-ANALYSE VAN DE AANVOERBEHOEFTE VOOR PEILBEHEERSING 109
10.1. Algemeen 109
10.2. Frequentieverdeling van de aanvoermaxima 109
10.2.1. Algemeen 109
10.2.2. De kritieke waarde voor de wateraanvoerbehoefte 110
10.2.3. Het interval van de kritieke waarde 111

blz.

10.3. Gebruikte kansverdelingen 111
10.4. Vastgestelde kansverdelingen 115
10.4.1. Algemeen 115
10.4.2. Tabellarische presentatie van de aanvoerbehoefte 117
10.4.3. Decade met maximumwaarde van de aanvoerbehoefte 120
10.5. Conclusies 122

11. BESCHRIJVING VAN HET MODEL Z O U T (verzilting) 124
11.1. Algemeen 124
11.2. Invoergegevens van het zoutmodel 125
11.3. Vakken met bodemgebruikscode 4 (open water) 125
11.4. Vakken met bodemgebruikscode 8 (glastuinbouw) 126
11.5. Vakken met bodemgebruikscode 1, 3, 5, 6, 7 of 9 (stedelijk gebied, recreatief terrein, grasland, bouwland en vollegrondstuinbouw) 127
11.5.1. Vakken met kwel 127
11.5.1.1. De chloridebelasting per jaar 128
11.5.1.2. De chloridebelasting per decade 130
11.5.2. Vakken met wegzijging 132
11.6. Berekening van de chloridebelasting op deelgebiedsniveau 132
11.7. Conclusies 135

12. DE WATERAANVOERBEHOEFTE VOOR BESTRIJDING VAN DE VERZILTING (doorspoeling) 136
12.1. Algemeen 136
12.2. Beschrijving van het oppervlaktewatermodel 136
12.2.1. Algemeen 136
12.2.2. De waterbeweging 137
12.2.3. De zoutbeweging 140
12.2.4. Invoergegevens van hydrologisch- en zoutmodel 142
12.3. Schematisatie oppervlaktewater 143
12.3.1. Algemeen 143
12.3.2. Netwerken voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten 143
12.3.3. De stromingsweerstand 144
12.3.4. Watervolume poldersloten 146

blz.

12.4. Opzet van berekeningen met doorspoeling 147
12.4.1. Algemeen 147
12.4.2. Berekeningsscenario's 147
12.4.3. Keuze weerjaren 148
12.4.4. Chloridegehalte ingelaten water voor peilbeheersing en doorspoeling 149
12.4.5. Normstelling chloridegehalte en periode 149
12.4.6. Oppervlakte voor peilbeheersing en doorspoeling 150
12.5. Resultaten van berekeningen met doorspoeling 152
12.5.1. Invloed toegevoegde berging 152
12.5.2. Verloop chloridegehalte na stoppen doorspoeling 152
12.5.3. Resultaten doorspoeling 154
12.5.4. Scenario's voor doorspoeling 154
12.5.5. Totale wateraanvoer voor bestrijding verzilting 156
12.6. Richtlijnen voor bepalen doorspoelbehoefte 160
12.7. Resultaten 161
12.8. De maatgevende aanvoerbehoefte voor peilbeheersing en bestrijding van de verzilting 163
12.9. Conclusies 165

LIJST VAN NOTA'S VAN HET ICW 167
(betrekking hebbende op het onderzoek in de Zuidhollandse Eilanden en Waarden)

LITERATUUR 168

LIJST VAN BIJLAGEN 171

IN KORT BESTEK

In het kader van de Wet op de Waterhuishouding dienen Provinciale Staten een waterhuishoudingsplan vast te stellen, waarin in hoofdlijnen het te voeren beleid ten aanzien van de waterhuishouding in de provincie is aangegeven. Bij de planvorming op de diverse niveau's vormt kennis van de waterbehoefte een belangrijk aspect. Voor het noordelijk deel van de provincie Zuid-Holland waren uit eerder verricht onderzoek reeds gegevens over de optredende wateraanvoerbehoefte beschikbaar. Voor het verkrijgen van overeenkomstige gegevens voor het zuidelijk deel van de provincie, dat ook wel wordt aangeduid als de "Hollandse Eilanden en Waarden", is hiervoor door de toenmalige Provinciale Waterstaat van Zuid-Holland een opdracht verstrekt aan het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding.

In hoofdstuk 1 van de voorliggende nota zijn de aanleiding tot het onderzoek en de omschrijving van de opdracht nader uitgewerkt.

In hoofdstuk 2 is de begrenzing van het studiegebied aangegeven. In het gebied zijn zes waterschappen gelegen, te weten:
- Waterschap Goeree-Overflakkee
- Waterschap De Brielse Dijkring
- Waterschap De Groote Waard
- Waterschap IJsselmonde
- Hoogheemraadschap van de Krimpenerwaard
- Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden.

Daarnaast vormen het eiland Tiengemeten, de Merwelanden en gedeelten van het Waterschap Polderdistrict Tieler- en Culemborgerwaarden en het Waterschap Lopikerwaard, voor zover liggend in de provincie Zuid-Holland, een onderdeel van het studiegebied.

In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de ontwikkelingen die in het deltagebied, waarin het studiegebied ligt, hebben plaatsgevonden.
De uitvoering van de Deltawerken heeft er toe geleid dat de invloed

van de Noordzee in de rivierlopen en voormalige zeeinhammen grotendeels is verdwenen. In met name het westelijk deel van het studiegebied is hierdoor het van oorsprong zoute buitenwater vervangen door zoet rivierwater. Een uitzondering moet hierbij worden gemaakt voor de Grevelingen, waarin een zout milieu in stand wordt gehouden. Het zoet geworden water in het Haringvliet en het in toekomstige Zoommeer biedt de mogelijkheid voor het inlaten van water voor landbouwkundige doeleinden en het beperken van de verzilting in de oppervlakte wateren op Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en in de Hoeksche Waard. Het op zichzelf staande karakter van de waterschappen op waterhuishoudkundig gebied heeft geleid tot een hoofdindeling van het studiegebied in waterschappen. Per waterschap heeft vervolgens een indeling in deelgebieden plaatsgevonden op grond van de invloedssfeer van het door inlaten aangevoerde buitenwater en de bestaande bemalingsgebieden. Voor zover binnen afzienbare tijd wijzigingen zijn te verwachten in de huidige waterhuishoudkundige situatie is hiermee rekening gehouden.
Het totale studiegebied is opgedeeld in 10 waterschappen/gebieden, die weer zijn onderverdeeld in 148 deelgebieden.
Om rekentechnische redenen is het studiegebied opgesplitst in vakken van 500 x 500 m² (= 25 ha). In totaal omvat het studiegebied 5651 vakken, hetgeen neerkomt op 141275 ha (Tabel A).

Tabel A. Deelgebieden per waterschap/gebied

Waterschap/gebied	(nummer)	Opp. (ha)	Deelgebieden aantal	Aantal vakken
Goeree-Overflakkee	(100)	22475	20	899
De Brielse Dijkring	(200)	19025	20	761
De Groote Waard	(300)	30525	39	1221
IJsselmonde	(400)	12575	18	503
Krimpenerwaard	(500)	13775	13	551
Lopikerwaard (gedeeltelijk)	(600)	1800	2	72
Tiengemeten	(700)	700	1	28
Merwelanden	(800)	775	1	31
Alblasserwaard en de Vijfh.lndn	(900)	39025	33	1561
Tieler- en Culemborgerw. (ged.)	(1000)	600	1	24
Totaal studiegebied		141275	148	5651

In hoofdstuk 4 wordt een overzicht gegeven van de gebiedsgegevens die bij de berekeningen zijn gebruikt. Die berekeningen hadden niet alleen betrekking op de huidige toestand in het studiegebied, maar ook op een situatie met het bodemgebruikspatroon en het beregeningsniveau die naar verwachting in het jaar 2000 zullen optreden. De gebiedsgegevens kunnen in twee groepen worden ingedeeld:

1. gekarteerde gebiedskenmerken;
2. niet-gekarteerde gebiedskenmerken.

De gekarteerde gebiedskenmerken betreffen gegevens die voor de 5651 vakken zijn verzameld over:

- bodemgebruik
- kwel en wegzijging
- polderpeilen
- infiltratieweerstanden
- chloridegehalte van de kwel
- bodemprofielen.

Zowel het bodemgebruik als de overige gebiedskenmerken zijn gedefinieerd in een aantal klassen die door codes zijn weergegeven. Voor de huidige bodemgebruikstoestand is uitgegaan van de landbouwtelling (1983) en de bodemstatistiek (1983). Bij het vastleggen van de toekomstige bodemgebruikstoestand is gebruik gemaakt van vigerende streekplannen en verder zijn de laatste ontwikkelingen in het bodemgebruik doorgesproken met de deskundigen van de afdeling regionale plannen van de dienst Ruimte en Groen van de provincie. De wijzigingen in het bodemgebruik naar het jaar 2000 zijn van weinig betekenis (Tabel B).

Voor het vaststellen van kwel en wegzijging is de geohydrologische opbouw van de ondergrond geschematiseerd in watervoerende pakketten en scheidende lagen. Het doorlaatvermogen of de kD-waarde van de onderscheiden watervoerende pakketten is bepaald. Daarnaast zijn gegevens over de stijghoogte van het grondwater in deze pakketten verzameld en verwerkt in isohypsenkaarten.
Met het programma FLOWCAL is de kwel en wegzijging berekend op basis van gegeven kD-waarden en stijghoogten.

Tabel B. De bodemgebruikssituatie in 1983 en 2000

Code bodemgebruik	Omschrijving bodemgebruiksgroep	Oppervlakte (ha) 1983	2000
1	Verharde, onverharde en halfverharde wegen, spoor- en tramwegen, woongebied, sociaal-culturele en overige openbare voorzieningen, industrie- en haventerreinen, handel, overige bedrijfsterreinen, voorradig bouwterrein voor industrie, havens en overige bestemmingen, begraafplaatsen, stortplaatsen, delfstoffenwinning, parken en plantsoenen, sportterrein, volkstuinen, wateren smaller dan 6 m (binnen de bebouwde kom)	28325	29650
2	Droog natuurlijk terrein (duinen, strand)	1875	1875
3	Vliegvelden, verblijfrecreatie, dagrecreatieve objecten en terreinen, bos, nat natuurlijk terrein, braakliggend land en overige gronden	4000	5075
4	Waterreservoirs, overige wateren, wateren binnen de bebouwde kom breder dan 6 m	6525	6550
5	Grasland, pit- en steenvruchten, boomkwekerijgewassen	52800	51750
6	Bouwland beteeld met granen, peulvruchten, landbouwzaden, handelsgewassen en groenvoeders	19625	19025
7	Bouwland beteeld met aardappelen, bieten en vollegronds tuinbouw	27400	26550
8	Glastuinbouw	325	400
9	Bloembollen en -knollen	400	400
	TOTAAL	141275	141275

In het grootste deel van het studiegebied komt kwel voor. In de Vijfheerenlanden en met name in de Krimpenerwaard zijn gebieden met wegzijging. Zowel voor de kwel als de wegzijging bedraagt de intensiteit in het algemeen enkele tienden van mm.d^{-1}.
Gegevens betreffende de polderpeilen voor de zomer- en wintersituatie zijn ontleend aan door de waterschappen verstrekte gegevens. In het westelijk deel met hoofdzakelijk akkerbouw worden relatief diepe peilen aangetroffen, in het oostelijk deel met overwegend grasland relatief ondiepe peilen.
Voor het verkrijgen van infiltratieweerstanden is de ondergrond in het studiegebied tot een diepte van 5 m ingedeeld in 5 typen.
Aan deze ondergronden zijn waarden toegekend voor de radiale slootweerstand en het doorlaatvermogen van de doorstroomde lagen.
Met behulp van de slootafstanden en een drainageformule zijn infiltratieweerstanden berekend. In het oostelijk deel is de infiltratieweerstand zeer laag; gemiddeld 100 d. In het westelijk deel zijn de waarden hiervoor relatief hoog; veelal meer dan 1000 d.
Op Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten is het chloridegehalte van de kwel bepaald door bemonstering van het grondwater onder slootbodems. Voor de Hoeksche Waard is het chloridegehalte afgeleid uit relaties gebaseerd op het COLN-onderzoek en de bemonstering op Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten. Op Goeree-Overflakkee en met name grenzend aan de Grevelingen worden gehalte aangetroffen van meer dan 10 000 mg.l^{-1}. Een indeling in bodemprofielen betreft een indeling in bodemfysische eenheden. Hierbij zijn alle voorkomende profielen op grond van vergelijkbare waarden voor de capillaire vochtstroming en de vochthoudendheid ingedeeld in groepen, ofwel bodemfysische eenheden.

De niet gekarteerde gebiedskenmerken

Aan meteorologische gegevens zijn over de jaren 1937 t/m 1986 bijeengebracht:

- decadesommen van de open waterverdamping en de globale straling op het station Naaldwijk
- decadesommem van de neerslag op de stations Dirksland en Barendrecht.

De gegevens van de open waterverdamping en de globale straling zijn gebruikt voor alle vakken van het studiegebied. De neerslaggegevens van het station Dirksland zijn gebruikt voor de gebieden:

- Goeree-Overflakkee
- Voorne-Putten
- Hoeksche Waard

en van het station Barendrecht voor:

- IJsselmonde
- Eiland van Dordrecht
- Krimpenerwaard
- Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden.

Op deelgebiedsniveau zijn tevens een aantal gegevens meegenomen. Het betreft hier ondermeer gegevens over het waterlopenstelsel (Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten), de maximaal toelaatbare chloridegehalten van het polderwater, de permanente doorspoeling en lozingen en onttrekkingen op en aan het oppervlaktewater. Verder kunnen worden genoemd een percentage beregend of bevloeid oppervlak voor het bodemgebruik in 1985, alsmede een prognose hiervoor voor de situatie in 2000.

In hoofdstuk 5 is de verwerking van de gebiedsgegevens behandeld. De gekarteerde gebiedskenmerken zijn in kaarten van het studiegebied weergegeven die op een kleurenplotter zijn verkregen. De niet-gekarteerde gebiedskenmerken zijn in tabelvorm weergegeven.

In hoofdstuk 6 is enig inzicht gegeven in de rekenmodellen die zijn gebruikt voor het vaststellen van de wateraanvoerbehoefte voor:

- peilbeheersing
- verzilting
- doorspoeling

In Fig. A is de relatie tussen de drie rekenmodellen aangegeven. Met als basisgegevens (gekarteerde en niet-gekarteerde gebiedskenmerken) is met het model aanvoerbehoefte HYMUST de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing berekend voor het gehele studiegebied over de periode 1937 t/m 1986. Het model zoutbelasting ZOUT maakt ondermeer gebruik van de met het model HYMUST berekende lozingen (drainage naar het oppervlaktewater). De zoutbelasting is berekend voor Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en de Hoeksche Waard over de periode 1937 t/m 1986. Het

model doorspoeling SIMWAT (uitgebreid met een berekening van de zoutbeweging) maakt zowel gebruik van de rekenresultaten van HYMUST als van ZOUT en berekent de aanvoerbehoefte voor doorspoeling in betrekking tot een kwalitatieve normstelling van het oppervlaktewater.

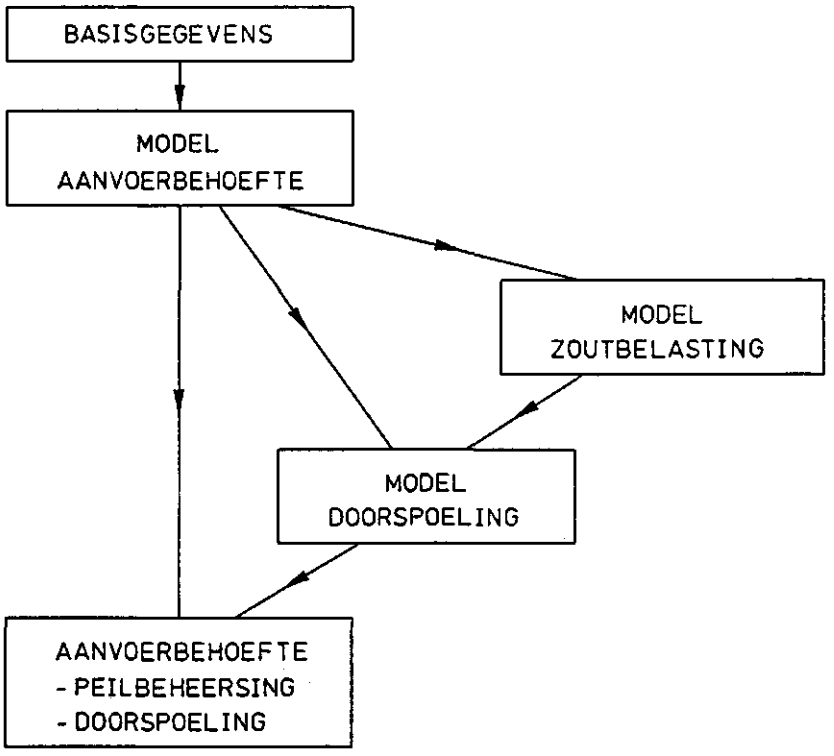


Fig. A. De relatie tussen de modellen voor de berekening van de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing, de zoutbelasting en de doorspoeling

De berekeningen zijn uitgevoerd voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten over de periode 1975 t/m 1980.

In hoofdstuk 7 is een beschrijving gegeven van het hydrologisch model voor peilbeheersing (HYMUST). In het genoemde model, dat werkt met tijdstappen van een decade, zijn verschillende berekeningsmethoden opgenomen. Afhankelijk van het bodemgebruik in het gebiedsonderdeel, waarvoor de aanvoerbehoefte moet worden berekend, wordt de relevante methode gekozen. Per deelgebied of waterschap kan de aanvoerbehoefte worden verkregen door de vakken te groeperen in blokken, waarbij een blok bestaat uit al die vakken die een gelijke codering voor alle hydrologische eigenschappen hebben, het aantal vakken per blok vast te

stellen en vervolgens de som te bepalen van de aanvoer van alle vakken. Aan de hand van een aantal tabellen is de werkwijze uiteengezet.

In hoofdstuk 8 zijn de berekende aanvoerbehoeften op gebiedsniveau behandeld. Er is gestart met het uitvoeren van berekeningen zonder beregening (en bevloeiïng) voor de jaren 1975 en 1976 voor een selectie van de meest droogtegevoelige vakken. Voor de gebruiksvormen die worden beregend is aan deze vakken de code 1 met beregening toegekend. Hierbij is het oppervlak van het aantal beregende vakken gelijk aan een hiervoor vastgesteld percentage van het oppervlak met beregening. De aanvoerbehoefte is voor de jaren 1937 t/m 1986 berekend voor drie situaties, namelijk:

- bodemgebruik 1983, geen beregening
- bodemgebruik 1983, beregening 1985
- bodemgebruik 2000, beregening 2000

Voor het bodemgebruik 1983 met beregening is in tabelvorm de berekende aanvoerbehoefte voor de waterschappen en het totale studiegebied gepresenteerd. De maximale waarde voor de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing in de 50 doorgerekende jaren is voor de drie genoemde situaties aangegeven (Tabel C).

Tabel C. Maxima van de reeksen decadewaarde van de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing

Waterschap	Bodemgebruik 1983		Bodemgebruik 2000
	zonder beregening	met beregening	met beregening
	($m^3.s^{-1}$)	($m^3.s^{-1}$)	($m^3.s^{-1}$)
Goeree-Overflakkee	1,58	2,04	2,18
De Brielse Dijkring	1,15	1,50	1,58
IJsselmonde	0,56	1,73	1,95
De Groote Waard	1,15	2,59	2,58
Krimpenerwaard	3,54	3,58	3,63
Albl.w./Vijfh.landen	7,76	8,84	9,24
Totale studiegebied	15,82	19,96	20,72

Tevens is aandacht besteed aan de aanvoerbehoefte in relatie tot het voorkomen van meer of minder droge jaren.

De maximale waarden voor de aanvoerbehoefte voor de bodemgebruikssituatie 1983 met beregening zijn opgesplitst naar de afzonderlijke gebruiksvormen, tevens is informatie verstrekt over de permanente debieten voor doorspoeling, lozingen en onttrekkingen. Een verdeling van de maximum waarden voor de aanvoerbehoefte naar bodemgebruik is vergeleken met een eerder uitgevoerde studie voor Rijnland, Woerden, Delfland en Schieland.
Een gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd betreffende de invloed van de gekarteerde gebiedskenmerken op de berekende aanvoerbehoeften. Voor de Krimpenerwaard en de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden is een tendens aanwezig van een grotere gevoeligheid van de gebiedskenmerken op de aanvoerbehoefte dan in de rest van het studiegebied.

In hoofdstuk 9 zijn voor de Krimpenerwaard en twee poldergebieden op Goeree-Overflakkee voor een tweetal jaren berekende en gemeten debieten met elkaar vergeleken. Er blijkt een zeer redelijke overeenkomst aanwezig te zijn.

In hoofdstuk 10 zijn de resultaten van een frequentie-analyse besproken. De intentie hierbij is om de maatgevende aanvoerbehoefte voor een bepaalde periode aan te geven, hetgeen wil zeggen dat deze aanvoerbehoefte niet vaker dan gemiddeld eenmaal in reeksen van een vooraf vastgesteld aantal jaren, de herhalingsperiode, overschreden wordt. Aangezien de doorgerekende 50 jaren op zichzelf onderhevig zijn aan een kansverdeling is een interval-schatting gehanteerd en is een bovengrens voor de wateraanvoerbehoefte gekozen, zodanig dat de kans dat het interval de werkelijke waarde niet bevat, klein is. In Tabel D is een deel van de resultaten vermeld.

De waarden voor de aanvoerbehoefte voor herhalingsperioden van 35 jaar en volgens de bodemgebruikssituatie in 1983 met beregening zijn practisch gelijk aan de berekende maximum waarden in hoofdstuk 8. Uitgaande hiervan is nader aangegeven waarvoor het aangevoerde water wordt gebruikt. In histogrammen is de relatieve frequentie aangegeven, waarmee jaarmaxima van de wateraanvoerbehoefte in een bepaalde decade zijn voorgekomen.

Tabel D. Maximale decade-waarden wateraanvoerbehoefte peilbeheer inclusief beregening voor herhalingsperioden T=10 en 35 jaar volgens bodemgebruik in respectievelijk 1983 en 2000 volgens bovengrens intervalschatting

1983	Opper-	$m^3.s^{-1}$		$mm.d^{-1}$	
	vlakte* (ha)	W_{10}*	W_{35}*	W_{10}*	W_{35}*
Goeree-Overflakke	19025	1,782	2,021	0,810	0,918
Voorne-Putten	13650	1,305	1,467	0,826	0,929
Groote Waard	25425	2,214	2,537	0,752	0,862
IJsselmonde	5700	1,480	1,689	2,243	2,560
Krimpenerwaard	11225	3,424	3,558	2,635	2,739
Alblasserwaard	32575	8,384	8,723	2,224	2,314
Studiegebied	111075	18,691	19,874	1,454	1,546
2000					
Goeree-Overflakkee	18900	1,880	2,141	0,859	0,979
Voorne-Putten	13275	1,403	1,565	0,913	1,019
Groote Waard	25175	2,204	2,525	0,756	0,867
IJsselmonde	5550	1,644	1,882	2,559	2,930
Krimpenerwaard	11150	3,471	3,613	2,690	2,800
Alblasserwaard	32400	8,748	9,113	2,333	2,430
Studiegebied	109775	19,439	20,651	1,530	1,625

*) code bodemgebruik 3 t/m 9 (Tabel 8)

In hoofdstuk 11 is een beschrijving gegeven van het model ZOUT waarmee de chloridebelasting op het polderwater is berekend. Dit model werkt evenals het model HYMUST met tijdstappen van een decade.
Er wordt van uitgegaan dat in een reeks van jaren het door de kwel naar de ondiepe bodemlagen aangevoerde chloride in zijn totaliteit in het oppervlaktewater komt.
Voor de chloridebelasting op het oppervlaktewater is een nauwe samenhang verondersteld met het afvoerproces van het neerslagoverschot.

Verder is gebruik gemaakt van een verkregen relatie tussen de chloridedeafvoer en de waterafvoer uit opgestelde chloride- en waterbalansen in het kader van het Deltaonderzoek. Vergelijkbaar met de berekeningen met HYMUST zijn berekeningsmethoden opgesteld voor een aantal bodemgebruiksvormen.
De berekeningen van de chloridebelasting zijn uitgevoerd voor de jaren 1937 t/m 1986. Aangezien de verzilting alleen van belang is voor Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en de Hoeksche Waard zijn voor deze gebieden de berekeningen uitgevoerd.
In droge zomers is de chloridebelasting in het algemeen laag, in natte zomers kan daarentegen het chloridegehalte in het oppervlaktewater sterk toenemen.

In hoofdstuk 12 wordt de watervoorzieningsbehoefte voor de bestrijding van de verzilting (doorspoeling) behandeld. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van een oppervlaktewatermodel, waarin de specifieke aspecten betreffende de doorspoeling zijn opgenomen. Het stromingsmodel SIMWAT is hiervoor uitgebreid met een berekening van de zoutbeweging.
Voor het berekenen van de waterbeweging en het verloop van het chloridegehalte in het oppervlaktewater wordt gebruik gemaakt van de rekenresultaten van de modellen HYMUST en ZOUT.
Berekeningen met het stromingsmodel zijn uitgevoerd voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten. Voor deze twee waterschappen is het waterlopenpatroon geschematiseerd tot een stelsel van leidingen en knooppunten. Het netwerk is opgedeeld in een aantal regio's, die weer onderverdeeld zijn in watervoorzieningsgebieden. Aan de knooppunten zijn vakken toegevoegd waarmee een relatie is gelegd met de modellen HYMUST en ZOUT.

Met het stromingsmodel zijn de jaren 1975 t/m 1980 doorgerekend. Gezien de meteorologische omstandigheden in deze jaren mag worden verwacht dat een indicatie over de minimale en maximale doorspoelbehoefte wordt verkregen. De berekeningen zijn uitgevoerd voor twee regimes:
- continu doorspoelen
- gefaseerd doorspoelen

Voor een doorspoelintensiteit van 0 tot 0,40 $l.s^{-1}.ha^{-1}$ is het maximum chloridegehalte berekend dat geldt voor het lozingspunt van

de watervoorzieningsgebieden. Hierbij is uitgegaan van een chloridegehalte voor het ingelaten water van 180 mg.l^{-1}. Op grond van een vastgestelde kwalitatieve normstelling van het oppervlaktewater kan de aanvoerbehoefte voor doorspoeling worden afgeleid.
Uitgaande van ondermeer het chloridegehalte van het drainagewater in de zomer en winter zijn relaties verkregen tussen de doorspoelintensiteit en het chloridegehalte van het oppervlaktewater.
De maatgevende aanvoerbehoefte voor doorspoeling op Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten wordt bepaald door de doorspoelbehoefte in het voorjaar, respectievelijk 1,51 en 1,54 mm.d^{-1}. Begin mei dient de kwaliteit van het oppervlaktewater in de meeste jaren te voldoen aan de normstelling in verband met de aanvang van beregening.
In een droge zomer (1976) is de aanvoer voor peilbeheer voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten respectievelijk 0,93 en 0,95 mm.d^{-1} en voor de doorspoeling in orde van grootte van 0,2 mm.d^{-1}. De aanvoerbehoefte voor peilbeheersing is practisch gelijk aan de maatgevende aanvoerbehoefte bij een herhalingsperiode van 35 jaar. Als indicatie voor de maatgevende aanvoerbehoefte voor peilbeheersing en doorspoeling zou een waarde van 1,1 à 1,2 mm.d^{-1} voor beide waterschappen kunnen worden aangehouden. Deze waarde ligt in dezelfde orde van grootte als de maximale aanvoer voor de verziltingsbestrijding. Dit heeft aanleiding gegeven om de waarde voor de doorspoelbehoefte in het vroege voorjaar als maatgevend te beschouwen voor de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing en doorspoeling.

Bij de berekeningen met het stromingsmodel is tevens het stedelijk gebied volgens een bepaald criterium meegenomen. In Tabel E is de wateraanvoerbehoefte opgesplitst in de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing en doorspoeling.

Voor de totale maatgegevende aanvoerbehoefte voor peilbeheersing en doorspoeling op Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten is respectievelijk 3,80 en 3,19 m^3.s^{-1} aangehouden. In vergelijking met Tabel D voor de bodemgebruikssituatie 1983 blijken deze aanvoerbehoeften in totaal 3,50 m^3.s^{-1} hoger dan de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing voor de bodemgebruikscodes 3 t/m 9.

Tabel E. Aanvoerbehoefte voor peilbeheer en doorspoeling

Jaar	"Droge periode"			"Voorjaar"		
	Peilbeheersing (max. aanvoer) ($m^3.s^{-1}$)	In decade	Door-spoeling ($m^3.s^{-1}$)	Totale aanvoer ($m^3.s^{-1}$)	Eerste decade met aanvoer	Doorsp. 15 d. ervoor
Goeree-Overflakkee						
1975	1,54	aug. I	0,60	2,14	mei II	3,17
1976	2,34	juli II	0,45	2,79	april I	0,76*
1977	1,56	juli I	0,88	2,44	mei III	3,52
1978	1,13	aug. II	1,06	2,19	mei III	3,80
1979	0,81	juli III	0,76	1,57	juli I	3,02
1980	1,21	juni II	0,63	1,84	mei I	2,01*
Voorne-Putten						
1975	1,34	aug. I	0,56	1,90	mei III	2,32
1976	1,97	juli I	0,39	2,36	april II	1,54*
1977	1,39	juli I	0,66	2,05	mei III	2,40
1978	0,89	juni I	1,78	2,67	mei III	3,19
1979	0,54	juli III	0,70	1,24	juli I	2,83
1980	1,01	mei II	0,48	1,49	mei I	2,09*

*) 1 mei

Voor het zuidelijk deel van de Hoeksche Waard waar verzilting van het oppervlaktewater plaatsvindt is de doorspoelbehoefte afgeleid uit verkregen relaties voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten. Het betreft hier de relaties van de doorspoelintensiteit met het chloridegehalte bij uiteenlopende chloridegehalten van het drainagewater.
Aangezien een gedeelte van de Hoeksche Waard voor doorspoeling in aanmerking komt is hier een droge periode in de zomer bepalend voor de aanvoerbehoefte voor doorspoeling. Voor de gehele Hoeksche Waard bedraagt de aanvoerbehoefte voor doorspoeling 0,12 $mm.d^{-1}$ of 0,31 $m^3.s^{-1}$.

In Fig. B is aangegeven waarvoor de maatgevende wateraanvoer voor peilbeheersing en doorspoeling, bij een herhalingsperiode van 35 jaar, en inclusief de permanente doorspoeling voor de bodemgebruikssituatie 1983 wordt gebruikt. De aanvoer voor peilbeheersing is opgesplitst in: infiltratie, verdamping open water en beregening.

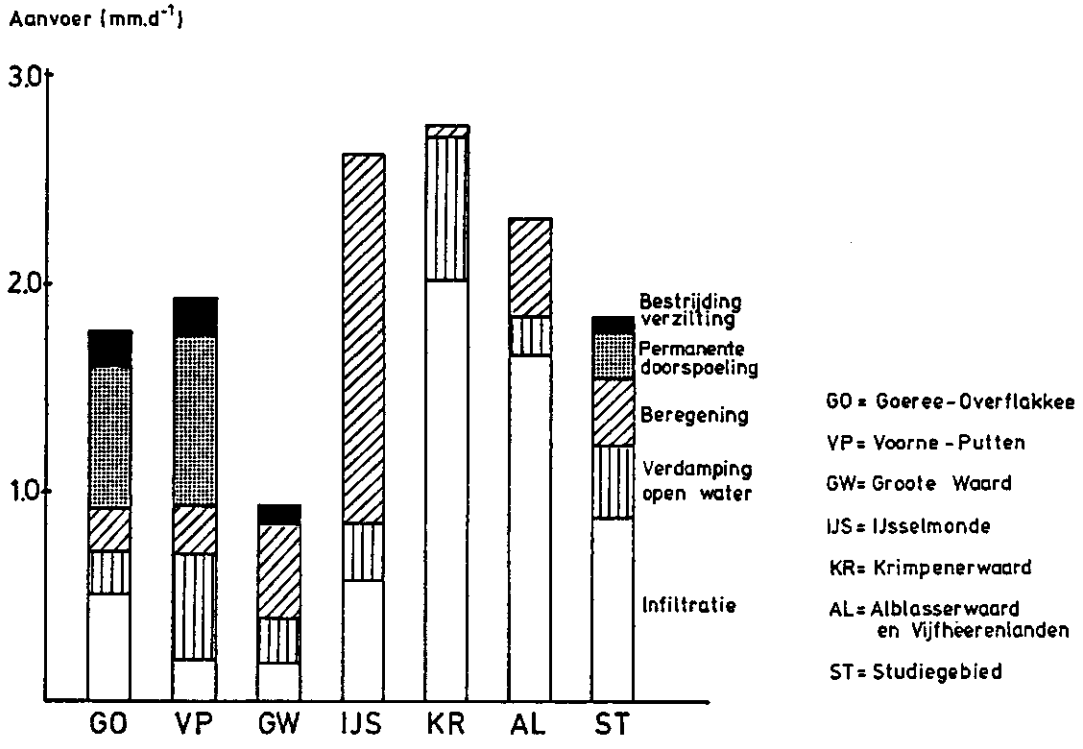


Fig. B. Verdeling van de maatgevende aanvoerbehoefte, voor een herhalingsperiode van 35 jaar, voor de bodemgebruikssituatie 1983

De maatgevende aanvoerbehoefte voor peilbeheer voor het gehele studiegebied voor de bodemgebruikssituatie 1983 bedraagt voor een herhalingsperiode van 35 jaar: 19,87 $m^3.s^{-1}$ (Tabel D). Voor de (permanente) doorspoeling ter bestrijding van de verzilting op Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en de Hoeksche Waard is dan 3,81 $m^3.s^{-1}$ nodig (paragraaf 12.8), de permanente doorspoeling voor het gehele studiegebied is 3,04 $m^3.s^{-1}$ (Tabel 42). De totale maatgevende aanvoerbehoefte bij T=35 kan dus worden gesteld op 26,72 $m^3.s^{-1}$ voor de bodemgebruikssituatie 1983. Voor de bodemgebruikssituatie 2000 komt de totale maatgevende aanvoerbehoefte op 27,50 $m^3.s^{-1}$.

CONCLUSIES

- Als gevolg van de Deltawerken is de mogelijkheid aanwezig om uit het Haringvliet en het toekomstige Zoommeer zoet water in te laten voor landbouwkundige doeleinden en bestrijding van de verzilting (Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en de Hoeksche Waard).

- Grasland, stedelijk gebied, aardappelen en bieten, granen en peulvruchten zijn in chronologische volgorde de vier belangrijkste bodemgebruiksvormen in het studiegebied.

- De ontwikkelingen in het bodemgebruik in de periode 1983-2000 zijn marginaal.

- In het gehele studiegebied komt overwegend kwel voor, in de Vijfheerenlanden -en met name in de Krimpenerwaard- zijn gebieden met wegzijging. Zowel voor de kwel als de wegzijging bedraagt de intensiteit in het algemeen enkele tienden van $mm.d^{-1}$.

- In de Krimpenerwaard, de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden zijn de infiltratieweerstanden laag, gemiddeld 100 d. In de rest van het studiegebied zijn de waarden hiervoor aanmerkelijk hoger, veelal > 1000 d. Het grote verschil in infiltratieweerstanden hangt ondermeer samen met het verschil in slootafstand.

- Op Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en het zuidelijk deel van de Hoeksche Waard bedraagt het chloridegehalte van het kwelwater in het algemeen meer dan 1000 $mg.l^{-1}$. Op Goeree-Overflakkee, met name dat deel grenzend aan de Grevelingen, worden de hoogste gehalten aangetroffen. In de genoemde gebieden zal in meer of mindere mate verzilting van het oppervlaktewater plaatsvinden.

- Het gemiddeld toelaatbaar chloridegehalte van het oppervlaktewater in een watervoorzieningsgebied wordt bepaald door het maximaal toelaatbaar chloridegehalte per bodemgebruiksvorm, de mate waarin beregening van het betreffend bodemgebruik plaatsvindt en het hanteren van een wegingsfactor.

Op Voorne-Putten wordt een lagere waarde voor het gemiddeld toelaatbare chloridegehalte nagestreefd, dan die welke volgens vorengenoemd criterium is verkregen, omdat in meerdere mate rekening wordt gehouden met de kwaliteitseisen ten aanzien van het watergebruik door de glastuinbouw.

- De berekende relatieve verdamping gemiddeld van 88% in een 10% jaar (1975) voor Goeree-Overflakkee ligt hoger dan een relatieve verdamping van 75% die voor een dergelijk jaar als rendementscriterium wordt beschouwd voor de toepassing van beregening. Er is dus geen aanleiding voor een bijstelling van het percentage beregend oppervlak.

- Voor de Krimpenerwaard en een tweetal poldergebieden op Goeree-Overflakkee blijkt voor een tweetal jaren een redelijke overeenkomst aanwezig tussen gemeten en berekende aan- en afvoeren.
  Bij het opstellen van waterbalansen wordt weinig aandacht besteed aan de hoeveelheden ingelaten water.

- De gevoeligheid voor wijzingen in de meest relevante gebiedskenmerken op de berekende aanvoerbehoefte is voor de Krimpenerwaard, de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden aanzienlijk groter dan voor de rest van het studiegebied.

- De berekende waarden voor de wateraanvoerbehoefte voor peilbeheersing in deze nota gelden voor het groeiseizoen. Voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten is de aanvoerbehoefte voor doorspoeling in het voorjaar als maatgevend verondersteld.

- Van de maximale waarde voor de wateraanvoerbehoefte voor peilbeheersing, voor een herhalingsperiode van 35 jaar, bedraagt de infiltratie vanuit het oppervlaktewater naar de kavels 0,2 tot 0,6 mm.d^{-1} in de waterschappen, die in het westelijk deel zijn gelegen. Het effect van deze infiltratie op de gewasopbrengst is beperkt, gemiddeld enkele procenten.
  In de waterschappen Krimpenerwaard en Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, die in het oostelijk deel van het studiegebied zijn gele-

gen, bedraagt de infiltratie 1,7 tot 2,2 mm.d^{-1}. Voor deze twee waterschappen levert de infiltratie vanuit het oppervlaktewater in belangrijke mate een bijdrage aan de vochtvoorziening van de gewassen.

- De maximale waarde voor de wateraanvoerbehoefte voor peilbeheersing op IJsselmonde wordt voor het grootste deel bepaald door beregening vanuit het oppervlaktewater.

- De maximum decadewaarde voor de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing is met een relatieve frekwentie van 80% of meer te verwachten in de periode tussen de eerste decade van mei en de derde decade van augustus.

- De chloridebelasting op het oppervlaktewater, die primair wordt bepaald door de kwel en het chloridegehalte hiervan, hangt nauw samen met de grootte en de verdeling van het neerslagoverschot.

- De aanvoerbehoefte voor doorspoeling loopt niet synchroon met de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing. Dit betekent dat bij een relatief grote aanvoer voor peilbeheersing weinig doorspoeling nodig is en omgekeerd dat in een natte periode waarin weinig of geen aanvoer voor peilbeheersing nodig is, intensief doorgespoeld moet worden.

- In de eerste helft van april dient in de meeste jaren met doorspoelen te worden begonnen, zodat begin mei de kwaliteit van het oppervlaktewater voldoet aan de normstelling in verband met de aanvang van beregening.

- Op Voorne-Putten wordt in verband met de waterbehoefte voor de glastuinbouw en de daarbij nagestreefde kwaliteitseisen aan het oppervlaktewater, welke in het algemeen hoger liggen dan de hiervoor in deze nota gehanteerde normen, het gehele jaar doorgespoeld. Dit houdt in dat gedurende de winterperiode, waarin relatief hoge chloridebelastingen op het oppervlaktewater kunnen voorkomen, de wateraanvoerbehoefte voor doorspoeling hoger kan zijn dan de in deze nota aangegeven waarde voor het voorjaar.

- In gebieden met een relatief laag chloridegehalte van het kwelwater (drainagewater) verandert in een droge zomer het chloridegehalte van het oppervlaktewater nauwelijks wanneer de doorspoeling wordt gestopt. Bij een relatief hoog chloridegehalte van het kwelwater is veelal een continue doorspoeling nodig.

- Op Goeree-Overflakkee komen gebieden voor waar, uitgezonderd droge zomers, met een maximale doorspoelingsintensiteit van 0,5 $l.s^{-1}.ha^{-1}$ de kwalitatieve normstelling van het oppervlaktewater niet haalbaar is.

- In het jaar 1976, waarin de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing praktisch gelijk is aan de maatgevende aanvoerbehoefte bij een herhalingsperiode van 35 jaar: 0,9 à 1,0 $mm.d^{-1}$, bedraagt de doorspoeling in orde van grootte 0,2 $mm.d^{-1}$. De maximale doorspoeling in het groeiseizoen ligt in de orde van 1,1 à 1,2 $mm.d^{-1}$. Voor de maatgevende aanvoerbehoefte voor doorspoeling en peilbeheersing is 1,5 à 1,6 $mm.d^{-1}$ aangehouden, deze waarde geldt voor de doorspoeling in het vroege voorjaar.

- De totale wateraanvoerbehoefte voor peilbeheersing, bestrijding van de verzilting en permanente doorspoeling bedraagt bij een herhalingsperiode van 35 jaar voor de bodemgebruikssituatie 1983 voor het gehele studiegebied 26,72 $m^3.s^{-1}$. Voor de bodemgebruikssituatie in het jaar 2000 wordt een vergelijkbare aanvoerbehoefte verkregen van 27,50 $m^3.s^{-1}$.

1. INLEIDING

Ingevolge het gewijzigd voorstel van de Wet op de Waterhuishouding (oktober 1986) dienen Provinciale Staten een waterhuishoudingsplan vast te stellen. In het plan worden de hoofdlijnen van het ten aanzien van de waterhuishouding in de provincie te voeren beleid aangegeven. Bij de vaststelling wordt rekening gehouden met de nota: "De Waterhuishouding van Nederland" (1984). Daarnaast zullen de beheerders voor de onder hun beheer staande oppervlaktewateren beheersplannen dienen vast te stellen, waarin wordt aangegeven hetgeen ter vervulling van de beheerstaak wordt verricht. Bij de vaststelling van de beheersplannen wordt rekening gehouden met het provinciale plan.
Bij de planvorming op de diverse niveaus vormt kennis van de waterbehoefte een belangrijk aspect. Zoals uit de nota "De Waterhuishouding van Nederland" (1984) blijkt, moet in bepaalde perioden rekening worden gehouden met watertekorten en kan een verdeling van het beschikbare water noodzakelijk zijn. Van de provincies wordt verwacht dat zij de waterbehoefte voor haar gebied aangeven. Mede ten behoeve van onderzoek naar dit aspect heeft het Rijk, vooruitlopend op het in werking treden van de wet, financiële middelen voor onderzoek beschikbaar gesteld, waardoor het onderhavige onderzoek kon worden uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn van belang voor de planvorming op alle niveaus (Rijk, Provincie en Waterschappen).
Door de wateraanvoerberekeningen die in het kader van het Voortgezet Onderzoek Kanaal Waddinxveen-Voorburg (1981) voor Rijnland, Delfland, Schieland en Woerden zijn uitgevoerd, is voor het noordelijk deel van de provincie Zuid-Holland een goede basis voor het vaststellen van de wateraanvoerbehoeften aanwezig.

Voor het verkrijgen van overeenkomstige gegevens over de optredende waterbehoefte voor het zuidelijk deel, dat ook wel wordt aangeduid als de "Hollandse Eilanden en Waarden", heeft op initiatief van de Provinciale Waterstaat van Zuid-Holland* (PWS) overleg hierover plaatsgevonden met het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW). Hierbij kwam van PWS de wens naar voren om in principe op dezelfde wijze berekeningen van de wateraanvoerbehoeften uit te voeren als indertijd voor Rijnland, Delfland, Schieland en Woerden. Aangezien met name omtrent kwel en wegzijging alsmede het zoutgehalte van het kwelwater onvoldoende bekend was om de berekeningen van de water- en zoutbelasting vanuit de ondergrond op de oppervlaktewateren te kunnen uitvoeren, is bij schrijven nr. 65456/P11-1, d.d. 24 oktober 1983 door PWS aan het ICW opdracht verleend voor een inventarisatieonderzoek. Dit zogenaamde vooronderzoek diende een inzicht te geven in:

- de beschikbaarheid van gegevens, nodig voor een berekening van de wateraanvoerbehoefte in het zuidelijk deel van de provincie;
- de voor een dergelijke berekening ontbrekende gegevens en de wijze waarop in eventuele manco's zou kunnen worden voorzien;
- de uitvoeringstermijn voor het eventueel uit te voeren gehele onderzoek.

In het verrichte vooronderzoek is relatief veel aandacht besteed aan het beschikbaar zijn van de benodigde geohydrologische gegevens in verband met de berekening van de kwel en wegzijging en de verziltingsproblematiek. Daar rekening zou moeten worden gehouden met het feit dat minstens een jaar veldwaarnemingen zouden moeten worden gedaan en het installeren van het meetnet globaal eveneens een jaar zou vergen, is als uitvoeringstermijn van het gehele onderzoek drie jaar voorgesteld.
Mede op basis van de resultaten van het vooronderzoek is bij schrijven nr. 65456/P II-1, d.d. 12 juli 1984 door PWS aan het ICW een opdracht verstrekt voor de uitvoering van een onderzoek in het zuidelijk deel van de provincie. De studie-opdracht had betrekking op de kwantitatieve aanvoerbehoefte voor peilbeheer voor het gehele onderzoeksgebied alsmede de doorspoelbehoefte in het westelijk deel in verband met de

* Vanaf 1987: Dienst Water en Milieu van de provincie Zuid-Holland (DWM)

verzilting van de oppervlaktewateren door meer of minder zout kwelwater. De berekeningen dienden zowel te worden uitgevoerd voor de bodemgebruikssituatie in het jaar 1983 als voor die in het jaar 2000. In de voorliggende nota is een samenvatting gegeven van de wijze waarop het ICW de opdracht heeft uitgevoerd. In aparte nota's is meer gedetailleerde informatie beschikbaar over de verschillende deelonderzoeken.

2. LIGGING VAN HET STUDIEGEBIED

De ligging van het studiegebied is aangegeven in Bijlage 1. In grote lijnen betreft het dat deel van de provincie Zuid-Holland, dat ligt ten zuiden van de Nieuwe Waterweg, de Nieuwe Maas en de Hollandsche IJssel, respectievelijk Gekanaliseerde Hollandsche IJssel.
In het gebied liggen zes waterschappen gelegen, te weten:
- Waterschap Goeree-Overflakkee
- Waterschap De Brielse Dijkring (Voorne-Putten)
- Waterschap IJsselmonde
- Waterschap De Groote Waard (Hoeksche Waard, Eiland van Dordrecht)
- Hoogheemraadschap van de Krimpenerwaard
- Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden.

De gehanteerde gebiedsbegrenzing per waterschap behoeft niet altijd samen te vallen met de grens van het waterschap; lokaal gelegen buitendijkse gronden waarvoor sprake is van een zekere wateraanvoerbehoefte zijn tevens bij het onderzoek betrokken. Daarentegen zijn langs de rand binnen een waterkering gelegen opgespoten gronden en een gering aantal gebieden met een relatief klein oppervlak buiten beschouwing gelaten. De reden voor het laatstgenoemde was dat zonder het uitvoeren van een gedetailleerd onderzoek niet de benodigde gegevens voor de berekeningen waren te verkrijgen. Hierbij kan worden opgemerkt dat het minder dan 1% van het totaal beschouwd studiegebied betreft.
Bij het onderzoek zijn verder betrokken het eiland Tiengemeten, de Merwelanden en gedeelten van het Waterschap Polderdistrict Tieler- en Culemborgerwaarden en het Waterschap Lopikerwaard, voor zover liggend in de provincie Zuid-Holland.

3. INDELING VAN HET STUDIEGEBIED IN DEELGEBIEDEN

3.1. ALGEMEEN

Het onderzoeksgebied ligt in de delta van de rivieren de Rijn en de Maas. De aanwezige rivierlopen en zee-inhammen vormen een natuurlijke scheiding tussen de in hoofdstuk 2 genoemde waterschappen onderling. Vóór de uitvoering van de Deltawerken was de invloed van de Noordzee in het gehele gebied in meer of mindere mate aanwezig. Door de afdamming van het Haringvliet, de Grevelingen, het Volkerak, de Krammer en het aanleggen van de Oesterdam is en zal bovengenoemde invloed niet alleen grotendeels verdwenen zijn, maar is tevens het van oudsher in met name het westelijk deel aanwezige zoute buitenwater verdrongen door het zoete rivierwater. Een uitzondering moet hierbij worden gemaakt voor de Grevelingen, waarin een zout milieu in stand wordt gehouden. Het zoet geworden water in het Haringvliet en in het toekomstige Zoommeer biedt de mogelijkheid voor het inlaten van water voor landbouwkundige doeleinden en het beperken van de verzilting in de oppervlaktewateren in de waterschappen Goeree-Overflakkee, De Brielse Dijkring en De Groote Waard.
Het op zichzelf staande karakter van de waterschappen op waterhuishoudkundig gebied is echter gebleven, hetgeen aanleiding is geweest om met elk waterschap afzonderlijk overleg te plegen over de specifieke waterhuishoudkundige situatie.

3.2. DE INDELING PER WATERSCHAP IN DEELGEBIEDEN

De achtergrond om de waterschappen in deelgebieden in te delen is om gedetailleerde informatie te verkijgen over de wateraanvoerbehoefte. In het bijzonder in die waterschappen waar een extra aanvoerbehoefte nodig is in verband met de verziltingsproblematiek en wel voor de waterschappen Goeree-Overflakkee, De Brielse Dijkring en een gedeelte van de Groote Waard (zuidelijk deel van de Hoeksche Waard). Daarnaast is deze informatie van belang bij het opstellen van beheersplannen door alle bij het onderzoek betrokken waterschappen.

De gehanteerde criteria bij de indeling in deelgebieden betreffen voornamelijk de invloedssfeer van het door inlaten aangevoerde buitenwater en de bestaande bemalingsgebieden. In Bijlage 2 is de gevolgde procedure voor een aantal deelgebieden van het waterschap Goeree-Overflakkee weergegeven. Voor de overige waterschappen is de indeling in deelgebieden op vergelijkbare wijze gerealiseerd.
Bij de indeling in deelgebieden is de huidige waterhuishoudkundige situatie beschouwd, voor zover binnen afzienbare tijd hierin geen wijzigingen zijn te verwachten. Bij in uitvoering zijnde ruilverkavelingen is voor de berekeningen van de wateraanvoerbehoeften uitgegaan van de toekomstige waterhuishoudkundige situatie.
In Bijlage 3 is de ligging van de waterschappen, gedeelten daarvan en overige beschouwde gebieden weergegeven met een geschematiseerde begrenzing. In Tabel 1 is het aantal en de nummering van de deelgebieden aangegeven, alsmede de betreffende oppervlakte in ha.

Uit Tabel 1 blijkt dat het studiegebied is opgesplitst in 148 deelgebieden waarvan de totale oppervlakte 141 275 ha bedraagt. De ligging van de deelgebieden is weergegeven in Bijlage 4. De deelgebiedsgrenzen hebben eveneens een geschematiseerde vorm, omdat het studiegebied om rekentechnische redenen is opgeplitst in vakken van 500 x 500 m² (= 25 ha). Zodoende is elk deelgebied tot een aantal vakken geschematiseerd.

Tabel 1. Deelgebieden per waterschap/gebied

Waterschap/gebied	(nummer)	Deelgebieden		Aantal	Oppervlakte
		Aantal	Nummering	vakken	(ha)
Goeree-Overflakkee	(100)	20	101-120	899	22 475
De Brielse Dijkring	(200)	20	201-220	761	19 025
De Groote Waard	(300)	39	301-339	1221	30 525
IJsselmonde	(400)	18	401-418	503	12 575
Krimpenerwaard	(500)	13	501-513	551	13 775
Lopikerwaard (gedeeltelijk)	(600)	2	601-602	72	1 800
Tiengemeten	(700)	1	701	28	700
Merwelanden	(800)	1	801	31	775
Alblasserwaard en de Vijfh.landen	(900)	33	901-933	1561	39 025
Tieler- en Culemborgerwaard (ged.)	(1000)	1	1001	24	600
Totaal studiegebied		148		5651	141 275

4. VERZAMELING VAN DE GEBIEDSGEGEVENS

4.1. ALGEMEEN

Bij de uitvoering van de studie, zowel voor het berekenen van de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing en de doorspoelingsbehoefte, als voor het vaststellen van een aantal van de benodigde gegevens, zijn computerprogramma's gebruikt. Ten aanzien van het laatste kunnen met name het berekenen van de kwel en de chloridebelasting worden genoemd.

De diverse programma's zijn gevoed met gebiedskenmerken. Het betreft hier gegevens over het bodemgebruik, de geo-hydrologische situatie, het chloridegehalte van het kwelwater, het voorkomen van lozingen en onttrekkingen, de toepassing van beregening en bevloeiïng, het oppervlaktewatersysteem met aanwezige kunstwerken en het toelaatbare chloridegehalte van het polderwater. De wijze waarop bovengenoemde gegevens zijn verzameld, zal in dit hoofdstuk worden behandeld.
Verschillende gegevens zijn in eerste instantie op kaarten vastgelegd, waarbij gebruik is gemaakt van coderingen voor de onderscheiden kaarteenheden.

4.2. BODEMGEBRUIKSSITUATIE

4.2.1. Herkomst van de gegevens

Bij de vaststelling van het bodemgebruik is, waar dat mogelijk was, dezelfde benadering gevolgd als bij de studie naar de Kwantitatieve Waterbehoefte van de Hoogheemraadschappen Delfland en Schieland (1979). De gegevens die het uitgangsmateriaal voor de berekeningen vormen, zijn hierna vermeld. Tussen haakjes is het jaar van uitgifte genoemd:

a) landbouwtelling 1983, tabellen 11, 12, 14, 15, 16A, 17, 18 en 19, CBS (1984);
b) bodemstatistiek 1983, bodemgebruik per gemeente, CBS (1984);
c) topografische (kleuren) kaarten schaal 1 : 50 000
   - 36 Goedereede (1972)

- 37 West en Oost Rotterdam (1981)
- 38 West en Oost Gorinchem (1982)
- 42 Oost Zierikzee (1972)
- 43 West en Oost Willemstad (1980)
- 44 West Oosterhout (1981);

d) streekplannen en streekplankaarten, schaal 1 : 50 000;
- streekplan Zuid-Holland zuid (1982)
- idem, toelichting (1982)
- idem, actualisering programma (1984)
- herziening streekplan Zuid-Holland oost, voorontwerp in hoofdlijnen (1984)
- studienota voor herziening van het streekplan, kleine kernen in Zuid-Holland oost (1984)
- integrale herziening streekplan Rijnmond, beschrijving (1984)
- idem, toelichting (1984)

De overige benodigde gegevens zijn afkomstig van:
- de provinciale Waterstaat van Zuid-Holland;
- de betrokken waterschappen in het studiegebied.
- de afd. regionale plannen van de dienst Ruimte en Groen van de provincie Zuid-Holland

4.2.2. Bodemgebruik in 1983

Het huidige bodemgebruik is voornamelijk vastgesteld op basis van gegevens uit de bodemstatistiek 1983 en van gegevens uit de landbouw(mei)telling 1983. De gegevens uit de bodemstatistiek vormen het kader voor het bodemgebruik in deze studie. De landbouwcijfers uit de landbouwtelling zijn gebruikt om het agrarisch gebruik volgens de definitie van de bodemstatistiek nader in te vullen.
De lange reeksen bodemgebruiksvormen die in de genoemde statistieken voorkomen, zijn samengevoegd tot 9 groepen (Tabel 2).

De groepen met code 1, 2, 3 of 4 betreffende het niet-agrarische bodemgebruik. De groepen met code 5, 6, 7, 8 of 9 hebben betrekking op het agrarische bodemgebruik.

Tabel 2. Groepering van de categorieën bodemgebruik

Code bodem-gebruik	Omschrijving bodemgebruiksgroep
1	verharde, onverharde en halfverharde wegen, spoor- en tramwegen, woongebied, sociaal-culturele en overige openbare voorzieningen, industrie- en haventerreinen, handel, overige bedrijfsterreinen, voorradig bouwterrein voor industrie, havens en overige bestemmingen, begraafplaatsen, stortplaatsen, wrakken opslagplaatsen, delfstoffenwinning, parken en plantsoenen, sportterrein, volkstuinen, wateren smaller dan 6 meter (binnen de bebouwde kom);
2	droog natuurlijk terrein (duinen, strand);
3	vliegvelden, verblijfsrecreatie, dagrecreatieve objecten en terreinen, bos, nat natuurlijk terrein, braakliggend land en overige gronden;
4	waterreservoirs, overige wateren, wateren binnen de bebouwde kom breder dan 6 meter;
5	grasland, pit- en steenvruchten, boomkwekerijgewassen;
6	bouwland beteeld met granen, peulvruchten, landbouwzaden, handelsgewassen en groenvoeders;
7	bouwland beteeld met aardappelen, bieten en vollegronds tuinbouw;
8	glastuinbouw;
9	bloembollen en -knollen.

De bodemstatistiek geeft een (veel) hoger cijfer voor de oppervlakte aan agrarisch grondgebruik dan de landbouwtelling voor de oppervlakte aan cultuurgrond (gemeten maat) (SLOTHOUWER, 1988).
Het verschil in oppervlakte is voornamelijk het gevolg van verschillende definities voor de landbouwgrond. Het CBS heeft voor 1981 de waargenomen oppervlakte agrarisch bodemgebruik en de cultuurgrond van respectievelijk de bodemstatistiek en de landbouwtelling vergeleken en het verschil gekwantificeerd (CBS, 1984). Aangenomen is dat de resultaten van dit landelijk onderzoek ook van toepassing zijn op het studiegebied. De gegevens van de landbouwtelling zijn gecorrigeerd met deze CBS-cijfers. Het 'surplus' van de bodemstatistiek is volgens de onderstaande verdeelsleutel over de cultuurgrond verdeeld (SLOTHOUWER, 1988):

- 40.4% van het verschil is verdeeld over de groepen met code 5, 6, 7, 8 en 9
- 36.9% van het genoemd verschil is toegerekend aan de groep met code 1
- 7.8% is overgeheveld naar de groep met code 3
- 14.9% is gerekend tot de groep met code 4

De bodemgebruikssituatie die in 1983 voorkwam, is in Bijlage 5 aangegeven. Hiervoor is een kaart met de indeling van het studiegebied in 5651 vakken van 25 ha als ondergrond gebruikt.
De oppervlakten van de onderscheiden bodemgebruiksvormen binnen het studiegebied zijn vermeld in Tabel 3. Voor gedetailleerde informatie over het bodemgebruik in de deelgebieden per waterschap wordt verwezen naar SLOTHOUWER (1988).

Tabel 3. Oppervlakten van de onderscheiden bodemgebruiksvormen per waterschap binnen het studiegebied in 1983 en 2000

Code bodem-gebr.	GO		VP		GW		IJS		KR		AL		ST	
	1983 (ha)	2000 (ha)	1983 (ha)	2000 (ha)	1983 (ha)	2000 (ha)	1983 (ha)	2000 (ha)	1983 (ha)	2000 (ha)	1983 (ha)	2000 (ha)	1983 (ha)	2000 (ha)
1	2725	2850	4225	4600	5150	5400	6875	7025	2775	2875	6575	6900	28325	29650
2	725	725	1150	1150	-	-	-	-	-	-	-	-	1875	1875
3	525	725	800	1025	750	1025	175	375	500	625	1250	1300	4000	5075
4	650	650	1150	1175	975	975	250	250	1125	1125	2375	2375	6525	6550
5	1900	1825	5025	4875	4175	4050	1425	1325	11175	10950	29100	28725	52800	51750
6	6075	5975	3100	2850	9275	9050	1000	975	-	-	175	175	19625	19025
7	9525	9375	3400	3125	11650	11475	2675	2425	-	-	150	150	27400	26550
8	-	-	175	225	25	25	125	150	-	-	-	-	325	400
9	350	350	-	-	-	-	50	50	-	-	-	-	400	400
Totaal	22475	22475	19025	19025	32000	32000	12575	12575	15575	15575	39625	39625	141275	141275
idem %	15,9		13,5		22,7		8,9		11,0		28,0		100	

GO = Goeree-Overflakkee
VP = De Brielse Dijkring
GW = De Groote Waard, Tiengemeten, Merwelanden
IJS = IJsselmonde
KR = Krimpenerwaard, ged. Lopikerwaard
AL = Alblasserwaard en Vijfheerenlanden, gedeelte Polderdistrict Tieler- en Culemborgerwaarden
ST = Studiegebied

4.2.3. Ontwikkelingen in het bodemgebruik in de periode 1983-2000

De toekomstige aanvoerbehoefte van water is mede afhankelijk van de ontwikkeling van het bodemgebruik. Van belang zijn vooral de uitbreidingen van het stedelijk gebied, het areaal bos en overige grond met een primair recreatieve bestemming, natuurgebied en de oppervlakte aan glastuinbouw. De glastuinbouw met name is van belang omdat naast de aanvoer van water ook het kwaliteitsaspect een rol speelt.

Evenals bij de vorige studie voor Rijnland, Delfland, Schieland en Woerden is, voor een blik in de toekomst, gebruik gemaakt van de vigerende streekplannen. Tevens werd met de deskundigen van de afdeling regionale plannen van de dienst Ruimte en Groen, de laatste ontwikkelingen in het bodemgebruik doorgesproken. In verband met de onzekerheden in de ontwikkeling tot het jaar 2000 is slechts rekening gehouden met plannen die zeer waarschijnlijk doorgaan of welke reeds in uitvoering zijn. Het gevolg van deze werkwijze is dat de ontwikkeling van de urbane oppervlakte (code 1) en de oppervlakte bestemd voor bos- en recreatiegebieden (code 3) enigszins wordt onderschat en dat de hoeveelheid landbouwgrond (code 5 t/m 9) in 2000 daardoor wat wordt overschat.

De gekozen werkwijze heeft tot gevolg dat, voor wat het bodemgebruik in 2000 betreft, de hoeveelheid water die moet worden aangevoerd wellicht wat te ruim zal worden berekend. Bij de bespreking van de rekenresultaten zal worden vermeld welke invloed een extra uitbreiding van het stedelijk gebied heeft op de aanvoerbehoefte.

In Tabel 3 is een raming van het bodemgebruik gegeven voor het jaar 2000. Per saldo wordt voor het gehele studiegebied rekening gehouden met een omzetting van 2500 ha gras en bouwland. Hiervan is 1325 ha nodig voor stadsuitbreiding, industrie en wegen; 1075 ha voor bos en recreatie, 75 ha voor de uitbreiding van het glastuinbouw-areaal en 25 ha voor een groter wateroppervlak.

4.3. HYDROLOGISCHE SITUATIE

4.3.1. Kwel en wegzijging

4.3.1.1. Algemeen

Als gevolg van de waterstaatkundige toestand en de geologische en geohydrologische opbouw van de ondergrond kan in het studiegebied zowel kwel als wegzijging voorkomen. Behalve de kwantitatieve aspecten van kwel dienen de kwalitatieve te worden genoemd indien verzilting van oppervlaktewateren door meer of minder zout kwelwater aanleiding kan geven tot een doorspoelingsbehoefte. Deze hangt nauw samen met de bodemgebruikssituatie.
De gebruikte rekenmethode voor het bepalen van de kwel en wegzijging maakt gebruik van gegevens betreffende het doorlaatvermogen van en de stijghoogte van het grondwater in de aanwezige watervoerende pakketten. In het vooronderzoek is aangegeven dat de benodigde gegevens in onvoldoende mate beschikbaar waren. Door de uitvoering van aanvullende boringen is hierin voor een belangrijk deel voorzien.

4.3.1.2. Geohydrologische schematisering

Op grond van literatuur en archiefgegevens en aangevuld met gegevens uit door het ICW uitgevoerde boringen is een geohydrologische schematisering van de ondergrond opgesteld. Gezien het regionaal karakter van het uitgevoerde onderzoek kan het hydrologisch pakket - dat is het complex van lagen van waaruit een wisselwerking mogelijk is met de situatie aan het aardoppervlak - van boven naar beneden als volgt worden opgedeeld: Bijlage 6b (VAN REES VELLINGA e.a., 1988):

- een afdekkend pakket (holocene Westland Formatie);
- een 1e watervoerend pakket (pleistocene Formatie van Kreftenheye en plaatselijk Formatie van Schouwen, Urk en Sterksel);
- een 1e scheidende laag (pleistocene Formatie van Kedichem en Tegelen);
- een 2e watervoerend pakket (Formatie van Maassluis en plaatselijk de Formatie van Harderwijk alsmede de grove soms grindhoudende afzettingen van de Formatie van Tegelen);
- de hydrologische basis (Formatie van Oosterhout).

Zoals uit Bijlage 6a en 6b blijkt, kan in het duingebied lokaal een bovenste watervoerend pakket worden onderscheiden. Aangezien voor deze gebieden geen wateraanvoerbehoefte wordt berekend, is dit watervoerend pakket niet in het onderzoek betrokken. Vanwege de schaal van de studie zijn de overige plaatselijk in het afdekkend pakket zandig ontwikkelde lagen eveneens niet meegenomen in de schematisering.
Het onderzoek heeft zich derhalve geconcentreerd op het afdekkend pakket, de 1e scheidende laag en de twee watervoerende pakketten. Uit Bijlage 6b volgt, dat het 1e watervoerende pakket enige tientallen meters dik is; het 2e watervoerend pakket heeft daarentegen een relatief grote dikte.
Uitgaande van literatuurgegevens en mede gebaseerd op taxatie van k-waarden uit boorbeschrijvingen uit archieven en uit een lithologische beschrijving van boormonsters uit de ICW-boringen zijn voor de twee watervoerende pakketten kD-waardenkaarten vervaardigd, Bijlage 7a en 7b (VAN REES VELLINGA e.a., 1988).

4.3.1.3. Stijghoogten van het grondwater

Allereerst is een inventarisatie uitgevoerd naar beschikbare boringen met peilbuizen. Voor het merendeel van de boringen waarin geen waarnemingen meer werden verricht alsmede voor de ICW-boringen is een meetprogramma uitgevoerd. Daarnaast kon dankzij de medewerking van diverse instellingen en bedrijven direct worden beschikt over grondwaterstandsgegevens van de overige boringen.
In verband met het plaatselijk verzilte grondwater is tevens rekening gehouden met de daarmee samenhangende uiteenlopende dichtheden van het grondwater.

De verzamelde gegevens kunnen worden opgesplitst in:
- tijdsafhankelijke gegevens (grondwaterstanden);
- tijdsonafhankelijke gegevens (coördinaten, NAP-kenmerken, hydrologisch systeem en dichtheid).

Zowel de tijdsafhankelijke als tijdsonafhankelijke gegevens zijn ingevoerd in een geautomatiseerd gegevensbestand (WIT en TE BEEST, 1988). De beschouwde periode loopt van januari '85 tot mei '86).

4.3.1.4. Berekeningsmethode

Voor de berekening van de kwel en wegzijging is praktisch voor het gehele studiegebied het programma FLOWCAL gebruikt (stationair, 2-dimensionaal horizontaal in de watervoerende pakketten en 1-dimensionaal verticaal in het afdekkend pakket en de 1e scheidende laag), (WIT en TE BEEST, 1988a).

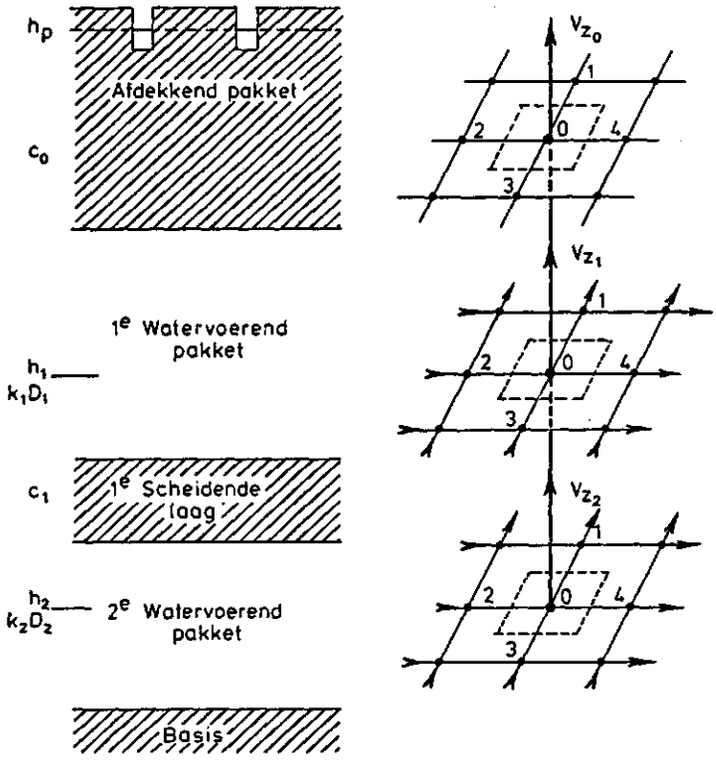


Fig. 1. Geohydrologische schematisering met roosterpunten

Er wordt gebruik gemaakt van een orthogonaal netwerk opgebouwd uit vierkantjes met zijden van 1 km op een schaal van 1 : 50 000. In verband met een aansluiting op de eerdergenoemde vakindeling is het netwerk in x- en y-richting 500 m verschoven ten opzichte van de vakindeling op de topografische kaart. Op deze wijze geeft elk roosterpunt een gemiddelde waarde voor de kwel voor de 4 aangrenzende vakken van 25 ha.

De grondwaterstroming in de twee watervoerende pakketten naar een willekeurig roosterpunt, aangeduid met de index 0 vanuit de aanliggende vier dichtstbijzijnde roosterpunten met de indices 1, 2, 3 en 4 (Fig. 1) kan worden berekend met:

$$v_{z_j} = \frac{1}{2a^2}\,[(k_jD_{j1} + k_jD_{j0})(h_{j1} - h_{j0}) + (k_jD_{j2} + k_jD_{j0})(h_{j2} - h_{j0}) + (k_jD_{j3} + k_jD_{j0})(h_{j3} - h_{j0}) + (k_jD_{j4} + k_jD_{j0})(h_{j4} - h_{j0})]$$

waarin:

v_z	=	kwel vanuit het watervoerend pakket j in roosterpunt 0	(m.d^{-1})
a	=	afstand tussen roosterpunte n	(m)
k_jD_{ji}	=	doorlaatvermogen van het watervoerend pakket j in roosterpunt i	(m^2.d^{-1})
h_{ji}	=	stijghoogte in het watervoerend pakket j in roosterpunt i	(m)
j	=	index voor watervoerende pakketten	(j = 1,2)
i	=	index voor roosterpunten	(i = 0,1 ..., 4)

De afzonderlijke kwel vanuit het 1e en 2e watervoerend pakket is respektievelijk v_{z_1} en v_{z_2} en de getotaliseerde kwel is v_{z_0}. Uit het stijghoogteverschil tussen 1e en 2e watervoerend pakket voor de roosterpunten 0 en uit v_{z_2} kan de hydraulische weerstand c_1 van de 1e scheidende laag worden berekend met:

$$c_1 = \frac{h_{20} - h_{10}}{v_{z_2}}$$

De hydraulische weerstand c_o van het afdekkend pakket wordt op een identieke wijze berekend.
Voor een beperkt aantal gebieden, zoals bijvoorbeeld het eiland Tiengemeten, waren onvoldoende gegevens beschikbaar voor de toepassing van FLOWCAL. Voor deze gebieden is de kwel berekend met het programma FEMSATS (QUERNER, 1984). Hiervoor zijn de benodigde hydrologische bodemconstanten ontleend aan berekeningen met FLOWCAL in aangrenzende gebieden (WIT en TE BEEST, 1988).

4.3.1.5. Berekeningen van de kwel

Gezien het stationaire karakter van FLOWCAL is voor de berekeningen de periode 17/9 t/m 21/11/1985 geselecteerd. Op grond van grondwaterstanden en polderpeilen zou tijdens deze periode de hoogste kwel kunnen worden verwacht. De variatie in de kwel is overigens van weinig betekenis (WIT en TE BEEST, 1988).
Uit het geautomatiseerde gegevensbestand zijn datafiles aangemaakt met de stijghoogten in de beschouwde periode. De waarden van deze files zijn geplot op kaarten met een topografische ondergrond, waarna isohypsenkaarten voor beide watervoerende pakketten zijn vervaardigd, Bijlage 8a en 8b. Op deze kaarten en de reeds genoemde kD-waardenkaarten (Bijlage 7a en 7b), alsmede polderpeilenkaarten is het netwerk gelegd en is per roosterpunt een waarde afgelezen. De afgelezen waarden zijn weer ingevoerd in datafiles. Voor gedetailleerde informatie over zowel de procedure betreffende de invoer als uitvoermogelijkheden van FLOWCAL wordt verwezen naar WIT en TE BEEST (1988).
Plaatselijk zijn na de berekeningsperiode polderpeilen gewijzigd, terwijl in het kader van ruilverkavelingen nog peilaanpassingen zullen plaatsvinden. In het algemeen worden de peilen verlaagd, waardoor een toename van de kwel mag worden verwacht. Voor de gebieden waar na 17/9/1985 peilen reeds zijn veranderd of in de toekomst nog zullen veranderen is de verandering in de kwel berekend (QUERNER, 1984).
De berekeningen zijn uitgevoerd in superpositie (Fig. 2). De gebruikte indeling in elementen is identiek aan die voor FLOWCAL. De invoer heeft betrekking op beschikbare kD-waarden, berekende hydraulische weerstanden van het afdekkend pakket en de 1e scheidende laag en drainageweerstanden, zoals deze in paragraaf 4.3.4 zijn bepaald.

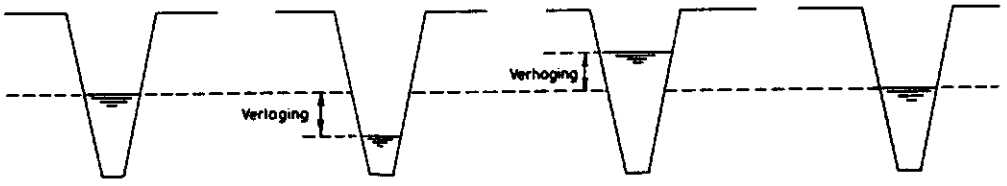


Fig. 2. Polderpeilwijzigingen in superpositie

De peilverlagingen leiden veelal tot een geringe toename van de kwel, deze is toegevoegd aan de eerder berekende waarde.
In Bijlage 9 is voor het studiegebied de kwel en wegzijging volgens een klassenindeling (Tabel 4) weergegeven.
Bij de naderhand te behandelen verzilting van de oppervlaktewateren zijn de kwelintensiteit en het chloridegehalte van het kwelwater beslissende factoren. In verband hiermee is voor de waterschappen afzonderlijk een gemiddelde waarde per klasse berekend.

Tabel 4. Overzicht van de onderscheiden klassen voor de kwel en wegzijging

Code kwelin-tensiteit	Klassebreedte		Gemiddelde waarde	
	kwel ($mm.d^{-1}$)	wegzijging ($mm.d^{-1}$)	kwel ($mm.d^{-1}$)	wegzijging ($mm.d^{-1}$)
1	0 -0,25	-	0,10(GO,VP,GW,IJS)	
		-	0,15(KR,AL)	
2	0,25-0,50	-	0,30(IJS)	
		-	0,35(GO,VP,AL)	
		-	0,40(GW)	
		-	0,50(KR)	
3	0,50-0,75	-	0,60(VP)	
		-	0,70(AL)	
		-	0,75(IJS)	
4	0,75-1,25	-	1,00(AL)	
5	1,25-1,75	-		
6	1,75-2,25	-		
7	-	0,0 -0,25		0,10(KR)
	-			0,20(AL)
		-		0,25(GO,VP,GW,IJS)
8	-	0,25-0,50		0,45(KR)
		-		0,50(AL)
9	-	0,50-1,00		

* Tussen ( ) is het waterschap aangegeven waar de gemiddelde waarde voorkomt

GO = Goeree-Overflakkee
VP = De Brielse Dijkring
GW = De Groote Waard, Tiengemeten, Merwelanden
IJS = IJsselmonde
KR = Krimpenerwaard, ged. Lopikerwaard
AL = Alblasserwaard en Vijfheerenlanden, gedeelte Polderdistrict Tieler- en Culemborgerwaarden

4.3.1.6. Toetsing van de berekende kwel

In de waterbalansen die de waterschappen zelf opstellen wordt kwel en wegzijging als restpost beschouwd. Aangezien echter gegevens over ingelaten hoeveelheden veelal ontbreken, is geen complete waterbalans te verkrijgen.
In het kader van de uitgevoerde deltawerken is door de toenmalige afdeling waterhuishouding van de Deltadienst over de jaren 1958 t/m 1974 een waterhuishoudkundige studie uitgevoerd in een vijftal in het studiegebied gelegen onderzoekspolders (HAMAKER, 1988; WIT en TE BEEST, 1988). Bij een vergelijking van de resultaten van de genoemde studie met die van het ICW-onderzoek dient te worden bedacht dat zowel de perioden van onderzoek, als de gebruikte methoden verschillen. In het algemeen zijn de door RWS berekende kwelwaarden hoger dan die uit het onderhavige onderzoek.

4.3.2. Slootafstand

Bij de samenstelling van de slootafstandenkaart is gebruik gemaakt van de waterstaatkundige kaarten, schaal 1 : 25 000. De gevolgde procedure voor de westelijk gelegen waterschappen - overwegend akkerbouwgebieden - komt hierop neer dat veelal per peilgebied als eerste fase de totale lengte aan sloten is bepaald. Indien rekening wordt gehouden met de oppervlakte van het betreffende peilgebied wordt een waarde voor de slootdichtheid in $m.m^{-2}$ verkregen. De reciproke waarde hiervan is gelijk aan de slootafstand. Aangezien in het kader van ruilverkavelingen en op eigen inititatief vanuit de agrarische sector veelal kavelsloten in meer of minder mate zijn of worden gedicht, is een recent beeld omtrent de slootafstand niet te verkrijgen zonder uitgebreide terreinverkenning. Aangezien de hiervoor benodigde tijd in het tijdbestek van het project niet beschikbaar was, is gekozen voor een gevoeligheidsanalyse. Daarnaast kan worden opgemerkt dat de kaart met slootafstanden aan de waterschappen is voorgelegd voor het inbrengen van zoveel mogelijk lokale kennis.
In het oostelijk deel van het studiegebied - het veenweidegebied - is het slotenpatroon overwegend regelmatiger. Hier worden veelal lange

aan elkaar evenwijdige sloten aangetroffen die met elkaar zijn verbonden door dwarssloten. Voor deze gebieden is van de waterstaatkundige kaarten op meer directe wijze een waarde te verkrijgen van de slootafstanden.
Voor de slootafstanden is een klasse-indeling gehanteerd, die in Tabel 5 is weergegeven. In Bijlage 10 is de verbreiding van de onderscheiden klassen aangegeven.

Tabel 5. Overzicht van de onderscheiden klassen voor de slootafstand

Code slootafstand	Klassebreedte (m)	Gemiddelde waarde (m)
1	30- 50	40
2	50- 70	60
3	70- 90	80
4	90-150	120
5	150-250	200
6	250-350	300

4.3.3. Polderpeil

Bij de indeling van het studiegebied in deelgebieden zijn per waterschap kaarten samengesteld met peilgebieden. Voor deze gebieden zijn gegevens over het polderpeil, eventueel winter- en zomerpeil, ten opzichte van NAP aangeleverd door de waterschappen en incidenteel door de provincie. In de betreffende kaarten zijn de huidige peilen - welke zijn gebruikt bij de eerder behandelde berekeningen met FLOWCAL - en de tijdens de onderzoeksperiode reeds veranderde of toekomstige peilen aangegeven.
Voor de berekening van de wateraanvoerbehoefte dienen in verband met de modelberekeningen de peilgegevens - zomersituatie - ten opzichte van NAP te worden omgerekend in hoogten ten opzichte van maaiveld. Daarbij is uitgegaan van gegevens over de terreinhoogte, welke voorko-

men op de topografische kaart, schaal 1 : 25 000, aangevuld met maaiveldshoogten bij boringen met peilbuizen. De zodoende verkregen polderpeilen ten opzichte van maaiveld zijn ingedeeld volgens een klasse-indeling welke in Tabel 6 is opgenomen. Bij de modelberekeningen zijn de gemiddelde waarden van de onderscheiden klassen gebruikt. In Bijlage 11 zijn de zomerpeilen volgens een klasse-indeling weergegeven.

Tabel 6. Overzicht van de onderscheiden klassen voor het polderpeil

Code polderpeil	Klassebreedte (cm-maaiveld)	Gemiddelde waarde (cm-maaiveld)
1	0- 25	20
2	25- 55	40
3	55- 85	70
4	85-115	100
5	115-145	130
6	145-175	160
7	175-205	190
8	205-235	220

Bij het voorkomen van zomer- en winterpeilen is niet alleen het tijdstip van belang waarop het zomer- of winterpeil wordt ingesteld, maar tevens het verschil tussen zomer- en winterpeil. De van de waterschappen verkregen informatie houdt in, dat in het algemeen in mei wordt overgegaan op zomerpeil en in oktober op winterpeil. In het programma voor de berekening van de aanvoerbehoefte wordt, gezien het mogelijk effect op de doorspoelbehoefte 1 april (10e decade) overgegaan op zomerpeil, mits de grondwaterstand dieper dan 1 m beneden maaiveld is bij polderpeilen dieper of gelijk aan 1.2 m en in de 27e decade op winterpeil.
Voor de verschillen tussen zomer- en winterpeil is een legenda opgesteld, die overeenkomt met de klasse-indeling in Tabel 7. In Bijlage 12 is de afwijking van het winterpeil weergegeven.

Tabel 7. Klasse-indeling voor het verschil tussen zomer- en winterpeil

Code peilverschil	Klassebreedte (cm)	Gemiddelde waarde (cm)
0	0- 1	0
1	1-15	10
2	15-25	20
3	25-35	30
4	35-45	40
5	45-55	50
6	55-65	60
7	65-75	70
8	>75	80

4.3.4. Infiltratieweerstand

De weerstand die optreedt bij infiltratie van slootwater in de bodem, kan volgens ERNST (1962) worden berekend met:

$$R_{in} = L_s R_r + \frac{L_s^2}{8kD}$$

waarin: R_{in} = infiltratieweerstand (d)
L_s = slootafstand (m)
R_r = radiale slootweerstand ($d.m^{-1}$)
kD = doorlaatvermogen van de doorstroomde laag ($m^2.d^{-1}$)

De vaststelling van waarden voor de infiltratieweerstand vraagt dus om gegevens over de slootafstand, de radiale slootweerstanden en het doorlaatvermogen van de van belang zijnde lagen.

In één van de voorgaande paragrafen is de bepaling van de slootafstanden behandeld.
De radiale slootweerstanden en met name het relevante doorlaatvermogen worden in belangrijke mate bepaald door de hydrologische eigenschappen van de ondergrond. Daar deze eigenschappen kunnen worden gerelateerd aan lithologische kenmerken, is als eerste fase een kaart van het onderzoeksgebied vervaardigd met de aangetroffen typen ondergrond tot een diepte van 5 m volgens onderstaande indeling (MASSOP, 1988):

- zand ondergrond
- zavel ondergrond
- veen ondergrond
- gerijpte klei ondergrond
- ongerijpte klei ondergrond

In de volgende fase zijn waarden voor R_r en kD toegekend aan de onderscheiden ondergronden. Hiervoor is, uitgaande van literatuurgegevens, een overzicht samengesteld van waarden voor een drietal ondergronden: zand, veen en gerijpte klei (MASSOP, 1988). De door MASSOP (1988) beschouwde profielen vertonen veel overeenkomst met de klei- en veengronden, die in het studiegebied voorkomen. Voor de zandondergronden is dit in mindere mate het geval. Voor de drie genoemde ondergronden is een waarde voor R_r en kD uit bovengenoemd overzicht afgeleid.
De kD-waarde van een ongerijpte kleiondergrond is globaal gelijkgesteld aan de halve waarde van die voor gerijpte klei. Tenslotte zijn voor een zavelondergrond waarden aangehouden welke liggen tussen die voor een zand- en kleiondergrond.
In Tabel 8 zijn de voor de aangetroffen ondergronden gebruikte waarden voor R_r en kD samengevat.

Tabel 8. Slootweerstanden en doorlaatvermogen van verschillende typen ondergrond

Type ondergrond	Slootweerstand ($d.m^{-1}$)	Doorlaatvermogen ($m^2.d^{-1}$)
zand	1	9,3
zavel	2	7,4
veen	2	3,5
gerijpte klei	3	5,5
ongerijpte klei	3	2,5

Met behulp van de slootafstandenkaart, de kaart met de typen ondergrond en de waarden die voor de radiale slootweerstand en het doorlaatvermogen zijn vastgesteld, is een kaart gemaakt waarop de infiltratieweerstand is aangegeven. De klasse-indeling die de legenda van deze kaart vormt, is vermeld in Tabel 9.

Tabel 9. Klassen voor de infiltratieweerstand

Code infiltratie-weerstand	Klassebreedte (d)	Gemiddelde waarde (d)
0	0 - 100	100
1	100 - 225	150
2	225 - 275	250
3	275 - 425	350
4	425 - 600	500
5	600 - 800	700
6	800 - 1200	1000
7	1200 - 2000	1600
8	2000 - 3000	2500

De gevolgde procedure bij het samenstellen van de kaart met infiltratieweerstanden komt hierop neer, dat voor de boven- en ondergrens van de infiltratieweerstandsklassen en de hydrologische gegevens van de ondergronden de boven- en ondergrens is bepaald van de slootafstand die binnen een bepaalde infiltratieweerstandsklasse valt (Tabel 10). Door combinatie van de kaarten met de slootafstanden per polder en de ondergronden en door gebruik te maken van Tabel 10 is de infiltratieweerstandenkaart verkregen, Bijlage 13 (MASSOP, 1988).

Tabel 10. Variatie in slootafstand per infiltratieklasse voor 5 ondergronden

Infiltratie-klasse (code)	1 zand	2 zavel	3 klei gerijpt	4 klei ongerijpt	5 veen
0	0- 57	0- 38	0- 28	0- 24	0- 32
1	57- 97	38- 71	28- 53	24- 44	32- 56
2	97-111	71- 82	53- 62	44- 50	56- 64
3	111-145	82-110	62- 86	50- 67	64- 85
4	145-177	110-138	86-109	67- 84	85-105
5	177-210	138-166	109-133	84-100	105-124
6	210-264	166-214	133-173	100-128	124-157
7	264-350	214-290	173-238	128-172	157-210
8		290-350	238-303	172-217	210-263

In het voorgaande is er reeds op gewezen dat het verkijgen van recente gegevens over met name de slootafstanden in de westelijk gelegen waterschappen een probleem vormt. De hier meest voorkomende slootafstanden liggen in de klassen 4, 5 en 6, voor de meest voorkomende ondergronden leidt dit tot de klassen 4 t/m 8 voor de infiltratieweerstand. Bij de naderhand uit te voeren berekeningen van de wateraanvoerbehoefte voor peilbeheer zal een gevoeligheidsanalyse worden uitgevoerd, waarbij het effect van een eventueel onjuist ingevoerde slootafstand op de wateraanvoer zal worden vastgesteld.

4.3.5. Afvoerweerstand

Bij afvoer - grondwaterstand boven slootpeil - kan de afvoer- of drainageweerstand met behulp van de formule van Hooghoudt worden opgesplitst in een diepe (R_d) en ondiepe drainageweerstand (R_o). De diepe drainageweerstand heeft betrekking op de bodemlaag onder slootpeil en

de ondiepe op de bodemlaag erboven. De diepe drainageweerstand R_d kan gelijk worden gesteld aan de infiltratieweerstand R_{in}. Een waarde voor de ondiepe drainageweerstand R_o is bepaald op grond van het criterium dat een afvoer van 10 mm.d^{-1} optreedt wanneer de grondwaterstand midden tussen de ontwateringsmiddelen het maaiveld raakt.
Bij de ondiepe drainageweerstand is onderscheid gemaakt tussen al dan niet gedraineerde percelen. Bij de beschrijving van het hydrologisch model voor de berekening van de aanvoerbehoefte zal meer uitgebreid op de afvoerweerstand worden teruggekomen (zie paragraaf 7.2.5.3.).

4.3.6. Het chloridegehalte van het kwelwater

Bij het in de vijftiger jaren uitgevoerde COLN-onderzoek is reeds vastgesteld dat op Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en in de Hoeksche Waard in meer of mindere mate verzilting van de polderwateren plaatsvindt door 'zout' kwelwater. De verzilting manifesteerde zich het meest duidelijk in het zuidelijk deel van Goeree-Overflakkee, grenzend aan De Grevelingen, door hoge chloridegehalten in het oppervlaktewater (SLIJKHUIS en HAMAKER, 1987).
De mate waarin verzilting optreedt wordt bepaald door twee factoren, namelijk de kwelintensiteit en het chloridegehalte van het kwelwater. In paragraaf 4.3.1. is reeds de berekening van de kwelintensiteit behandeld, zodat voor het bepalen van de chloridebelasting nog gegevens over het chloridegehalte van de kwel dienen te worden verkregen. Alvorens aandacht te besteden aan de wijze waarop deze gegevens zijn verzameld en geïnterpreteerd wordt er op gewezen dat de verzilting van de polderwateren geen stationair proces is. Deze gedachte zou namelijk kunnen ontstaan omdat uit de uitgevoerde hydrologische berekeningen volgt dat de kwelstroming bij benadering stationair is. Als gevolg hiervan vindt wel een vrij constante aanvoer van zout vanuit de ondergrond plaats naar de ondiepe bodemlagen, de afvoer van het zout uit deze bodemlagen naar de polderwateren wordt echter in belangrijke mate beïnvloed door de afvoer van het neerslagoverschot. Naderhand, in hoofdstuk 11, zal worden toegelicht op welke wijze dit proces is gemodelleerd.

Gegevens over het chloridegehalte van de kwel zijn op verschillende wijze verkregen, namelijk door:

- veldonderzoek
- bewerking isohalinenkaart
- extrapolatie resultaten veldonderzoek

Veldonderzoek

Op Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten is in de jaren 1985 en 1986 veldonderzoek uitgevoerd voor de bepaling van het chloridegehalte van het kwelwater (SLIJKHUIS en HAMAKER, 1987).
Uitgaande van een aantal hydrologische situaties - wel of geen afvoer naar de open watergangen - is hierbij verondersteld dat in het voorjaar wanneer een neerslagoverschot geleidelijk overgaat in een verdampingsoverschot het chloridegehalte van het grondwater onder slootbodem bij benadering gelijk is aan het chloridegehalte van het kwelwater.
De bemonsteringstechniek wordt toegelicht aan de hand van Fig. 3.
Er wordt gebruik gemaakt van 2 telescopische pvc-buizen.

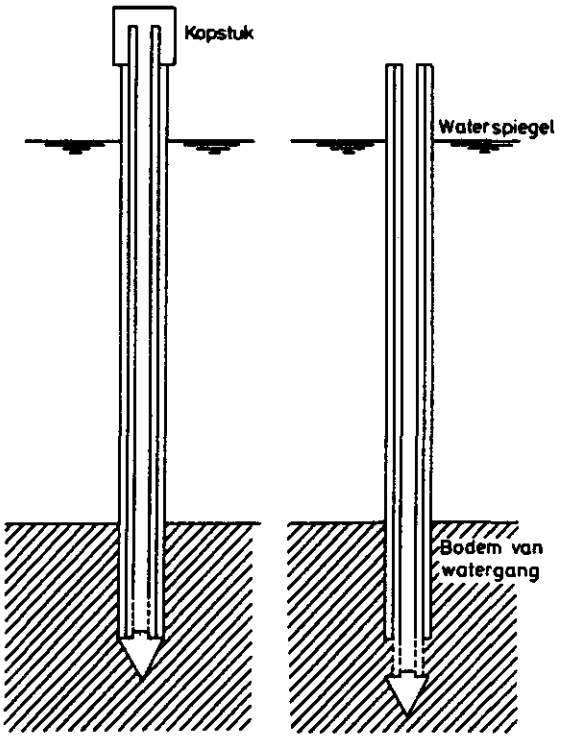


Fig. 3. Een schematische weergave van de bemonstering van grondwater onder slootbodem

De binnenste buis, welke 10 cm langer is, is aan de onderzijde voorzien van een perforatie over een lengte van 10 cm en verder aan de onderkant afgesloten met een houten punt. De diameter van deze punt is gelijk aan die van de buitenste buis. In volledig in elkaar geschoven stand worden de twee buizen met een kopstuk in de bodemlagen onder de slootbodem gedreven tot een diepte van ongeveer 50 cm. De binnenste buis wordt vervolgens nog 10 cm verder in de bodem gedrukt; door de vrijgekomen perforatie kan het grondwater ter plaatse de binnenste buis instromen, waarna een bemonstering kan worden uitgevoerd.
De bovenomschreven bemonstering is uitgevoerd op Goeree-Overflakkee (275 locaties) en op Voorne-Putten (95 locaties). Aan de verkregen watermonsters is in het laboratorium het chloridegehalte bepaald. Het gemeten chloridegehalte is toegekend aan het vak waarin het bemonsteringspunt is gelegen. In Tabel 11 is een overzicht gegeven van de aantallen vakken met gemeten chloridegehalten binnen de aangegeven grenzen. Er zijn in totaal 10 klassen onderscheiden.

Tabel 11. Aantallen vakken waarbinnen bemonstering van het grondwater plaatsvond, ingedeeld naar chloridegehalten

Aantal vakken				Chloridegehalte ($mg.l^{-1}$)	Codering
Goeree-Overflakkee		Voorne-Putten			
n	%	n	%		
26	(12)	6	(7)	<250	0
21	(19)	10	(11)	250 - 500	1
19	(9)	17	(19)	500 - 1 000	2
24	(11)	19	(21)	1 000 - 2 000	3
39	(18)	26	(29)	2 000 - 4 000	4
27	(13)	6	(7)	4 000 - 6 000	5
20	(10)	3	(3)	6 000 - 8 000	6
9	(4)	2	(2)	8 000 - 10 000	7
13	(6)	0	(0)	10 000 - 12 000	8
14	(7)	1	(1)	>12 000	9
212	(100)	90	(100)		

De chloridegehalten voor de niet bemonsterde vakken zijn berekend als gemiddelden van de chloridegehalten van de zes dichtstbijzijnde vakken

waar bemonstering heeft plaatsgevonden. De vakken stedelijk gebied en droog natuurterrein zijn buiten beschouwing gelaten. Het uiteindelijk resultaat is opgenomen in Tabel 12 en weergegeven in Bijlage 14. In deze bijlage wordt eveneens voor infiltratiegebieden een waarde aangegeven, het moge duidelijk zijn dat voor die gebieden wordt bedoeld het chloridegehalte van het grondwater op een bepaalde diepte.

Bewerking isohalinenkaart

Uit isohalinenkaarten kan een waarde worden afgeleid voor het chloridegehalte van de kwel; van belang hierbij is voor welke diepte de desbetreffende kaarten moeten worden beschouwd (WIT, 1974).
Voor geheel Goeree-Overflakkee en een deel van Voorne-Putten is uitgegaan van isohalinenkaarten voor het traject 20 tot 25 m -NAP (SLIJKHUIS en HAMAKER, 1987). Voor het vastleggen van het chloridegehalte op vakniveau is op de isohalinenkaart een kaart gelegd met het vakken-gridsysteem. Vervolgens is per vak een waarde voor het chloridegehalte van de isohalinenkaart afgelezen. Als gewogen gemiddelde is voor het chloridegehalte voor Goeree-Overflakkee een waarde verkregen van 5150 mg.l^{-1} en voor Voorne-Putten van 3200 mg.l^{-1}. Deze gehalten liggen respectievelijk een factor 1,3 en 1,5 hoger dan vergelijkbare waarden afgeleid uit Tabel 12: deze zijn namelijk 3950 en 2100 mg.l^{-1}.

Tabel 12. Aantallen vakken en procentuele oppervlakten met gemeten of berekende chloridegehalten met gemiddelde waarden voor de onderscheiden klassen

Goeree-Overflakkee*		Voorne-Putten*		Chloridegehalte (mg.l^{-1})	Gemiddelde (mg.l^{-1})	Codering
aantal vakken	% van totale oppervl.	aantal vakken	% van totale oppervl.			
23	3,0	5	0,9	<250	250	0
37	4,9	15	2,8	250 - 500	500	1
60	7,9	75	13,7	500 - 1 000	1000	2
114	15,0	240	44,0	1 000 - 2 000	1500	3
238	31,3	169	30,9	2 000 - 4 000	3000	4
144	18,9	28	5,1	4 000 - 6 000	5000	5
57	7,5	11	2,0	6 000 - 8 000	7000	6
41	5,4	2	0,4	8 000 - 10 000	9000	7
33	4,3	0	0,0	10 000 - 12 000	11000	8
14	1,8	1	0,2	>12 000	13000	9

*exclusief vakken stedelijk gebied en droog natuurterrein

De resultaten van het veldonderzoek, als vastgelegd in Bijlage 14, zijn op grond van het relatief grote aantal meetpunten en de recente periode gebruikt bij de berekening van de doorspoelbehoefte. Gezien de hogere afgeleide waarden voor het chloridegehalte van de kwel uit de isohalinenkaarten zou het mogelijk kunnen zijn dat de doorspoelingsbehoefte plaatselijk enigszins is onderschat.

Extrapolatie resultaten veldonderzoek

In de Hoeksche Waard zijn geen bemonsteringen uitgevoerd. Voor dat gebied is het chloridegehalte van de kwel gekwantificeerd, uitgaande van gegevens met betrekking tot de gehalten van het oppervlaktewater voor dat gebied en de voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten gevonden relatie tussen het chloridegehalte van de kwel en van het oppervlaktewater (SLIJKHUIS en HAMAKER, 1987).
In het resterend deel van het studiegebied is Bijlage 14 gecomplementeerd met gegevens, afgeleid uit isohalinenkaarten. In het algemeen is hier sprake van 'zoete' kwel of infiltratie.

4.3.7. Waterlopenstelsel

In de waterschappen Goeree-Overflakkee en De Brielse Dijkring wordt de doorspoelbehoefte berekend in verband met de verzilting van de polderwateren door min of meer 'zout' kwelwater (QUERNER, 1988).
Voor het uitvoeren van de berekeningen zijn onder meer gegevens nodig over het waterlopenstelsel, hierbij kan onderscheid worden gemaakt in twee soorten gegevens, namelijk:
- basis variabelen voor hydraulische berekeningen
- specifieke hydraulische gegevens en beperkingen

Basis variabelen

1. De waterlopen waardoor aan- en afvoer plaatsvindt.
2. Het profiel van de watergangen (breedte, diepte).
3. De dimensies van alle kunstwerken in een waterloop, die de stromingsweerstand beïnvloeden, zoals duikers en stuwen.
4. De capaciteit van gemalen, inlaat- en uitlaatwerken (eventueel Q(H)-relatie).
5. De waterstanden in de waterlopen (minimaal en maximaal en streefpeilen).
6. Watervolume in kavelsloten.

De hiervoor genoemde gegevens zijn zowel verkregen van de betreffende waterschappen als van de Landinrichtingsdienst en wel met name in die gebieden waar een ruilverkaveling in uitvoering is.

Specifieke hydraulische gegevens

1. De stromingsweerstand van het natte profiel.
2. De maximum toelaatbare stroomsnelheid.

4.4. BODEMKUNDIGE SITUATIE

4.4.1. Algemeen

De bodemkundige situatie omvat gegevens over de vochtleverantie van het bodemprofiel en wel gespecificeerd over het capillair geleidingsvermogen - bepalend voor de capillaire opstijging vanuit het freatisch vlak naar de wortelzone - en de hoeveelheid vocht die in de wortelzone en in de daaronder aanwezige onverzadigde bodemlagen voor opname door gewassen beschikbaar is.
Om tot een bodemfysische karakterisering van de gronden in het studiegebied te komen, dienen de profiel- en textuurkenmerken te worden geanalyseerd. De diepte waarover deze gegevens nodig zijn, is afhankelijk van de maximaal voorkomende grondwaterstandsdiepte. Deze is gesteld op 3 m, hetgeen betekent dat van de in het studiegebied voorkomende profielen de k(h)- en θ(h)-relatie, respectievelijk het verband tussen het capillair geleidingsvermogen en het vochtgehalte met de zuigspanning, tot deze diepte dient te worden beschouwd.

4.4.2. Herkomst van de gegevens

Het kaartmateriaal waaraan de bodemkundige gegevens zijn ontleend, betreft:

1a. Stibokakarteringen, schaal 1 : 50 000
- Goedereede 36
- Rotterdam 37 West en 37 Oost
- Gorinchem 38 West en 38 Oost
- Willemstad 43 West en 43 Oost
- Oosterhout 44 West (in voorbereiding)

1b. Stibokakarteringen t.b.v. Ruilverkavelingen en Uitbreidingsplannen
2. Geologische kaarten van Nederland, schaal 1 : 50 000
   - Goeree en Overflakkee
   - Rotterdam 37 West
   - Gorinchem 38 Oost
   - Willemstad 43 Oost

Voor gedetailleerde informatie over het gebruikte kaartmateriaal en wel in het bijzonder de Stibokakarteringen t.b.v. ruilverkavelingen en uitbreidingsplannen wordt verwezen naar het literatuuroverzicht van DE GRAAFF (1985). De bodemkaart verschaft informatie over het bodemprofiel tot 1.20 m - m.v., gegevens over de diepere bodemlagen zijn afgeleid uit de geologische kaarten en de karteringen van de Stiboka ten behoeve van ruilverkavelingen en uitbreidingsplannen.

4.4.3. Indeling in bodemfysische eenheden

De indeling in bodemfysische eenheden op basis van de bodemkundige gegevens beoogt een groepering van het relatief groot aantal enkelvoudige en samengestelde kaarteenheden, gecombineerd met uiteenlopende profielen voor de laag van 1.2 tot 3.0 m beneden maaiveld.
Voor de te verkrijgen groepen of bodemfysische eenheden dienen vergelijkbare waarden voor de capillaire vochtstroming en de vochthoudendheid te gelden. De intentie van de bovengenoemde groepering omvat met name een beperking van het aantal variabelen om rekentechnische reden.
In Bijlage 15 is de wijze waarop de indeling in bodemfysische eenheden is uitgevoerd schematisch stapsgewijs volgens een nummering aangegeven. In het volgende zal chronologisch aan het schema een toelichting worden gegeven. In eerste instantie worden de profielen onderscheiden in 2 zones, de boven- en ondergrond. Deze onderscheiding is zinvol, omdat ze meestal duidelijk verschillen in organisch stofgehalte en dichtheid. De bovengrond komt veelal overeen met de wortelzone, terwijl de ondergrond betrekking heeft op het gedeelte van het bodemprofiel tussen de wortelzone en de aangehouden diepte van 3 m.

Zowel de boven- als ondergrond kan uit meerdere bodemlagen bestaan, ook wel aangeduid als bouwstenen. Deze bouwstenen onderscheiden zich onderling door verschil in leem- of lutumgehalte, humusgehalte en voor het zand in het Mediaancijfer en/of de korrelgrootte-index.
Een analyse van de bodemkundige gegevens op grond van bovengenoemde kenmerken heeft geleid tot 33 basis-bouwstenen voor de bovengrond en 31 basis-bouwstenen voor de ondergrond (DE GRAAFF, 1985). Aan de verkregen bouwstenen zijn k(h)-relaties toegekend, waarbij zoveel mogelijk gebruik is gemaakt van gemeten waarden voor het capillair geleidingsvermogen aan soortgelijke bouwstenen. De capillaire eigenschappen van de in totaal 64 basis-bouwstenen zijn tot uitdrukking gebracht door berekening van de potentiële stijghoogte van een capillaire flux in een homogeen profiel, overeenkomend met één bouwsteen (Fig. 4)

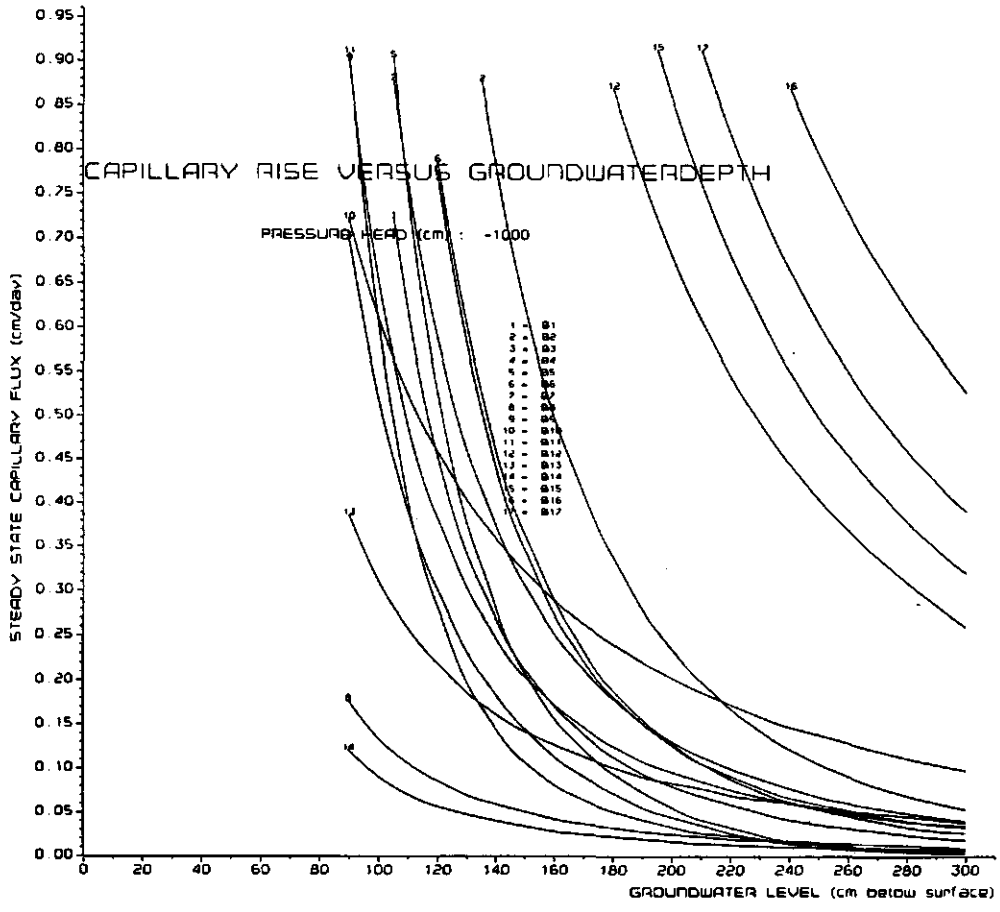


Fig. 4. Berekende capillaire flux in een aantal basis-bouwstenen

(WESSELING e.a., 1984). Een beperkt aantal bouwstenen, waarvan de k(h)-relatie volgens de methode 'Bloemen' (DE GRAAFF, 1985a) is berekend, gaven zeer hoge waarden voor de capillaire flux ten opzichte van vergelijkbare bouwstenen, waarvan de k(h)-relatie is gemeten. Mede op grond hiervan zijn deze basis-bouwstenen buiten beschouwing gelaten en zijn in plaats hiervan basis-bouwstenen gebruikt, die wat textuurkenmerken betreft, het beste met deze overeenkomen en waarvan meetgegevens over de k(h)-relatie beschikbaar waren.
Voor de 25 resterende basis-bouwstenen voor de bovengrond en de 29 overgebleven basis-bouwstenen voor de ondergrond zijn de vochtkarakteristieken vastgesteld op basis van beschikbare gegevens van soortgelijke bouwstenen.
Alle profielen van de enkelvoudige bodemkaarteenheden zijn opgebouwd uit de tot dusver verkregen basis-bouwstenen.
Het profiel van een samengestelde bodemkaarteenheid is verkregen uit de afzonderlijke kaarteenheden, waarbij voor de samengestelde basis bouwstenen voor de k(h)- en θ(h)-relatie het rekenkundig gemiddelde is genomen van de basis-bouwstenen (BLOEMEN, 1982; DE GRAAFF, 1985). Het aantal samengestelde basis-bouwstenen voor de samengestelde bodemkaarteenheden bedraagt voor de bovengrond 19 en voor de ondergrond 51.
De volgende aktiviteit betreft de vaststelling van het aantal enkelvoudige en samengestelde kaarteenheden in het studiegebied; volgens de bodemkaart is dit 146. Dit aantal is op basis van voornamelijk textuurkenmerken gereduceerd tot 91 representatieve kaarteenheden.
Eigenschappen, die voor het capillair geleidingsvermogen minder essentieel zijn, zijn niet meer onderscheiden. Bodemlagen met dezelfde textuur kenmerken, maar met verschillend humusgehalte zijn bijeengevoegd. De dikte van deze lagen mag ten hoogste 20 cm verschillen. Bij het samenvoegen van een aantal profielen tot een representatieve kaarteenheid is rekening gehouden met de oppervlakte, die de betreffende kaarteenheden vertegenwoordigen. In Tabel 13 is een voorbeeld gegeven van de samenvoeging van (samengestelde) kaarteenheden tot één representatieve kaarteenheid. Voor gedetailleerde informatie over de profielopbouw van de verkregen representatieve kaarteenheden wordt verwezen naar DE GRAAFF (1985).
Op basis van de informatie uit de geologische kaart of andere karteringen zijn de representatieve kaarteenheden geëxtrapoleerd tot een

diepte van 3 m of er is een andere ondergrond aan toegevoegd. In totaal zijn 13 verschillende ondergronden voor de laag van 1,2 tot 3,0 m onderscheiden. De aktiviteit heeft geleid tot 221 profielen die zijn opgebouwd uit 54 basis-bouwstenen en 70 samengestelde basis-bouwstenen.

Tabel 13. Bijeenvoeging van bodemkaarteenheden op basis van textuurkenmerken en humusgehalte

cm-mv	pMn52A	Rn62C	Rn6*
10-	matig lichte zavel 5%H	matig lichte zavel 5%H	matig lichte zavel 5%H
20-			
30-	matig lichte zavel 1,5%H	matig lichte zavel 1%H	matig lichte zavel 1%H
40-			
50-	leemarm zeer fijn zand 1%H		
60-		leemarm zeer fijn zand 1%H	leemarm zeer fijn zand 1%H
70-			

*(representatieve kaarteenheid)

Indien een representatieve kaarteenheid voorkomt met verschillende ondergrond - laag 1,2 tot 3,0 m - is hiervan de capillaire opstijging afzonderlijk vastgesteld (DE GRAAFF, 1985a; 1985). Tevens werd de invloed van de vochtkarakteristiek hierop vastgesteld volgens REULING (1983). De laatste berekeningen zijn uitgevoerd om na te gaan of de samenvoeging van een aantal profielen op basis van de berekeningen met CAPSEV is toegestaan. Op grond van de uitgevoerde berekeningen is het aantal profielen van 221 teruggebracht tot 114 (DE GRAAFF, 1985).

In Fig. 5 is als voorbeeld hiervan de capillaire flux berekend voor 1 representatieve kaarteenheid met 5 verschillende ondergronden. Op basis van de spreiding in de potentiële stijghoogte van de capillaire flux zijn de eerste 4 profielen samengevoegd, waarbij Rn61 als representatief profiel van deze groep is beschouwd.
De 114 resterende profielen zijn op dezelfde basis vergeleken als in Fig. 5. Op basis van de spreiding in de grondwaterstandsdiepte bij een flux van 1,0 mm.d^{-1} heeft vervolgens een indeling plaatsgevonden in 10 profielgroepen.

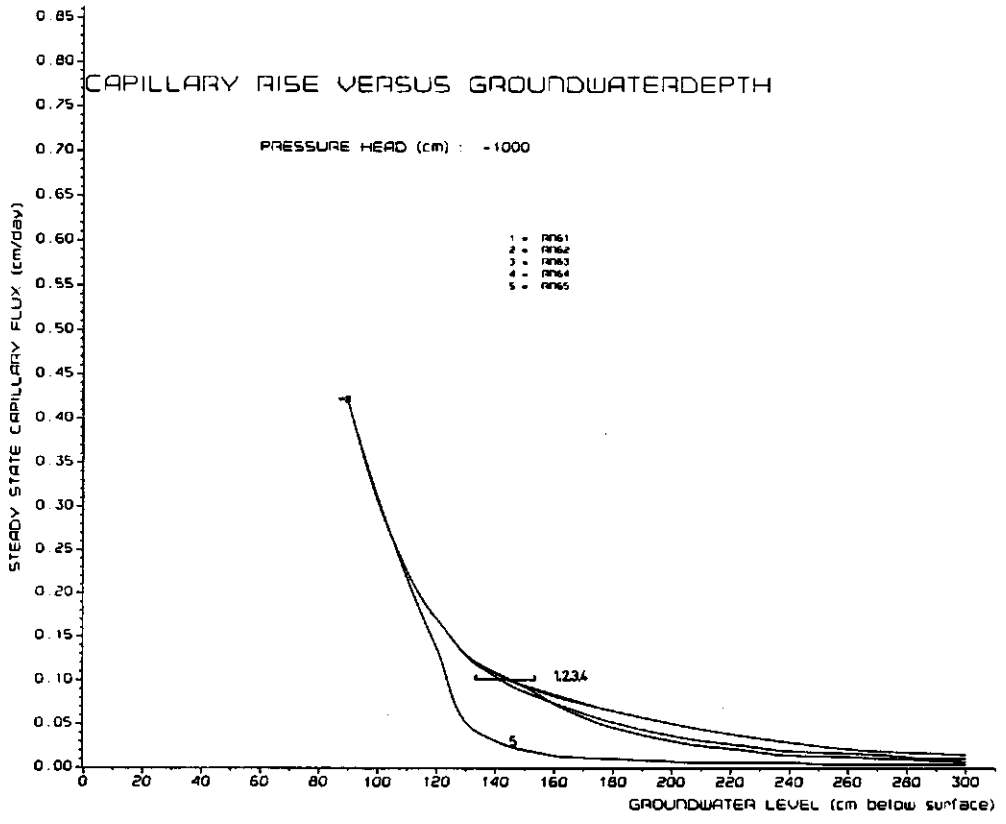
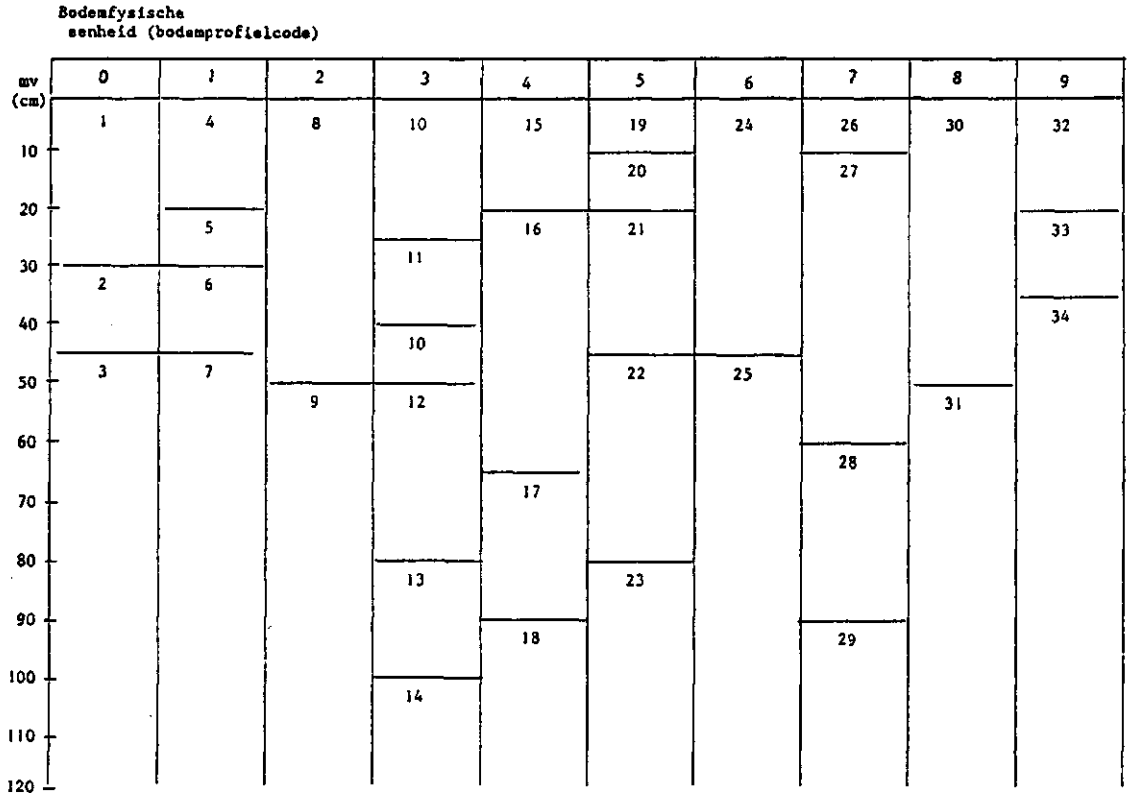


Fig. 5. Berekende capillaire flux in 1 representatieve kaarteenheid gecombineerd met 5 typen ondergrond

In Bijlage 16 is aangegeven welke enkelvoudige en samengestelde kaarteenheden met verschillende ondergronden in deze groepen of bodemfysische eenheden voorkomen, terwijl in Bijlage 17 de verbreiding geschematiseerd is weergegeven.
Voor elke profielgroep is een representatief profiel samengesteld, voor de onderscheiden bodemlagen is het gewogen gemiddelde bepaald van de k(h)- en θ(h)-waarden van de profielen in de profielgroep op grond van de oppervlakte van de desbetreffende profielen.
In Tabel 14 is de verkregen indeling voor de 10 bodemfysische eenheden in 34 bouwstenen weergegeven. De voor deze bouwstenen verkregen k(h)- en θ(h)-waarden zijn gegeven in Tabel 15.

Tabel 14. Opbouw bodemfysische eenheden met bouwsteennummer



Tabel 15. Doorlatendheid k(cm.d-¹) en vochtgehalte θ(cm³.cm-³) voor 13 standaardwaarden van de zuigspanning h(cm)

bouw-steen	-h(cm) 0	10	20	31	50	100	250	500	1000	2500	5000	10000	16000
1	785.9	2.5	1.9	0.67	0.21	0.04	5.8E-3	1.7E-3	5.8E-4	2.3E-4	1.1E-4	5.2E-5	3.1E-5
	0.385	0.384	0.380	0.375	0.366	0.345	0.299	0.263	0.218	0.179	0.158	0.137	0.126
2	90.29	9.89	2.86	1.1	0.46	0.12	0.023	7.2E-3	2.0E-3	4.7E-4	1.4E-4	4.8E-5	2.2E-5
	0.416	0.364	0.356	0.346	0.327	0.299	0.247	0.215	0.192	0.167	0.150	0.133	0.118
3	104.8	6.67	3.85	1.84	1.23	0.27	0.017	4.8E-3	1.6E-3	4.2E-4	1.4E-4	4.7E-5	2.2E-5
	0.393	0.330	0.321	0.310	0.298	0.256	0.190	0.167	0.147	0.130	0.117	0.105	0.096
4	1530	32.71	10.13	3.14	0.8	0.12	1.1E-2	2.6E-3	7.2E-4	2.0E-4	8.6E-5	3.3E-5	1.6E-5
	0.465	0.445	0.437	0.428	0.383	0.283	0.230	0.193	0.164	0.140	0.117	0.096	0.083
5	1514	5.58	4.38	1.92	0.87	0.34	1.0E-2	2.3E-3	7.1E-4	2.2E-4	9.0E-5	3.4E-5	1.6E-5
	0.413	0.363	0.356	0.346	0.333	0.277	0.189	0.152	0.132	0.113	0.097	0.080	0.073
6	28.79	17.17	5.51	2.21	1.10	0.4	1.9E-2	5.7E-3	8.1E-4	1.2E-4	2.8E-5	6.7E-6	2.7E-6
	0.389	0.329	0.321	0.311	0.290	0.241	0.164	0.127	0.111	0.098	0.092	0.081	0.069
7	31.32	5.35	3.63	1.63	1.01	0.35	6.8E-3	4.8E-4	1.3E-4	3.8E-5	1.3E-5	4.2E-6	2.4E-6
	0.338	0.239	0.231	0.221	0.211	0.155	0.070	0.040	0.027	0.026	0.024	0.021	0.020
8	44.62	1.04	0.61	0.12	7.2E-2	1.1E-2	2.0E-3	8.1E-4	3.2E-4	1.9E-4	8.6E-5	4.4E-5	3.1E-5
	0.510	0.485	0.480	0.475	0.470	0.460	0.427	0.391	0.336	0.286	0.257	0.228	0.211
9	13.61	4.47	2.77	0.8	0.33	2.4E-2	2.2E-3	6.3E-4	2.4E-4	9.2E-5	4.0E-5	1.7E-5	1.0E-5
	0.620	0.571	0.562	0.554	0.544	0.512	0.420	0.367	0.325	0.284	0.253	0.226	0.208
10	51.10	17.18	5.83	2.22	0.67	7.3E-2	5.9E-3	1.6E-3	6.4E-4	2.3E-4	1.1E-4	5.3E-5	4.0E-5
	0.471	0.427	0.414	0.401	0.373	0.310	0.246	0.206	0.167	0.139	0.118	0.102	0.090
11	40.38	6.25	3.83	1.74	0.6	7.1E-2	4.7E-3	7.7E-4	2.6E-4	1.1E-4	4.5E-5	2.1E-5	1.3E-5
	0.492	0.432	0.424	0.415	0.402	0.364	0.292	0.235	0.207	0.176	0.154	0.136	0.124
12	246.9	10.38	6.66	3.06	1.92	0.38	6.1E-3	1.3E-3	2.7E-4	8.4E-5	3.2E-5	1.2E-5	6.6E-6
	0.494	0.431	0.422	0.411	0.399	0.345	0.248	0.212	0.185	0.164	0.146	0.131	0.120
13	92.86	10.78	4.4	1.83	1.56	0.35	6.9E-3	1.7E-3	4.2E-4	1.4E-4	5.7E-5	2.2E-5	1.3E-5
	0.472	0.399	0.390	0.380	0.369	0.326	0.249	0.218	0.193	0.171	0.153	0.135	0.123
14	65.57	5.03	0.51	0.15	5.7E-2	1.3E-2	4.6E-3	1.9E-3	8.8E-4	3.2E-4	1.4E-4	7.3E-5	3.4E-5
	0.607	0.562	0.551	0.541	0.529	0.506	0.475	0.428	0.336	0.298	0.267	0.237	0.218
15	216.9	0.36	0.085	0.041	1.9E-2	4.2E-3	1.3E-3	5.9E-4	3.4E-4	1.8E-4	1.1E-4	6.1E-5	4.3E-5
	0.461	0.376	0.368	0.360	0.353	0.345	0.333	0.307	0.210	0.160	0.141	0.123	0.111
16	230	0.5	0.36	0.23	0.13	8.0E-2	1.6E-2	5.5E-3	1.9E-3	2.5E-4	1.0E-4	2.3E-5	2.0E-5
	0.458	0.441	0.430	0.425	0.418	0.402	0.345	0.300	0.262	0.235	0.218	0.200	0.190
17	160	4.2	1.4	0.7	0.35	1.2E-1	2.9E-2	9.0E-3	3.1E-3	8.0E-4	2.6E-4	9.0E-5	4.2E-5
	0.400	0.360	0.348	0.335	0.320	0.290	0.252	0.230	0.210	0.185	0.166	0.148	0.135
18	17.38	2.57	2.15	1.66	1.50	1.20	8.7E-3	5.0E-4	8.7E-5	1.6E-5	3.3E-6	1.0E-6	1.0E-7
	0.349	0.227	0.220	0.211	0.201	0.152	0.072	0.041	0.028	0.026	0.024	0.021	0.020
19	92.93	0.62	0.22	0.057	0.03	0.01	4.0E-3	2.2E-3	1.1E-3	4.0E-4	2.8E-4	1.4E-4	9.1E-5
	0.604	0.559	0.541	0.525	0.507	0.470	0.412	0.363	0.320	0.276	0.243	0.212	0.193
20	79.3	2.65	0.55	0.24	0.1	0.034	0.01	4.4E-3	2.2E-3	8.3E-4	4.4E-4	2.2E-4	1.5E-4
	0.597	0.562	0.545	0.530	0.508	0.465	0.378	0.323	0.282	0.239	0.211	0.183	0.165
21	60.74	1.77	0.93	0.255	0.12	0.025	8.2E-3	2.7E-3	1.2E-3	5.2E-4	2.8E-4	1.3E-4	8.2E-5
	0.702	0.669	0.662	0.656	0.640	0.611	0.533	0.484	0.413	0.359	0.321	0.285	0.264
22	11.74	1.77	0.94	0.3	0.15	0.04	9.8E-3	2.3E-3	7.5E-4	1.8E-4	6.3E-5	2.2E-5	1.1E-5
	0.612	0.578	0.572	0.566	0.556	0.536	0.490	0.446	0.377	0.326	0.288	0.255	0.232
23	130.7	1.62	1.01	0.33	0.16	5.3E-2	1.3E-2	3.5E-3	1.0E-3	2.2E-4	8.1E-5	2.6E-5	1.7E-5
	0.661	0.634	0.625	0.618	0.607	0.582	0.518	0.471	0.399	0.351	0.317	0.285	0.266
24	11.48	1.445	0.87	0.213	0.08	0.029	5.0E-3	9.9E-4	1.6E-4	7.7E-5	4.0E-6	1.0E-6	1.0E-9
	0.426	0.330	0.327	0.323	0.309	0.290	0.222	0.183	0.154	0.127	0.108	0.093	0.083
25	64.57	12.25	8.59	4.34	3.35	0.72	4.4E-3	9.0E-4	2.1E-4	4.7E-5	1.3E-5	3.0E-6	1.0E-6
	0.438	0.372	0.367	0.360	0.349	0.290	0.183	0.152	0.138	0.124	0.112	0.101	0.093
26	19.65	0.73	0.4	0.11	5.0E-2	1.6E-2	5.0E-3	2.3E-3	1.1E-3	3.6E-4	1.7E-4	7.9E-5	4.6E-5
	0.601	0.546	0.537	0.528	0.518	0.493	0.445	0.406	0.372	0.334	0.304	0.272	0.253
27	209.6	0.31	0.14	4.4E-2	2.1E-2	7.6E-3	2.7E-3	1.4E-3	7.6E-4	3.2E-4	1.8E-4	9.8E-5	6.7E-5
	0.517	0.466	0.458	0.451	0.443	0.432	0.410	0.379	0.335	0.294	0.266	0.238	0.221
28	11.73	7.4E-2	4.3E-2	9.8E-3	7.4E-3	4.7E-3	2.6E-3	1.2E-3	5.9E-4	2.6E-4	1.3E-4	6.4E-5	4.1E-5
	0.582	0.555	0.552	0.549	0.544	0.535	0.511	0.483	0.450	0.411	0.378	0.343	0.321
29	67.76	14.96	4.45	0.99	0.16	1.0E-2	1.9E-3	7.2E-4	3.6E-4	1.5E-4	7.2E-5	3.4E-5	2.1E-5
	0.709	0.653	0.638	0.624	0.591	0.552	0.505	0.466	0.427	0.382	0.347	0.312	0.289
30	66.17	1.028	0.62	0.14	0.07	1.6E-2	2.6E-3	8.1E-4	4.3E-4	2.2E-4	1.3E-4	7.0E-5	4.9E-5
	0.395	0.366	0.362	0.358	0.353	0.348	0.332	0.302	0.240	0.195	0.176	0.158	0.148
31	16.22	3.62	3.32	1.07	0.44	3.1E-2	2.0E-3	3.6E-4	1.0E-4	2.9E-5	9.9E-6	3.0E-6	1.0E-6
	0.471	0.434	0.428	0.422	0.418	0.390	0.269	0.210	0.170	0.139	0.117	0.100	0.090
32	10	1.79	0.93	0.28	0.11	3.2E-2	8.4E-3	1.9E-3	6.8E-4	2.5E-4	1.3E-4	4.9E-5	3.2E-5
	0.597	0.575	0.559	0.541	0.519	0.465	0.361	0.281	0.237	0.200	0.180	0.166	0.145
33	12.07	1.85	1.11	0.28	0.11	1.4E-2	3.2E-3	1.4E-3	6.8E-4	2.5E-4	1.2E-4	5.3E-5	3.1E-5
	0.716	0.674	0.666	0.657	0.645	0.615	0.559	0.508	0.463	0.413	0.374	0.337	0.313
34	81.27	3.35	1.46	0.37	0.17	2.8E-2	9.1E-3	1.6E-3	6.1E-4	2.1E-4	7.5E-5	3.5E-5	1.7E-5
	0.828	0.788	0.782	0.772	0.756	0.724	0.659	0.612	0.516	0.451	0.402	0.359	0.332

NB. 8.7 E-3 betekent 0.0087

4.4.4. Dikte van de wortelzone

Voor de verschillende bodemgebruiksvormen zijn waarden vastgesteld voor de effectieve bewortelingsdiepte (Tabel 16). Dit is de zone, waarbinnen het wortelstelsel en de vochtonttrekking door het gewas zijn geconcentreerd.

Tabel 16. Dikte van de effectieve wortelzone bij de onderscheiden bodemgebruiksvormen

Bodemgebruiksvorm		Dikte van de wortelzone
code	omschrijving	
0, 1, 2, 4, 8	-	niet van toepassing
3, 5	recreatief terrein en grasland	25 cm
6	granen	60 cm
7	aardappelen, bieten vollegrondstuinbouw	40 cm
9	bloembollen	30 cm

Een toename van de dikte van de wortelzone gedurende het groeiseizoen kon niet in de berekeningen worden meegenomen. In verband hiermede is gekozen voor bewortelingsdiepten, die bij benadering aan het eind van het groeiseizoen voorkomen.

4.4.5. Scheurvorming in kleigronden

In krimpgevoelige gronden - in het algemeen zware kleiprofielen - kan bij uitdroging scheurvorming optreden, dit proces is van belang voor het bovenste deel van het bodemprofiel tot een diepte van 50 à 100 cm beneden maaiveld. Door de aanwezigheid van scheuren zal een deel van de neerslag en bij beregening eveneens een deel van de beregeningsgift direct afstromen naar het grondwater vlak zonder de onverzadigde zone te bevochtigen. De betreffende hoevelheid komt hierdoor in eerste instantie niet beschikbaar voor het gewas. In het onder-

zoeksgebied komen krimpgevoelige gronden voor. De gevolgen van de scheurvorming zijn in het programma voor de berekening van de wateraanvoerbehoefte gemodelleerd door voor bepaalde decades een percentage vast te stellen in verband met een directe afvoer naar het grondwater. Dit komt op het volgende neer:

10e t/m 12e decade (april)	: 10%
13e t/m 24e decade (mei t/m augustus)	: 20%
25e t/m 27e decade (september)	: 10%
28e t/m 9e decade (oktober t/m maart)	: 0%

Door MASSOP (1988) zijn uit de representatieve kaarteenheden de profielen geselecteerd, waarbij tussen maaiveld en 1,0 m beneden maaiveld een laag voorkomt die is samengesteld uit matig zware en/of zware klei. Vervolgens zijn hieruit alle profielen onderscheiden, waarbij een matig zware en/of zware kleilaag tot aan het maaiveld reikt. Daar het humusgehalte mede bepalend is bij scheurvorming zijn profielen met een humusgehalte van meer dan 10% buiten beschouwing gelaten. Het blijkt dat met name in de profielgroep van bodemfysische eenheid 7 veel krimpgevoelige representatieve kaarteenheden voorkomen (MASSOP, 1988). Voor de bodemfysische eenheden 2 en 8 is dit in mindere mate het geval. In het programma voor de berekening van de aanvoerbehoefte is derhalve alleen voor de bodemfysische eenheid 7 rekening gehouden met een directe afvoer naar het grondwater volgens een in het voorgaande aangegeven criterium.

4.5. METEOROLOGISCHE SITUATIE

4.5.1. Neerslag

In Fig. 6 is de topografische spreiding gegeven van de gemiddelde neerslagjaarsom over de periode 1941 - 1970 (BUISHAND en VELDS, 1980). Uit deze figuur blijkt, dat globaal genomen, de westelijk gelegen gebieden vallen in de klasse van een gemiddelde jaarsom van 700 tot 750 mm en de oostelijke gebieden in de klasse van 750 - 800 mm.

In elk van de twee gebieden werd een station gekozen dat dit regime kan representeren. Als praktische voorwaarde gold tevens dat er zo goed als ononderbroken waarnemingsreeksen beschikbaar moesten zijn die met automatische apparatuur moesten kunnen worden bewerkt. De keuze viel op de stations Dirksland en Barendrecht waarvan decadegegevens over de jaren 1937 t/m 1986 konden worden samengesteld.

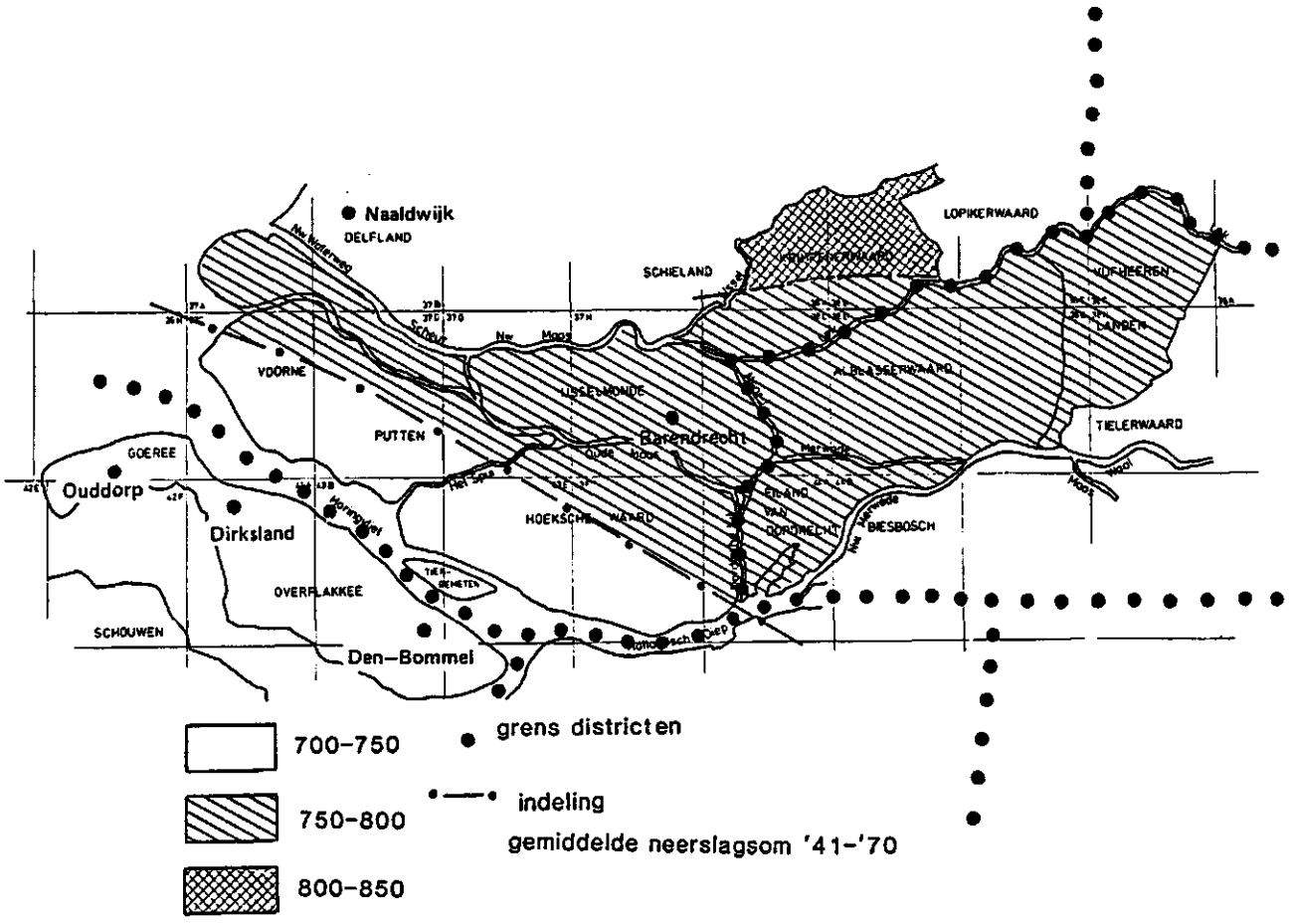


Fig. 6. Indeling districten en topografische spreiding van de gemiddelde neerslagsom '41-'70 (BUISHAND en VELDS, 1980)

Gegevens van het station Dirksland zijn gebruikt voor:

- Waterschap Goeree-Overflakkee
- Waterschap De Brielse Dijkring (Voorne Putten)
- Waterschap De Groote Waard (Hoeksche Waard)

Gegevens van het station Barendrecht zijn gebruikt voor:

- Waterschap IJsselmonde
- Waterschap De Groote Waard (Eiland van Dordrecht)
- Waterschap Krimpenerwaard
- Hoogheemraadschap Alblasserwaard en Vijfheerenlanden

Aangezien de gegevens voor de twee stations niet geheel compleet waren, zijn voor enkele ontbrekende perioden gegevens ontleend aan de stations Den Bommel en Ouddorp. Zo is voor de eerste vier maanden van 1937 voor het station Barendrecht de neerslag genomen van Den Bommel en is voor het station Dirksland voor de jaren 1937 en 1938 alsmede februari 1949 gebruik gemaakt van Den Bommel en voor december 1944 van Ouddorp.

4.5.2. Verdamping

Bij de berekening van de verdamping van de diverse gewassen is uitgegaan van decadesommen van de open waterverdamping zoals die door het KNMI voor het station Naaldwijk zijn berekend.
De gegevens over de open waterverdamping die in de berekeningen zijn gebruikt, hebben eveneens betrekking op de periode 1937 t/m 1986.

4.5.3. Globale straling

Bij de berekening van de verdamping van de tuinbouwgewassen onder glas is uitgegaan van gegevens over de decadesommen voor de globale straling op het station Naaldwijk. Daar de betreffende gegevens over de gehele onderzoeksperiode 1937 t/m 1986 niet compleet waren, kan bij de vaststelling van de gebruikte stralingscijfers zowel een onderscheid worden gemaakt in een aantal tijdvakken als in de wijze waarop deze zijn verkregen. In het volgende zal dit nader worden toegelicht.

- Tijdvak 1937 tot en met 1957
  zomerhalfjaar (decade 10 t/m 27)
  Voor deze periode zijn de cijfers gebruikt van het
  Voortgezet Onderzoek Kanaal Waddinxveen-Voorburg (1981)
  winterhalfjaar (decade 1 t/m 9 en 28 t/m 36)
  De globale straling is berekend uit de open waterverdamping
  van het station Naaldwijk volgens:

$S_N = a\ E_{o_N} + b$ (empirische relatie)

waarin: S_N = voor Naaldwijk berekende globale straling in een decade ($J.cm^{-2}$)

E_{o_N} = voor Naaldwijk berekende open waterverdamping in een decade (mm)

a = factor ($J.cm^{-2}.mm^{-1}$)

b = constante ($J.cm^{-2}$)

De coëfficiënten a en b zijn door middel van regressieberekeningen vastgesteld. Hiervoor werden gebruikt: gemeten waarden van de open waterverdamping en de globale straling uit de periode 1958 t/m 1985, en wel voor twee combinaties van maanden, te weten februari, maart en oktober (Fig. 7 links) en november t/m januari (Fig. 7 rechts).
Om aan te geven dat de relatie niet als fysisch deterministisch verband is opgevat, is in de figuren het gebied ingetekend waarbinnen, volgens de berekeningen en onder aanname van normaal verdeeld zijn, 90% van de voorkomende gevallen te verwachten is.

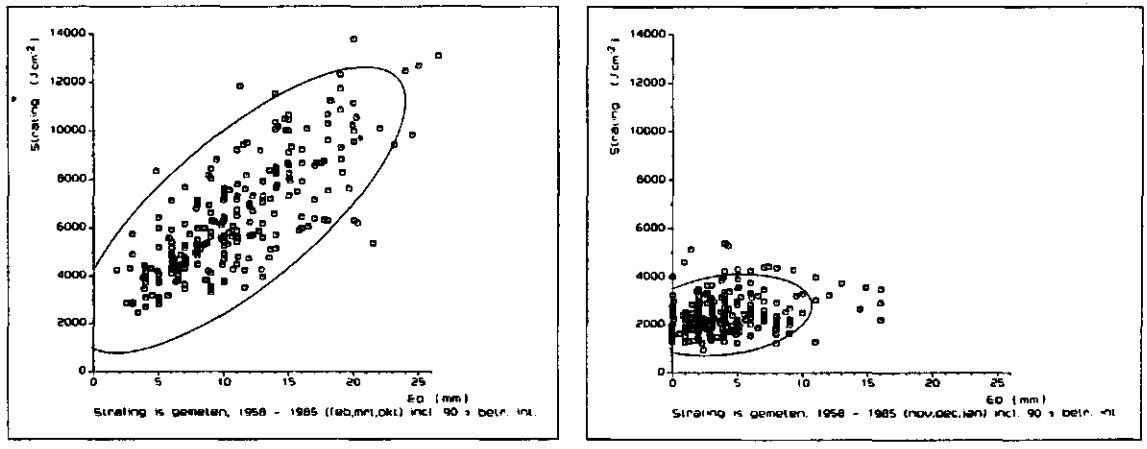


Fig. 7. Het verband tussen gemeten globale straling en gemeten open waterverdamping
links: februari, maart, oktober;
rechts: november, december, januari (1958 t/m 1985)

Om, behalve de lineaire relatie, ook de spreiding rond de regressie lijn, zoals deze uit de metingen blijkt, te reconstrueren is gebruik gemaakt van de methode zoals is beschreven door STOL (1973).

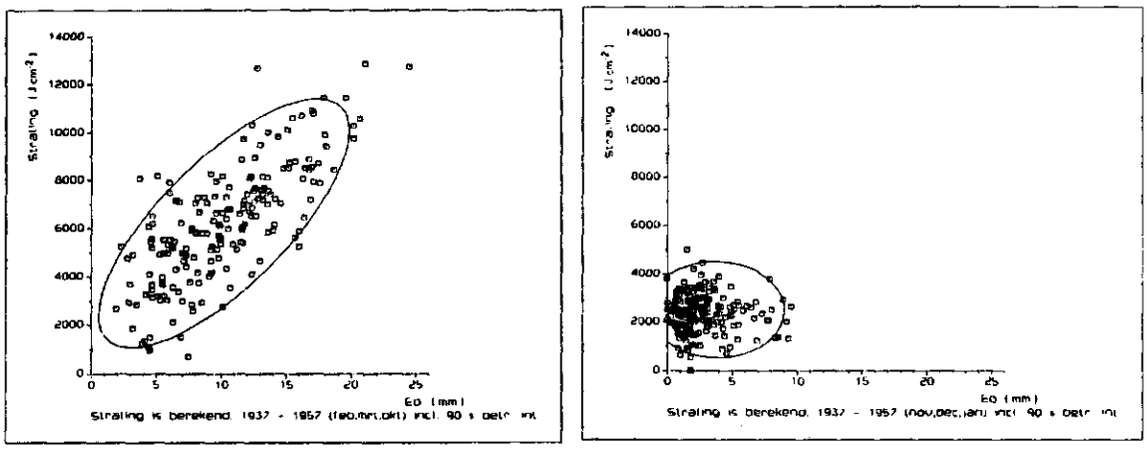


Fig. 8. Het verband tussen berekende globale straling en gemeten open waterverdamping
links: februari, maart, oktober;
rechts: november, december, januari (1937 t/m 1957)

Het resultaat, inclusief de hiervoor berekende 90% gebieden, wordt gegeven in Fig. 8. Hierbij kan worden gewezen op de overeenkomst met de beide vorige figuren, die vooral duidelijk is voor die maanden waar de gemeten waarden groter zijn (linker figuur).

- tijdvak 1958 tot en met 1970
  De straling is berekend uit meetcijfers van De Bilt volgens:

$$S_N = a\ S_B + b \qquad \text{(empirische relatie)}$$

waarin: S_N = voor Naaldwijk berekende straling in een decade ($J.cm^{-2}$)
S_B = gemeten straling De Bilt ($J.cm^{-2}$)
a = factor
b = constante ($J.cm^{-2}$)

De regressie parameters a en b zijn berekend via lineaire regressie op meetcijfers van De Bilt en Naaldwijk uit de periode 1971 t/m 1985. Voor elke maand zijn de coëfficiënten a en b apart berekend.

- tijdvak 1971 tot en met 1986
  Voor deze periode waren meetcijfers van het station Naaldwijk beschikbaar.

4.6. DOORSPOELING VAN DE POLDERWATEREN

4.6.1. Toelaatbare chloridegehalte van het polderwater

Het maximaal toelaatbare chloridegehalte van het polderwater is afhankelijk van het bodemgebruik. In Tabel 17 zijn de vermelde normen hieromtrent ontleend aan het Voortgezet Onderzoek Kanaal Waddinxveen - Voorburg (1981). Voor bepaalde teelten (zeer gevoelige gewassen) en of teeltvormen (glasteelten in beperkt bewortelbaar volume) worden lagere chloridegehalten (ca. 50 mg.l^{-1}) wenselijk geacht. Deze waarden zijn in Zuid-Holland in het algemeen voor het oppervlaktewater niet te realiseren. In die gevallen zal water uit andere bronnen moeten worden betrokken, zoals het gebruik van regenwater of drinkwater, mits van voldoende laag chloridegehalte.

Tabel 17. Maximaal toelaatbaar chloridegehalte van het oppervlaktewater bij de onderscheiden vormen van bodemgebruik

Bodemgebruik		Toelaatbaar gehalte (mg.l^{-1})
code	omschrijving	
3	recreatief terrein	600
4	open water	
5a	grasland	
6	bouwland	
7a	aardappelen/bieten	
5b	pit- en steenvruchten	300
5c	boomkwekerijgewassen	
7b	vollegrondstuinbouw	
9	bloembolgewassen	
8	glastuinbouw	200

Voor de waterschappen Goeree-Overflakkee en De Brielse Dijkring wordt voor de totale wateraanvoer - peilbeheersing en bestrijding verzilting - het bodemgebruikt in beschouwing genomen. Per vak van 25 ha is één bodemgebruiksvorm mogelijk. In werkelijkheid zal het betreffende bodemgebruik voorkomen op een aantal percelen verspreid over een zeker gebied. Omdat de exacte lokaties hiervan niet bekend zijn, wordt er een gemiddelde toelaatbare concentratie per watervoorzieningsgebied berekend. Hierbij wordt een gewogen gemiddelde genomen van het aantal voorkomende vakken met een zeker bodemgebruik. Een wegingsfactor geeft het belang van een bepaald bodemgebruik bij zout water aan. Bij de vaststelling van deze factoren is rekening gehouden met de mate waarin beregening bij het betreffende bodemgebruik plaatsvindt en de opbrengstwaarde per oppervlakte-eenheid (Tabel 18). De gemiddelde concentratie $\bar{C}$ voor bepaling van de doorspoelbehoefte wordt dan berekend als:

$$\bar{C} = \frac{\Sigma\, n_k a_k C_k}{\Sigma n_k a_k}$$

waarin $\bar{C}$ = over bodemgebruik gemiddeld toelaatbare chloridegehalte van het oppervlaktewater in een watervoorzieningsgebied ($mg.l^{-1}$)

n_k = aantal vakken met bodemgebruik k in het watervoorzieningsgebied

a_k = wegingsfactor voor bodemgebruik k

C_k = toelaatbaar chloridegehalte voor bodemgebruik k ($mg.l^{-1}$)

k = index voor bodemgebruik (k = 1, 2, .., 9: zie Tabel 18)

Tabel 18. Onderscheiden bodemgebruiksvormen, toelaatbare gehalten en wegingsfactoren

Bodemgebruik code	omschrijving	Toelaatbaar gehalte C_k ($mg.l^{-1}$)	Wegingsfactor a_k
1	stedelijk gebied	1000	1
2	droog natuurlijk terrein	-	-
3	recreatief terrein	600	1
4	open water	600	1
5a	grasland	600	2
5b/c	pit- en steenvruchten en boomkwekerijen	300	5
6	granen, peulvruchten	600	1
7a	aardappelen, bieten	600	5
7b	vollegrondtuinbouw	300	50
8	glastuinbouw	200	100
9	bloembolgewassen	300	50

4.6.2. Gebieden met permanente doorspoeling

In het Waterschap Goeree-Overflakkee vindt een intensieve doorspoeling plaats van het Zuiderdiep (deelgebied 108) in verband met lozing van effluent en meer of minder verzilt polderwater in de Haven van Dirksland. In het Waterschap De Brielse Dijkring vindt een intensieve doorspoeling plaats van het Brielse Meer (deelgebied 202). Het voor doorspoeling van de deelgebieden 108 en 202 gebruikte water wordt geloosd op de Noordzee.

De waterbehoefte voor het stedelijk gebied van Rotterdam en Hoogvliet (IJsselmonde) en van Dordrecht (Eiland van Dordrecht) voor zowel peilbeheersing als doorspoeling is beschouwd als een permanente doorspoeling.
In het gehele onderzoeksgebied vindt lokaal doorspoeling plaats in verband met de lozing van effluent van zuiveringsinstallaties. De desbetreffende debieten zijn relatief laag; volgens mededeling van het Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden zal de doorspoelbehoefte in de nabije toekomst met globaal 50% afnemen door uitbreiding van het gerioleerd gebied en verbeteringen aan de zuiveringsinstallaties. De deelgebieden en de permanent doorstromende debieten zijn in Tabel 19 opgenomen.

Het doorspoeldebiet van het Zuiderdiep is opgenomen in de berekeningen met het stromingsmodel voor één van de drie regio's in Goeree-Overflakkee. In de doorspoelbehoefte van de betreffende regio is de permanente doorspoeling niet verwerkt.
Voor het Brielse Meer is het chloridegehalte van het oppervlaktewater als randvoorwaarde beschouwd. Het voorgaande betekent dat bij de doorgerekende scenario's voor doorspoeling nog 1,5 $m^3.s^{-1}$ voor het Zuiderdiep en 1,4 $m^3.s^{-1}$ voor het Brielse Meer in rekening dient te worden gebracht.
De doorspoelbehoefte van de haven van Goedereede (deelgebied 105) en bij Heenvliet (deelgebied 213) zijn niet in de berekening als vaste randvoorwaarden opgenomen. De grootste doorspoelbehoefte ten aanzien van verzilting of uit kwaliteitsoogpunt is maatgevend.

Tabel 19. Deelgebieden met permanente doorspoeling

Deelgebied	Doorspoeldebiet ($m^3.s^{-1}$)
Goeree-Overflakkee	
108 (Zuiderdiep)	1,50
105 (haven Goedereede)	0,05
Brielse Dijkring	
202 (Brielse Meer)	1,40
213 (Heenvliet)	0,03
(Rozenburg)*	0,17
De Groote Waard	
301 t/m 329 (Hoeksche Waard)	0,01
336 t/m 338 (Dordrecht)	0,03
IJsselmonde	
402 en 403 (Hoogvliet)	0,06
408 (Rotterdam)	0,06
409 (Rotterdam)	0,02
411 (Ridderkerk)	0,03
415 (Zwijndrecht)	0,06
Krimpenerwaard	
512 en 513	0,03
Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden	
904 (Nederwaard)	0,01
913 (Overwaard)	0,01
930 (Vijfheerenlanden)	0,01

*) Naderhand toegevoegd aan het onderzoeksgebied

4.7. LOZINGEN EN ONTTREKKINGEN

4.7.1. Algemeen

In de studie is aandacht besteed aan het optreden van lozingen van huishoudelijk en industrieel afvalwater en hemelwater, dat tot afvoer komt vanaf (gedeeltelijk) verharde oppervlakken zoals steden, wegen en kassen.

Door het Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden zijn gegevens verstrekt over lozingen door de zuiveringsinstallaties, terwijl uit een opgave van de provincie kon worden afgeleid van welke grondwateronttrekkingen de lozing plaatsvond op het oppervlaktewater.

4.7.2. Lozingen van huishoudelijk en industrieel afvalwater en onttrekkingen voor agrarische doeleinden

Zowel de interne lozingen van huishoudelijk en industrieel afvalwater, als de onttrekking voor agrarische doeleinden binnen het studiegebied zijn van geringe omvang. De debieten die in de berekeningen zijn meegenomen, staan vermeld in Tabel 20.

Tabel 20. Lozingen (industrieel en huishoudelijk) op en onttrekkingen (landbouw) aan het oppervlaktewater

	Lozingsdebiet $m^3.s^{-1}$	Onttrekkingsdebiet $m^3.s^{-1}$
Brielse Dijkring		
Deelgebied 202	0,10	
204		0,06*
207	0,01	
210	0,01	
213	0,02	
De Groote Waard		
Deelgebied 303	0,01	
306	0,01**	
324	0,05	
337	0,02**	
IJsselmonde		
Deelgebied 406	0,01**	
415	0,06	
418	0,01**	
Krimpenerwaard		
Deelgebied 511	0,01	
Alblasserwaard en Vijfheerenlanden		
Deelgebied 920	0,01	
921	0,01	
925	0,01	
927	0,01**	

* onttrekking ten behoeve van tuinbouw in deelgebied 201, dit debiet is opgenomen in de berekeningen met het stromingsmodel

** industriële lozingen (1982)

Voor het overige betreffen het lozingen door afvalwaterzuiveringsinstallaties (1986).

4.7.3. Lozingen van hemelwater door (gedeeltelijk) verharde oppervlakken

Uitgezonderd een betrekkelijk klein gebied op IJsselmonde, dat is ontpolderd, is er van uitgegaan dat het overtollige hemelwater wordt geloosd op wateren binnen het studiegebied.

De debieten aan overtollig hemelwater zijn voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten opgenomen in de berekeningen voor de doorspoeling.
Voor het resterend deel van het studiegebied wordt voor een eventuele wateraanvoerbehoefte verwezen naar Tabel 20.
Bij het opstellen van waterbalansen voor waterschappen en/of deelgebieden is voor de bepaling van de afvoer van overtollig hemelwater dezelfde werkwijze gevolgd als bij het stromingsmodel.
Volledigheidshalve zij vermeld, dat de afvoer van hemelwater van kassen eveneens in de berekeningen is meegenomen.

In Tabel 21 is voor de situatie 1983 per deelgebied het aantal vakken intern lozend stedelijk gebied en glastuinbouw aangegeven. Voor de situatie 2000 zijn de veranderingen dermate gering (Tabel 3), dat hiervoor geen berekeningen zijn uitgevoerd.

Tabel 21. Aantal vakken intern lozend stedelijk gebied (code 1) en glastuinbouw (code 8), die in de situatie 1983 het overtollig hemelwater op polderwateren afvoeren

Deel-gebied	Code 1/8	Deel-gebied	Code 1/8	Deel-gebied	Code 1/8	Deel-gebied	Code 1/8
102	10/-	218	1/-	339	4/-	701	2/-
105	21/-	219	19/-	401	6/-	902	13/-
106	7/-	220	5/-	402	16/-	903	9/-
107	6/-	303	3/-	403	16/-	904	27/-
108	3/-	305	3/-	404	6/-	905	1/-
109	4/-	306	6/-	405	14/7	906	3/-
110	1/-	307	15/-	407	9/1	908	21/-
111	13/-	308	7/-	408	78/-	909	4/-
112	5/-	309	8/-	409	18/-	910	2/-
113	6/-	310	1/-	410	3/1	911	9/-
114	5/-	311	1/-	411	32/-	913	7/-
115	6/-	312	8/-	412	5/-	914	5/-
116	8/-	313	5/-	414	3/-	915	10/-
117	7/-	314	8/-	415	51/-	916	6/-
120	7/-	315	11/-	416	2/2	917	5/-
201	13/-	316	2/-	417	3/-	918	1/-
202	15/-	320	3/-	418	13/-	919	11/-
203	3/-	322	4/-	501	27/-	920	30/-
204	8/5	323	7/-	502	7/-	021	17/-
205	8/-	324	1/-	503	14/-	022	3/-
206	6/-	325	9/-	504	4/-	923	5/-
207	12/7	326	1/-	505	2/-	924	7/-
208	12/-	327	5/-	506	2/-	925	3/-
210	7/-	328	1/-	507	4/-	926	10/-
211	4/-	329	10/-	508	14/-	927	6/-
212	4/-	330	2/-	509	23/-	928	3/-
213	14/-	333	4/-	510	1/-	929	8/-
214	2/-	335	4/-	512	3/-	930	9/-
215	7/1	336	12/-	513	1/-	931	5/-
216	23/-	337	19/-	601	6/-	932	4/-
217	6/-	338	40/-	602	3/-	933	14/-
						1001	5/-

4.8. BEREGENING EN BEVLOEIÏNG

4.8.1. Huidige omvang

In de land- en tuinbouw heeft zich een steeds verdergaande specialisering en intensivering van het grondgebruik voorgedaan. Parallel aan deze ontwikkeling is men zich op grote schaal gaan beschermen tegen perioden met droogte door over te gaan op het gebruik van beregenings- en bevloeiïngsinstallaties. Het voorkomen van enkele droge zomers, en met name de zomer van 1976, heeft dit in sterke mate bevorderd.
In Tabel 22 is per waterschap het percentage beregend of bevloeid oppervlak voor de gebruiksvormen grasland, granen, aardappelen e.d. en bloembollen voor een drietal jaren gegeven. De cijfers voor 1985 zijn gebaseerd op de beregeningsenquête van het CBS (meitelling), waarbij is gevraagd naar de maximale mogelijkheid tot beregening en bevloeiïng met de op de bedrijven aanwezige installaties. Per gemeente zijn de cijfers van de enquête verwerkt tot een overzicht van de beregende oppervlakte cultuurgrond voor de categorieën:
- akkerbouw
- grasland
- tuinbouw

Een verdeling van de beregende oppervlaktes bij de onderscheiden gebruiksvormen in de onderhavige studie heeft als volgt plaatsgevonden:
- De beregende oppervlakte 'akkerbouw' wordt toegerekend aan code 7. Aangenomen is dat de granen, peulvruchten en groenvoedergewassen niet worden beregend.
- De beregende oppervlakte 'grasland' wordt conform de opgave van het CBS toegerekend aan code 5 (grasland).
- De beregende oppervlakte 'tuinbouw' wordt verdeeld over:
  - bloembolgewassen (code 9) die voor 100% worden beregend;
  - de pit- en steenvruchten (code 5) die in de Waterschappen Goeree-Overflakkee, De Brielse Dijkring, IJsselmonde en De Groote Waard niet en in het overige studiegebied voor 18%* worden beregend;
  - de boomkwekerijgewassen (code 5) welke in dezelfde mate worden beregend als de overige tuinbouwgewassen.

* (geschat praktijkcijfer)

- Het areaal tuinbouwgewassen (code 7) wordt beregend volgens de opgave van het CBS (oppervlakte beregende 'tuinbouw') minus de reeds beregende oppervlakte als hiervoor is omschreven.

Tabel 22. Percentages beregend of bevloeid oppervlak voor een aantal gebruiksvormen in 1976, 1985 en 2000

Bodemgebruik		Waterschap	Beregend of bevloeid		
Code	Omschrijving		1976 %	1985 %	2000 %
5	Grasland	Goeree-Overflakkee	6,5	5	5
		De Brielse Dijkring	10,5	7	7
		IJsselmonde	28	20	20
		De Groote Waard	24	15	15
		Krimpenerwaard	1,3*	3	5
		Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	6*	7,6	10
6	Granen	-	-	-	-
7	Aardappelen, bieten en volle-grondstuinbouw	Goeree-Overflakkee	3	6,5	9
		De Brielse Dijkring	12	12,5	15
		IJsselmonde	53	60	65
		De Groote Waard	23	15,5	16
9	Bloembollen	Goeree-Overflakkee	100	100	100
		De Brielse Dijkring	100	100	100
		De Groote Waard	100	100	100

*zonder bevloeiing
inclusief bevloeiing zijn de cijfers achtereenvolgens 10 en 13%

4.8.2. Toekomstige omvang

De verwachte oppervlakte cultuurgrond die in het jaar 2000 zal worden beregend (Tabel 22) is gebaseerd op een extrapolatie van de uitkomsten van de beregeningsenquêtes van 1976 en 1985 (beide CBS-enquêtes).

De oppervlakte cultuurgrond die in 1976 is beregend (Tabel 22), is op dezelfde wijze bepaald als die in 1985. Echter voor de pit- en steenvruchten is aangenomen dat deze in 'het overige studiegebied' (Krimpenerwaard, Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden) voor 10% (1976) zijn beregend in plaats van voor 18% (1985).

Het jaar 1976 was een extreem droog jaar. Er zijn in dat jaar bijzondere maatregelen genomen ter bestrijding van de droogte. Zo is in de Krimpenerwaard en de Alblasserwaard de brandweer te hulp gekomen met extra pompen om grasland te bevloeien. Bij de in dat jaar gehouden enquête is gevraagd naar de oppervlakte beregende en bevloeide cultuurgrond. Vooral in de Krimpenerwaard, de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden is de bevloeide oppervlakte grasland in 1976 aanzienlijk geweest. In de overige gebieden is de bevloeide oppervlakte beperkt van omvang gebleven.
Bij de enquête van 1985 is uitgegaan van de normaal aanwezige capaciteit die beschikbaar is voor beregening en bevloeiïng in een niet extreem droog jaar.

Het is te verwachten dat lineaire extrapolatie van de cijfers van 1976 en 1985 naar het jaar 2000 tot foutieve uitkomsten leidt. Voor grasland is in Tabel 22 uitgegaan van de beregende oppervlakte in 1985 met uitzondering van het 'Waardengebied'. Gezien de gebleken behoefte aan water (bij een langdurige droogte) is voor dat gebied rekening gehouden met een toename van de beregende oppervlakte grasland.
Bij de tuinbouwmatige akkerbouw is een lineaire trendextrapolatie toegepast. Dit leidt tot een toename van de beregende oppervlakte van 0% (De Groote Waard) naar 3 à 4% (Goeree-Overflakkee) per jaar.

In het onderzoeksrapport Watervoorziening Landbouw uit het Zoommeer (1987) wordt de omvang van de beregening, na realisatie van wateraanvoer, gebaseerd op de te verwachten baten van beregening als volgt vastgesteld:
- per grondsoort en per Gt-klasse wordt per gewas het langjarig gemiddeld vochttekort bepaald;
- door beregening zal 80% van de opbrengstdepressie ten gevolge van vochttekorten worden opgeheven;

- per gewas zijn de opbrengsten vastgesteld voor de huidige situatie in jaren zonder noemenswaardig neerslagtekort;
- indien opgeheven vochttekort (%) maal opbrengst (kg.ha^{-1}) maal prijs (ƒ.kg^{-1}) groter of gelijk is aan ƒ 800,= per ha, dan wordt beregend.

Bij de naderhand uit te voeren berekeningen zal worden nagegaan of op grond van de optredende vochttekorten het percentage beregend oppervlak dient te worden verhoogd.

4.8.3. Herkomst van het water

Uit een onderzoek naar de situatie in 1976 (VAN BOHEEMEN en DE WILDE, 1979) bleek dat in het studiegebied voor de beregening en bevloeiïng van open grond praktisch alleen oppervlaktewater wordt gebruikt. Naar verwachting zal dit zich in de toekomst niet wijzigigen.

Binnen de glastuinbouw wordt naast oppervlaktewater ook water gebruikt, dat als neerslag op de kassendekken is gevallen en in bassins is opgevangen. Indien voor het percentage van het glasareaal waar neerslag in bassins wordt opgevangen hetzelfde cijfer (7%) wordt aangehouden als in het Voortgezet Onderzoek Kanaal Waddinxveen-Voorburg (1981) is het, gezien de beperkte omvang van de glastuinbouw - 325 ha in 1983 en 400 ha in het jaar 2000 - gerechtvaardigd om hiermee geen rekening te houden.

5. VERWERKING VAN DE GEBIEDSGEGEVENS

5.1. ALGEMEEN

Bij de verwerking van de verzamelde gebiedsgegevens is een onderscheid gemaakt tussen twee groepen van gebiedskenmerken. De eerste groep bestaat uit die gebiedskenmerken, waarvoor de verzamelde gegevens direct in tabellen konden worden weergegeven. De andere groep wordt gevormd door gebiedskenmerken, waarvoor de verzamelde gegevens in eerste instantie op kaarten zijn vastgelegd.

5.2. NIET-GEKARTEERDE GEBIEDSKENMERKEN

Een deel van de gebiedsgegevens die voor een nadere verwerking in aanmerking kwamen, zijn direct in tabellen en/of kaarten vastgelegd. Het betreft hier gegevens over:

a) de neerslag, de open waterverdamping en de globale straling;
b) de oppervlakten die in de verschillende waterschappen kunnen worden beregend of bevloeid;
c) basis variabelen van het waterlopenstelsel (Goeree-Overflakkee, De Brielse Dijkring);
d) het maximum chloridegehalte dat het polderwater in de diverse deelgebieden mag bezitten (Goeree-Overflakkee, De Brielse Dijkring, Hoeksche Waard);
e) de debieten die in de verschillende deelgebieden permanent voor doorspoeling worden gebruikt;
f) de debieten die in de diverse deelgebieden in de bebouwde gebieden worden geloosd en onttrokken;

Voor elk van de onder a genoemde grootheden zijn decadesommen opgenomen. De waarden voor de open waterverdamping en de globale straling zijn voor het totale studiegebied representatief gesteld. Ten aanzien van de neerslag is er een keuzemogelijkheid tussen de neerslagstations Barendrecht en Dirksland (Tabel 23).

Tabel 23. Gedeelte van de meteofile

Jaar	Maand	Decade	E_0	N_1	N_2	H
38	1	I	1,0	24,7	15,0	1864
38	1	II	1,2	42,9	40,7	1406
38	1	III	1,8	35,8	29,5	1919
38	2	I	4,2	8,9	8,8	3277
38	2	II	9,2	14,5	11,2	4171
38	2	III	7,3	10,5	8,3	4425

E_0: open waterverdamping (mm)

N_1: neerslag (mm), Barendrecht

N_2: neerslag (mm), Dirksland

H : globale straling ($J.cm^{-2}$)

De oppervlakten die kunnen worden beregend of bevloeid (b) zijn toegekend aan geselecteerde vakken. Op de hiervoor gevolgde procedure zal naderhand in paragraaf 8.1. worden teruggekomen. Aan de vakken die worden beregend is in de betreffende kolom code 1 toegekend en aan de vakken zonder beregening code 0 (Tabel 25).

De basisvariabelen van het waterlopenstelsel (c) en het maximum toelaatbare chloridegehalte van het polderwater (d) zullen bij de behandeling van het stromingsmodel worden behandeld.
De debieten die in de diverse deelgebieden permanent voor doorspoeling worden gebruikt (e) zijn in tabelvorm verwerkt (Tabel 19).
De debieten, die in de diverse deelgebieden worden geloosd of onttrokken (f), zijn aangegeven in Tabel 20.

5.3. GEKARTEERDE GEBIEDSKENMERKEN

5.3.1. Overbrenging van de kaartgegevens naar datafiles

Tabel 24 geeft een overzicht van de acht gebiedskenmerken, waarvoor de verzamelde gegevens op kaarten zijn weergegeven, alsmede de codering voor wel of geen beregening. In dit overzicht is ook vermeld hoeveel

kaarteenheden zijn onderscheiden om de ruimtelijke variatie van de verschillende karakteristieken op te vangen. Voorts is aangegeven met welke cijfers de verschillende kaarteenheden zijn gecodeerd.
De gebiedsgegevens die in eerste instantie zijn vastgelegd op kaarten, zijn uiteindelijk op vakniveau opgenomen. Dat wil zeggen dat voor ieder van de 5651 vakken die tezamen het totale studiegebied vormen (hoofdstuk 3), nagegaan is in welke hoedanigheid de acht gehanteerde gebiedskenmerken aanwezig zijn.

Tabel 24. Overzicht van de gehanteerde gebiedskenmerken inclusief wel of geen beregening met het aantal onderscheiden kaarteenheden en de gebruikte codecijfers

Gebiedskenmerk	Aantal kaart-eenheden	Gebruikte codes
Bodemgebruik	9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
Bodemprofiel	10	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
Kwel/wegzijging[1]	9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
Polderpeil	8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,
Infiltratieweerstand	9	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,
Slootafstand	6	1, 2, 3, 4, 5, 6
Verschil zomer- en winterpeil	9	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
Beregening	2	0, 1
Chloridegehalte van de kwel[2]	10	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

[1]) per waterschap is een gemiddelde waarde bepaald (Tabel 4)

[2]) alleen voor de waterschappen Goeree Overflakkee en De Brielse Dijkring

De ligging van elk van de 5651 vakken wordt bepaald door een x- en y-coördinaat. Voor het toekennen van een code aan de vakken is een transparante vakkenkaart op diverse kaarten gelegd: bodemprofiel of bodemfysische eenheid, kwel/wegzijging, polderpeil, slootafstand en verschil zomer- en winterpeil. Indien meerdere kaartvlakken deel uitmaken van een vak is het meest dominante kaartvlak aangehouden. Ten

aanzien van het bodemgebruik is op de vakkenkaart per gemeente de bodemgebruikssituatie vastgelegd mede met gebruik van topografische kaarten. Voor de gevolgde procedure betreffende het aangeven van de infiltratieweerstand en het chloridegehalte van de kwel wordt respectievelijk verwezen naar de paragrafen 4.3.4. en 4.3.6.
De coderingen van de gebiedskenmerken van de vakkenkaart zijn allereerst in tabellen verwerkt en vervolgens in files ingevoerd. In deze files zijn voor diverse vakken een aantal niet van belang zijnde gegevens vermeld. Voor code 1 en 2 voor het bodemgebruik wordt geen wateraanvoerbehoefte berekend zodat de overige coderingen niet van belang zijn. Voor code 4 en 8 voor het bodemgebruik zijn alleen de coderingen voor de kwel/wegzijging en het chloridegehalte van de kwel van belang. De niet van belang zijnde coderingen worden door de code 77 aangegeven (Tabel 25).
Alle 5651 vakken zijn per waterschap gegroepeerd op overeenkomstige gebiedskenmerken. De zo verkregen groepen worden blokken genoemd.

5.3.2. Plotten van gegevens vanaf data files

Per gebiedskenmerk kan op een printer een topografisch kaartje van de vakkenfile worden verkregen, waarbij de coderingen door identieke symbolen worden weergegeven (Fig. 9). Van de voorkomende kaarteenheden wordt zowel het aantal vakken als de oppervlakte in ha aangegeven.
Van de vakkenfile kan een kaartje van het studiegebied met de relevante gebiedskenmerken op een kleurenplotter worden verkregen (Bijlage 5, 9 t/m 14 en 17).

Tabel 25. Gedeelte van een vakkenfile

Y	X	Use	Soil	Seep	Level	Resis	Dist	C10	C20	C30	HMP
22	54	5	1	2	6	2	1	2	0	0	102
22	55	5	1	2	6	3	2	2	0	0	102
37	41	1	77	77	77	77	77	77	77	77	110
48	50	3	6	6	2	4	1	0	0	0	112
48	52	4	77	8	77	77	77	77	77	77	112

X, Y : coördinaten
Use : bodemgebruik
Soil : bodemprofiel
Seep : kwel/wegzijging
Level: polderpeil
Resis: infiltratieweerstand
Dist: slootafstand
C10 : verschil zomer- en winterpeil
C20 : beregening
C30 : chloridegehalte van de kwel
HMP : deelgebiednummer

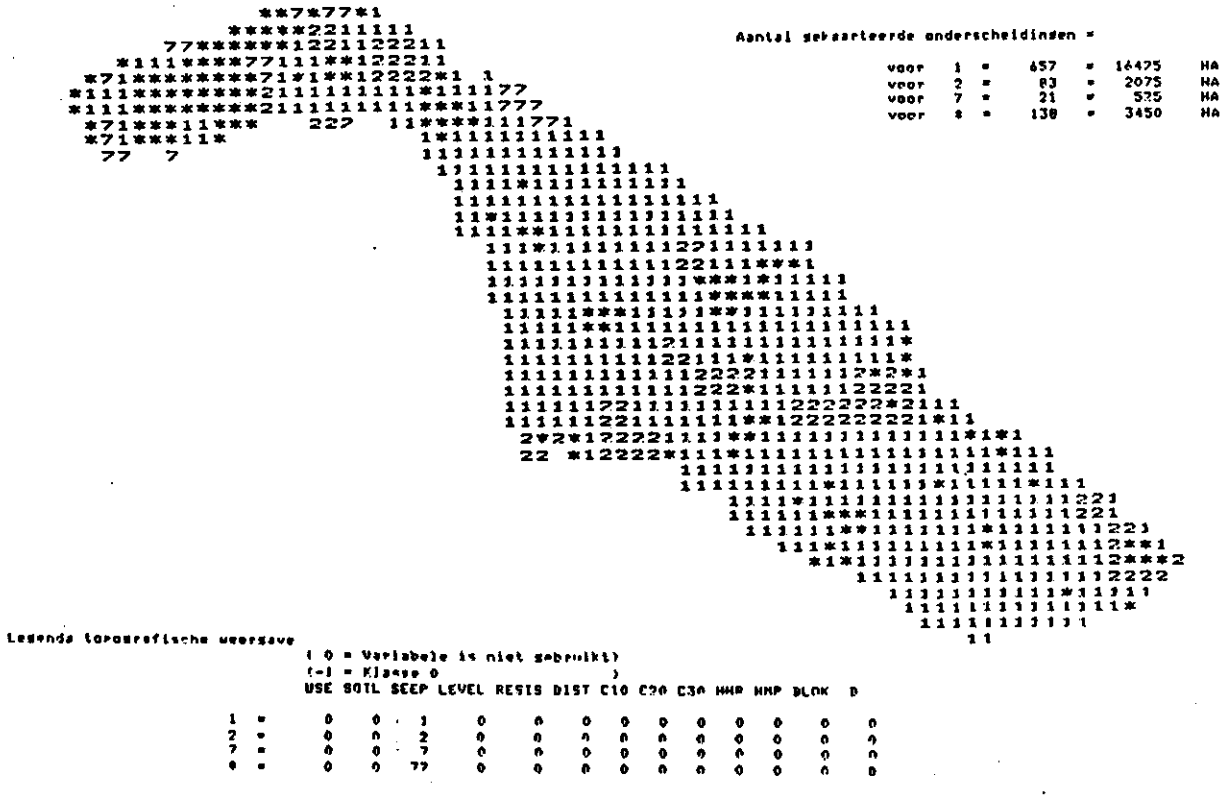


Fig. 9. Kaartbeeld betreffende kwel en wegzijging op Goeree-Overflakkee, afgedrukt met printer

6. BESCHOUWING OVER DE WATERAANVOER-BEHOEFTE VOOR PEILBEHEERSING EN BESTRIJDING VAN DE VERZILTING

6.1. ALGEMEEN

Voor het gehele studiegebied is de wateraanvoerbehoefte voor peilbeheersing over een periode van 50 jaar berekend. Ten aanzien van de bestrijding van de verzilting van de oppervlaktewateren heeft het onderzoek zich beperkt tot de waterschappen Goeree-Overflakkee, De Brielse Dijkring en de Hoeksche Waard. Hierbij is niet de gehele periode van 50 jaar beschouwd, maar zijn een aantal selectieve jaren doorgerekend. Bij het uitgevoerde onderzoek is gebruik gemaakt van rekenmodellen die in concreto resultaten hebben opgeleverd betreffende:

- wateraanvoerbehoefte voor peilbeheersing (op blokniveau, per deelgebied, per waterschap, voor het totale studiegebied; tijdstap 1 decade; periode 1937 t/m 1986);
- chloridebelasting van het oppervlaktewater door verzilt kwelwater (op vakniveau, op blokniveau, per deelgebied, Goeree-Overflakkee, De Brielse Dijkring en de Hoeksche Waard; tijdstap 1 decade; periode 1937 t/m 1976);
- chloridegehalte van het polderwater bij verschillende doorspoelingsintensiteiten (per watervoorzieningsgebied, Goeree-Overflakkee en De Brielse Dijkring; opdeling zomerhalfjaar in drie perioden, jaren: 1975 t/m 1980).

De berekende wateraanvoerbehoefte voor peilbeheersing kan als een op zichzelf staand resultaat worden gezien. Bij de berekening van het chloridegehalte van het polderwater voor een aantal scenario's wordt gebruik gemaakt van zowel de rekenresultaten van het rekenmodel voor de wateraanvoerbehoefte als van die voor de chloridebelasting van het oppervlaktewater. In het volgende zal enig inzicht worden gegeven in de gebruikte rekenmodellen. Naderhand zal bij de afzonderlijke behandeling een uitgebreide toelichting worden gegeven.

6.2. REKENMODEL VOOR PEILBEHEERSING

De factoren die in een decade van invloed zijn op het peil van de oppervlaktewateren zijn in Fig. 10 aangegeven. In relatie tot het

bodemgebruik kunnen de volgende situaties worden onderscheiden:

- open water (code 4), hierbij wordt het peil P beïnvloed door het neerslagoverschot $N-E_0$ en het voorkomen van kwel of wegzijging K;
- glastuinbouw (code 8), hierbij wordt de benodigde hoeveelheid water via beregening B onttrokken aan het oppervlaktewater;
- overig bodemgebruik met uitzondering van stedelijk gebied (code 1) en droog natuurterrein (code 2). Het peil wordt hierbij beïnvloed door I: infiltratie in de zomer en drainage of afvoer in de winter. De infiltratie of afvoer wordt per decade berekend op grond van een verschil tussen de grondwaterstand H en het polderpeil P en een infiltratie- en afvoerweerstand. Verder dienen incidenteel onttrekkingen voor beregening in rekening te worden gebracht.

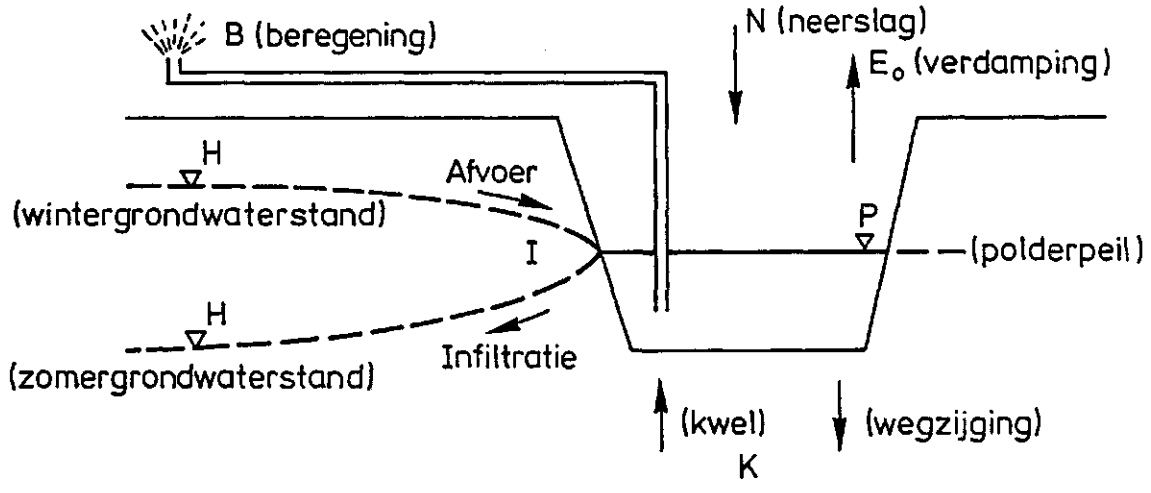


Fig. 10. Schematische voorstelling van de factoren, welke het polderpeil beïnvloeden

De benodigde hoeveelheid water per decade voor het handhaven van een constant polderpeil P in de zomer is gelijk aan het verschil tussen het onttrokken (via infiltratie I, B, E_0 en wegzijging K) en geloosde (via kwel K en N) water. Als gevolg van een veelal overheersende invloed van de afvoer I en N in de winter zal in deze periode het bovengenoemde verschil negatief zijn.

6.3. Rekenmodel voor de verzilting

De mate waarin verzilting optreedt wordt bepaald door de kwelintensiteit K en het chloridegehalte van de kwel C_K. In paragraaf 4.3.6. is aangegeven dat de kwelstroming vrij stationair van karakter is. Dientengevolge heeft ook de aanvoer van chloride naar de ondiepe bodemlagen een permanent karakter. Dit geldt echter niet voor de chloridebelasting van het oppervlaktewater; bepalend hiervoor is de situatie of er infiltratie vanuit het oppervlaktewater plaatsvindt, dan wel afvoer van water naar het oppervlaktewater. In het eerste geval is de belasting in feite negatief, omdat met het infiltrerende water (of beregende water) ook chloride aan het oppervlaktewater wordt onttrokken. Dit aspect wordt in het stromingsmodel meegenomen. De volgende beschouwingen beperken zich dan ook tot die belasting welke samenhangt met de zoute kwel.
Als gevolg van afwisselend droge en natte jaren kan de chlorideafvoer per jaar kleiner of groter zijn dan het gemiddelde over een reeks van jaren. In Fig. 11 is de situatie voor een gemiddeld jaar weergegeven.

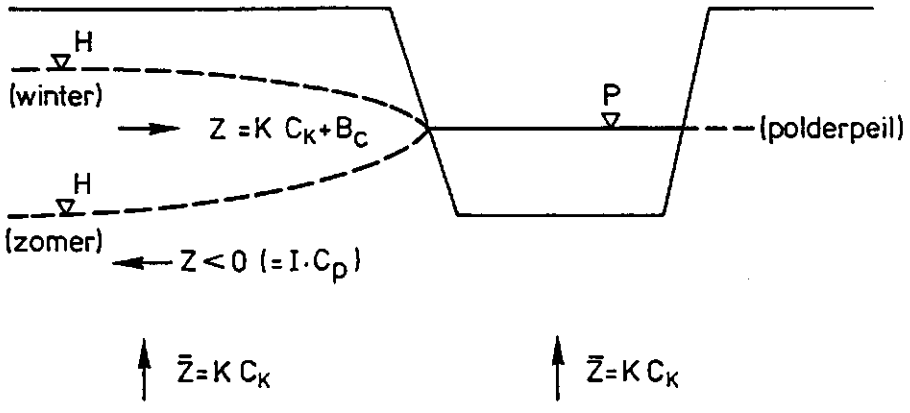


Fig. 11. De chloridebelasting van het oppervlaktewater in relatie tot de drainage op jaarbasis

De gemiddelde chloridebelasting $\bar{Z}$ per jaar is gelijk aan het produkt van de kwel K en het chloridegehalte C_K. In de zomersituatie ligt het grondwaterniveau beneden polderpeil en vindt er infiltratie plaats.

Voor de chloridebelasting in een decade in deze periode geldt dan $Z = 0$. De via kwel aangevoerde chloride wordt dan in de ondiepe bodemlagen geborgen. In de wintersituatie ligt het grondwaterniveau boven polderpeil en vindt afvoer plaats. Bij geringe afvoer in een decade ($I < K$) geldt $Z = I.C_K$, bij grotere afvoer ($I > K$) geldt $Z = K.C_K + B_C$, waarbij B_C betrekking heeft op een afname in berging van chloride in de ondiepe bodemlagen. Het voorgaande is van toepassing op de vakken met bodemgebruikscode 3, 5, 6, 7 en 9 met kwel. Voor de vakken met bodemgebruikscode 1, 2, 4 en 8 geldt een andere procedure waarvoor verwezen wordt naar hoofdstuk 11.

6.4. REKENMODEL VOOR DE WATERBEWEGING EN HET CHLORIDEGEHALTE VAN HET OPPERVLAKTEWATER

In gebieden waar het polderwater in meer of mindere mate wordt belast met zout kwelwater wordt door het inlaten van water van een betere kwaliteit getracht om de nadelige effecten van de verzilting terug te dringen. Het model berekent zowel de waterbewegingen als het chloridegehalte in de geschematiseerde leidingen. In Fig. 12 is een gedeelte van een dergelijk leidingvak afgebeeld. Voor een oppervlakte dat behoort bij het betreffende leidingvak kunnen met de aangegeven rekenmodellen I en Z worden berekend. Uit deze gegevens kan in combinatie met een aanvoer Q_a met chloridegehalte C_a en een berging B_0 in het leidingvak een nieuwe waterstand en chloridegehalte worden berekend.

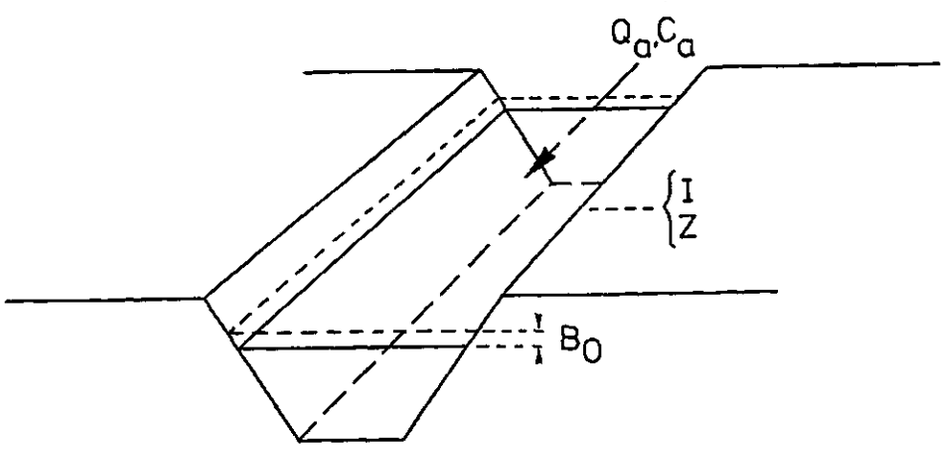


Fig. 12. Schematische voorstelling voor de berekening van het chloridegehalte in relatie tot de intensiteit van doorspoeling

Met de drie besproken deelmodellen (peilbeheersing, verzilting, waterbeweging) wordt dus uiteindelijk een totale wateraanvoerbehoefte voor peilbeheersing en bestrijding van de verzilting berekend.

7. BESCHRIJVING VAN HET HYDROLOGISCH MODEL (peilbeheersing)

7.1. ALGEMEEN

In paragraaf 6.2 is een indruk gegeven omtrent de wijze waarop de wateraanvoerbehoefte voor peilbeheersing wordt vastgesteld. In dit hoofdstuk zal hierover een uitgebreide behandeling worden gegeven.
Voor een simulatie van de wijze waarop de onderscheiden hydrologische grootheden in verloop van tijd variëren in de onderzoeksperiode in het studiegebied is gebruik gemaakt van het hydrologisch model HYMUST (OOSTINDIE en VAN BAKEL, 1988).
Voor de toepassing van het model dienen de vakken (zie paragraaf 5.3.1) te worden ingedeeld in blokken. Deze hebben betrekking op groepen vakken waarvoor de wateraanvoerbehoefte gelijk is.
De berekeningen met het hydrologisch model vinden in eerste instantie op blokniveau plaats. Teneinde later een gemakkelijke omrekening te kunnen uitvoeren van een aanvoerbehoefte op blokniveau naar een aanvoerbehoefte op gebiedsniveau is in de berekeningen een vak van 25 ha als oppervlakte-eenheid gekozen. Zowel een gebied als een blok bestaan immers uit een aantal vakken.
De tijdstap, waarmee in het model wordt gerekend, is een decade. Hierbij is rekening gehouden met het feit dat de derde decade van een maand uit 8, 9, 10 of 11 dagen kan bestaan.
In dit hoofdstuk wordt besproken hoe in het hydrologisch model de aanvoerbehoefte wordt benaderd. Allereerst wordt ingegaan op de aanpak die op blokniveau plaatsvindt. Daarna komt aan de orde hoe op gebiedsniveau de aanvoerbehoefte wordt vastgesteld.

7.2. VASTSTELLING VAN DE AANVOERBEHOEFTE OP BLOKNIVEAU

Binnen een gebied zijn veelal diverse vormen van bodemgebruik aanwezig. Het is niet mogelijk om de aanvoerbehoefte van verschillende bodemgebruiksvormen op dezelfde wijze te benaderen. In het hydrologisch model komen daarom verschillende berekeningsmethoden voor. Wanneer voor een bepaald blok de aanvoerbehoefte moet worden berekend, wordt afhankelijk van het bodemgebruik in het betreffende blok de relevante berekeningsmethode toegepast.

7.2.1. Blokken met bodemgebruikscode 1 (stedelijk gebied)

Uit de stedelijke gebieden kan huishoudelijk en industrieel afvalwater op het oppervlaktewater worden geloosd. Omgekeerd kunnen onttrekkingen aan het oppervlaktewater plaatsvinden voor de watervoorziening van de bevolking en de industrie in deze gebieden. De netto-aanvoerbehoeften die hieruit voortvloeien, blijven in dit stadium buiten beschouwing. Deze worden pas meegenomen bij de vaststelling van de aanvoerbehoefte die zich op gebiedsniveau voordoet (zie paragraaf 7.3).
Naast afvalwater komt er uit de stedelijke gebieden ook overtollige neerslag tot afvoer. In het geval kwel voorkomt dient rekening te worden gehouden met een hogere afvoer en bij wegzijging met een lagere afvoer. Voor die waterschappen waar alleen de wateraanvoerbehoefte voor peilbeheersing wordt berekend is de afvoer van overtollige neerslag eventueel vermeerderd met kwel buiten beschouwing gelaten. Voor de waterschappen waar berekeningen met het stromingsmodel worden uitgevoerd is voor het stedelijk gebied een aparte codering aangehouden. Bij de behandeling van het stromingsmodel wordt hierop teruggekomen (hoofdstuk 12).
De aanvoerbehoefte van een vak stedelijk gebied is als volgt in het hydrologisch model opgenomen:

$$Q_1 = 0$$

waarin: Q_1 = aanvoerbehoefte van een vak stedelijk gebied in een decade ($m^3.s^{-1}$)

7.2.2. Blokken met bodemgebruikscode 2 (duinen)

Tot de blokken met code 2 voor het bodemgebruik behoren alleen duingebieden. De aanvoerbehoefte van deze gebieden wordt nihil geacht. In het hydrologisch model is dit verwerkt als:

$$Q_2 = 0$$

waarin: Q_2 = aanvoerbehoefte van een vak droog natuurlijke terrein in een decade ($m^3.s^{-1}$)

7.2.3. Blokken met bodemgebruikscode 4 (open water)

De door het KNMI berekende waarden voor de open waterverdamping geven de grootte van de overdag-verdamping aan. De etmaalverdamping komt ongeveer overeen met 90% van de KNMI-waarden (RIJTEMA en RYHINER, 1968; VAN BOHEEMEN, 1977). Dit gegeven is verwerkt in de onderstaande formule die is gebruikt voor de vaststelling van de aanvoerbehoefte van een vak open water:

$$Q_4 = (0{,}9\ E_o - N - K)\ \frac{10\ A_v}{86400\ T}$$

waarin: Q_4 = aanvoerbehoefte van een vak open water in een decade ($m^3.s^{-1}$)

E_o = open waterverdamping in een decade zoals vastgesteld door het KNMI (mm)

N = neerslag in een decade (mm)

K = kwel in een decade (mm)

A_v = oppervlakte van een vak (25 ha)

T = lengte van een decade (d)

7.2.4. Blokken met bodemgebruikscode 8 (glastuinbouw)

Bij de bepaling van de aanvoerbehoefte van de glastuinbouw is ervan uitgegaan dat gedurende het gehele zomerhalfjaar op het totale areaal binnen het studiegebied praktisch een volgroeid en optimaal verdampend gewas aanwezig is. Dit houdt in dat de gewasfactor bij benadering gelijk aan 1 is, in tabel 24 wordt hierover nadere informatie verstrekt, tevens zijn in genoemde tabel waarden vermeld voor het winterhalfjaar.
Onderzoek met paprika (HAMAKER en DE GRAAF, 1978), tomaat (DE GRAAF, 1978) en komkommer (DE GRAAF, 1979) heeft aangetoond, dat voor groenteteelten mag worden uitgegaan van de volgende empirische relatie tussen de verdamping en de boven het glasdek gemeten globale straling:

$E_g = f\ (1{,}7.10^{-3}\ S + 0{,}5\ T)$ (empirische relatie)

waarin: E_g = verdamping van een tuinbouwgewas onder glas in een decade
f = gewasfactor
S = globale straling boven het glasdek in een decade
T = lengte van de decade
(Wanneer S in $J.cm^{-2}$ en T in d wordt uitgedrukt geeft de empirische relatie E_g in mm)

Voor de glastuinbouw wordt hoofdzakelijk oppervlaktewater gebruikt. Gezien de beperkte oppervlakte aan glastuinbouw in het studiegebied (Tabel 3) is geen rekening gehouden met:
- het effect van sporadisch aanwezige bassins waarin regenwater van de kassen kan worden opgevangen;
- aanvoer van grondwater voor beregening.

De wateraanvoerbehoefte voor de glastuinbouw is berekend met de volgende formule:

$$Q_8 = E_g \frac{10\ A_v}{86400\ T}$$

waarin: Q_8 = aanvoerbehoefte van een vak glastuinbouw in een decade ($m^3.s^{-1}$)

7.2.5. Blokken met bodemgebruikscode 3, 5, 6, 7 of 9 (recreatief terrein, grasland, bouwland en vollegrondstuinbouw)

7.2.5.1. Algemeen

De berekening van de aanvoerbehoefte voor de hier beschouwde blokken is aanmerkelijk complexer dan die in de voorgaande paragrafen. Daarnaast betreft het hier qua oppervlakte het belangrijkste deel van het studie-gebied. In grote lijnen zal de gevolgde werkwijze worden besproken.

Voor gedetailleerde informatie wordt verwezen naar OOSTINDIE en VAN BAKEL (1988) en DE LAAT (1980, 1985). Uitgaande van Fig. 10 is in Fig. 13 in een kader voor respectievelijk een zomer- en wintersituatie het systeem voor de onverzadigde stroming aangegeven.

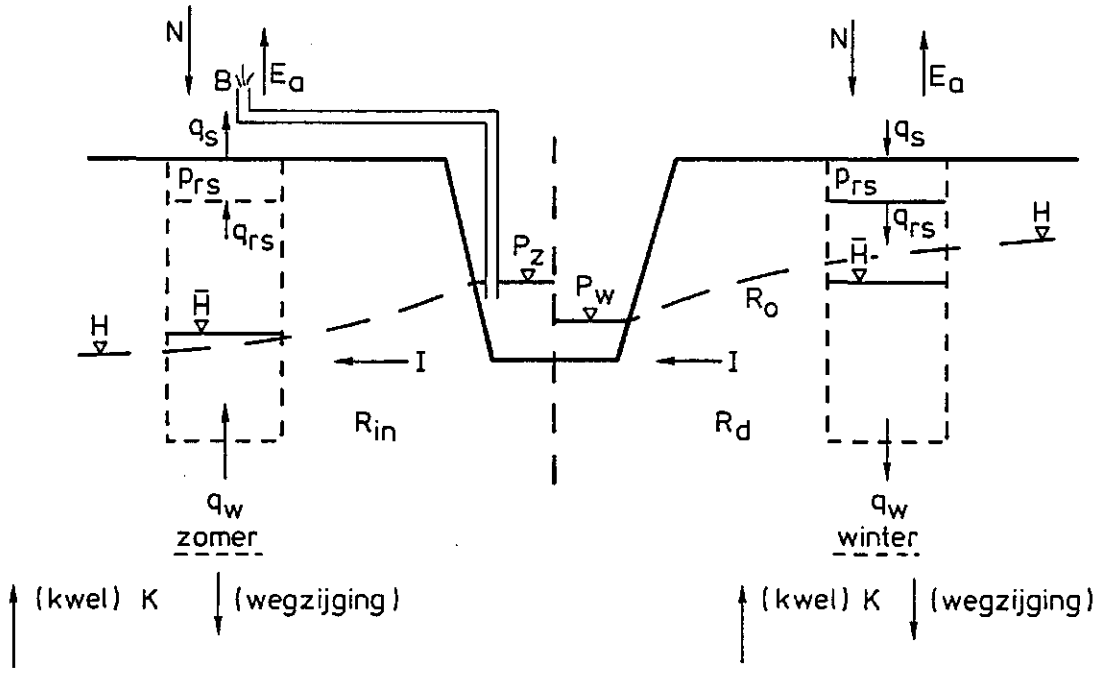


Fig. 13. Schematische voorstelling voor de berekening van infiltratie en drainage

De betekenis van de nog niet gedefinieerde variabelen in Fig. 13 is:

E_a = werkelijke verdamping in een decade (mm)

q_s = flux aan het aardoppervlak in een decade (mm)

p_{rs} = zuigspanning in de wortelzone in een decade (cm)

q_{rs} = flux door de onderkant van de wortelzone in een decade (mm)

q_w = flux door de onderkant van het systeem in een decade (mm)

De onderkant van het systeem ligt op een diepte van 3 m beneden maaiveld. Er kan van worden uitgegaan dat in de betreffende blokken geen grondwaterstanden beneden deze diepte voorkomen. Aangezien de berekeningsmethode in de zomer - overwegend infiltratie - wezenlijk verschilt van die in de winter - relatief hoge afvoeren -, zijn twee situaties onderscheiden. Voor zowel het systeem voor de onverzadigde stroming als voor de betrokken ondergrond bij infiltratie vanuit en drainage naar het oppervlaktewater kunnen waterbalansen worden opgesteld.

De term q_w, de stroming door de onderkant van het systeem - in werkelijkheid door het freatisch vlak - maakt deel uit van beide balansen. Het ligt derhalve voor de hand om de volgende indeling aan te houden:
- systeem voor de onverzadigde stroming;
- ondergrond waar een grondwaterstroming plaatsvindt als gevolg van infiltratie vanuit en drainage naar het oppervlaktewater. Aangezien de dikte van de doorstroomde lagen samenhangt met de grondwaterstand wordt de betreffende ondergrond aangeduid als het variabele bovenste watervoerende pakket. Aan de onderkant van dit pakket wordt als randvoorwaarde de kwel of wegzijging ingevoerd, respectievelijk de verticale stroming vanuit of naar het 1e watervoerende pakket.

7.2.5.2. Systeem voor de onverzadigde stroming

Het bodemprofiel in het systeem kan worden opgedeeld in:
- effectieve wortelzone waarin vochtopname door het gewas plaatsvindt, de dikte hiervan is bepaald door het bodemgebruik (Tabel 16);
- ondergrond, deze kan worden opgesplitst in een onverzadigd en verzadigd deel met als grensvlak de grondwaterstand H. In het onverzadigd deel kan zowel capillaire opstijging of percolatie, respectievelijk aanvoer van water vanuit het verzadigd deel naar de wortelzone of omgekeerd, plaatsvinden.
  Het verzadigd deel behoort, zoals in het voorgaande reeds is aangegeven, tot het variabel bovenste watervoerend pakket.

Een waarde voor $\bar{H}$ kan worden verkregen uit de betrekking:

$$\bar{H} = H_m + (1 - \alpha)\,(P - H_m)$$

waarin: $\bar{H}$ = over een decade gemiddelde waarde van de grondwaterstand gemiddeld over het beschouwde oppervlak (cm-mv)

H_m = over een decade gemiddelde grondwaterstand midden tussen de ontwateringsmiddelen (cm-mv)

α = vormfactor in verband met kromming waterspiegel, hiervoor is een waarde van 0,8 aangehouden

P = polderpeil (cm-mv)

De waarde voor H geldt niet alleen voor het bodemprofiel in het kader, maar voor het gehele blok.

Voor alle voorkomende combinaties van bodemfysische eenheden met verschillend bodemgebruik zijn op grond van de dikte van de wortelzone aparte files aangemaakt waarin de geometrie van het bodemprofiel en de bodemfysische gegevens zijn verwerkt (OOSTINDIE en VAN BAKEL, 1988). Voor de wortelzone hebben deze betrekking op de $\theta(h)$-relatie en voor de onderscheiden bodemlagen in de ondergrond op $k(h)$- en $\theta(h)$-relaties. Een bijzonder aspect vormt de scheurvorming in krimpgevoelige gronden. In paragraaf 4.4.5. is aangegeven dat met name voor bodemfysische eenheid 7 een gedeelte van de neerslag direct kan afstromen naar de verzadigde zone.

De onverzadigde stroming in de ondergrond alsmede het vochtgehalte in het onverzadigd deel van het bodemprofiel is naast de bodemfysische eigenschappen afhankelijk van:
- de bovenrandvoorwaarden;
- de onderrandvoorwaarde.

De bovenrandvoorwaarden hebben betrekking op de omstandigheden aan het aardoppervlak. Deze betreffen ondermeer gegevens per decade over N (neerslag in mm) en E_o (open waterverdamping in mm) als maat voor de verdampingsvraag. De waarden voor N kunnen worden ingelezen van de meteofile. De decadewaarden voor de potentiële verdamping E_p kunnen worden verkregen met de volgende betrekking:

$$E_p = fE_o$$

Waarden voor E_o (open waterverdamping in mm) staan in de meteofile terwijl waarden voor f (gewasfactor, Tabel 26) in het programma zijn opgenomen. De potentiële verdamping wordt gereduceerd als de drukhoogte van het water in de wortelzone, aangegeven door een pF-waarde, beneden een kritische waarde daalt (Fig. 14).

Tabel 26. Waarden voor de gewasfactor

Code omschrijving	Bodemgebruik					
	3 recreatie-terrein	5 gras-land	6 gra-nen	7 aard. bieten vollegr.tuinb.	8 glas-tuinbouw	9 bloem-bollen
januari	1,0	1,0	1,0	1,0	0,4	1,0
februari	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8
maart	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7
april	0,8	0,8	0,6	0,5	0,9	0,6
mei	0,8	0,8	0,8	0,5	1,0	0,8
juni	0,8	0,8	0,9	0,8	1,0	0,7
juli	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0	0,5
augustus	0,8	0,8	0,5	0,8	1,0	0,5
september	0,8	0,8	0,5	0,7	0,9	0,6
oktober	0,8	0,8	0,8	0,8	0,3	0,8
november	0,9	0,9	0,8	0,9	0,1	0,9
december	1,0	1,0	1,0	1,0	0,1	1,0

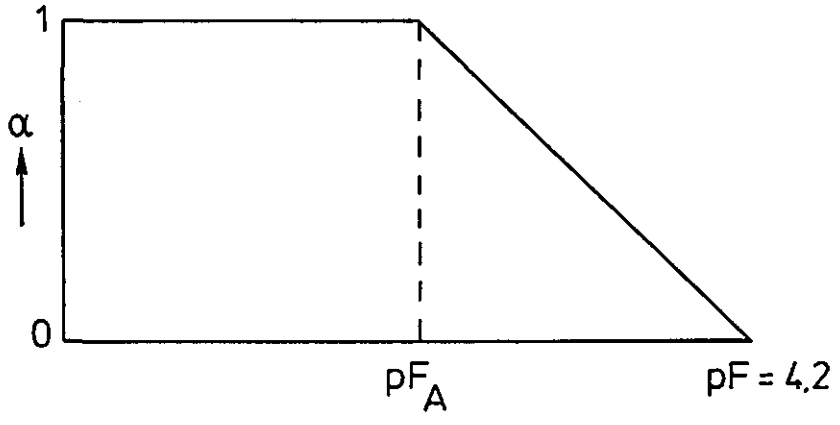


Fig. 14. De relatie tussen de reductiefactor α en de pF-waarde in de wortelzone

De waarde van de zuigspanning pF_A is gewasafhankelijk en wel als volgt:

code (bodemgebruik)	pF_A
3,5	2,4
6	2,7
7	2,5
9	2,3

Over de exacte hoogte van pF_A is relatief weinig bekend. Bovendien is deze afhankelijk van de verdampingsvraag: hoe lager deze is, des te eerder (dus bij lagere waarden van de pF) treedt reductie in verdamping op. Wel is bekend wat meer of minder droogtegevoelige gewassen zijn. Zo zijn bijvoorbeeld bloembollen zeer droogtegevoelig (VAN DER VALK, 1987) en zijn granen het minst droogtegevoelig. Daarmee rekening houdend zijn bovengenoemde kritische waarden voor de aangegeven coden tot stand gekomen.

Het voorkomen van beregening kan eveneens tot de bovenrandvoorwaarden worden gerekend. De wijze van beregenen kan vrij gedetailleerd worden gespecificeerd. Wanneer de pF-waarde in de wortelzone een zekere kritische waarde overschrijdt, vindt beregening plaats, waarna een aantal dagen moet worden gewacht alvorens wederom een beregeningsgift kan worden toegediend. In Tabel 27 zijn voor de bovengenoemde parameters waarden aangegeven voor de bodemgebruiksvormen welke kunnen worden beregend.

Tabel 27. Relevante waarden voor beregening voor een aantal bodemgebruiksvormen

Bodem-gebruik code	Beregeningsgift (cm)	Interval beregeningsgift (d)	Kritische waarde voor beregening (pF)
5	3,0	7	2,6
7	3,5	7	2,7
9	2,5	7	2,3

Van de in Tabel 27 aangegeven beregeningsgiften komt 90% in de vorm van neerslag als bovenrandvoorwaarde het model binnen.

In HYMUST wordt de beregeningsgift bepaald door de hoeveelheid die nodig is om de wortelzone op veldcapaciteit (pF = 2,0) te brengen met als maximum de in Tabel 27 vermelde waarde.

De onderrandvoorwaarde betreft de flux q_w. In de volgende paragraaf zal worden aangegeven op welke wijze deze wordt berekend.

7.2.5.3. Variabel bovenste watervoerend pakket

Voor de grondwaterstroming in dit pakket kan de volgende betrekking worden opgesteld:

$$q_w = I + K$$

waarin: q_w = stroming door de onderkant van het onverzadigd systeem in een decade (mm)

I = infiltratie (positief), drainage (negatief) in een decade (mm)

K = kwel (positief), wegzijging (negatief) in een decade (mm)

Voor het betreffende blok volgt per waterschap een waarde voor K uit Tabel 4.

Voor de berekeningen van waarden voor I is het pakket opgedeeld in:
- bodemlagen beneden polderpeil;
- bodemlagen boven polderpeil.

In de bodemlagen beneden polderpeil heeft de grondwaterstroming betrekking op infiltratie wanneer $\bar{H} \geq P$. Voor de hierbij van belang zijnde infiltratieweerstanden R_{in} zijn waarden vastgesteld (zie paragraaf 4.3.4). Bij drainage, $\bar{H} < P$, vindt het afvoerproces gedeeltelijk in deze lagen plaats. Er wordt vanuit gegaan dat de afvoerweerstand R_d gelijk is aan R_{in}.

De bodemlagen boven polderpeil zijn alleen van belang bij drainage. Naarmate de grondwaterstand stijgt worden deze lagen in meerdere mate betrokken bij de afvoer. De ondiepe afvoerweerstand R_o is mede afhankelijk van de grondwaterstand. Uitgaande van de formule van Hooghoudt is bij een drainagecriterium - een afvoer van 10 mm.d^{-1} wanneer de grondwaterstand midden tussen de ontwateringsmiddelen het maaiveld raakt - R_o uitgedrukt in R_d (MASSOP, 1988).
Voor blokken met gebruikscode 6 en 7 en een polderpeil dieper dan 120 cm-mv wordt een drainagesysteem in de bodem aangenomen op een diepte van 120 cm-mv. De hierop betrekking hebbende afvoerweerstand is uitgaande van bovengenoemd drainagecriterium eveneens uitgedrukt in R_d.
Voor de in het voorgaande omschreven situaties zijn de volgende betrekkingen opgesteld:

- infiltratie, $\bar{H} \geq P$

$$I = 10\ T\ \frac{\bar{H} - P}{\alpha\ R_{in}}$$

- drainage, $\bar{H} < P$

$$I = I_d + I_o$$

$$I_d = 10\ T\ \frac{\bar{H} - P}{\alpha\ R_{in}}$$

* sloten: $I_o = -\ 10\ T\ \frac{(R_i - P)\ (\bar{H} - P)^2}{\alpha^2\ R_{in} P^2}$

* drains ($\bar{H} < 120$) : $I_o = 10\ T\ \frac{(30\ \alpha - P + \alpha\ R_{in})\ (\bar{H} - 120)}{120\ \alpha^2\ R_{in}}$

waarin: I = infiltratie tijdens een decade (mm)
I_d = diepe infiltratie in een decade (mm)
I_o = ondiepe infiltratie in een decade (mm)
$\bar{H}$ = gemiddelde grondwaterstand tijdens een decade (cm-mv)
P = polderpeil (cm-mv)
α = vormfactor in verband met kromming van grondwaterspiegel (is gesteld op 0,8)
R_{in} = infiltratieweerstand (d)
T = lengte van de decade (d)

De afvoer in bovenstaande vergelijkingen is geformuleerd als een negatieve infiltratie en is opgesplitst in een afvoercomponent I_d voor de diepe bodemlagen en een afvoercomponent I_o voor de ondiepe bodemlagen. Alle grootheden behalve $\bar{H}$ en I zijn in het programma ingevoerd of kunnen worden ingelezen van de datafile in Tabel 25.

7.2.5.4. Berekening van de infiltratie

Voorafgaand aan de berekening van de onverzadigde stroming worden door het model voor de ondergrond curven voor het verzadigingstekort berekend. Onder het verzadigingstekort S_u wordt verstaan: de hoeveelheid vocht die nog in het profiel kan worden geborgen tot het verzadigingspunt bereikt is. Bij elke stationaire stromingstoestand met een bepaalde intensiteit voor de capillaire flux q_{rs} door de onderkant van de wortelzone wordt het verzadigingstekort van de ondergrond S_s berekend voor 13 standaardwaarden van de zuigspanning p_{rs} aan de onderkant van de wortelzone. De berekening van de relatie tussen S_s en p_{rs} wordt uitgevoerd voor 18 standaardwaarden van de stationaire flux q_{rs}. Voor de bovengrond (wortelzone) wordt de relatie $S_r(p_{rs})$ bepaald.
Het aantal profielen waarvoor bovenstaande berekeningen worden uitgevoerd is gelijk aan het aantal combinaties in paragraaf 7.2.5.2. (OOSTINDIE en VAN BAKEL, 1988). De resultaten van de berekeningen worden verwerkt in de zogenaamde VPOS-tabellen.

Uitgaande van waarden voor S_u en q_w in decade i-1 worden in een iteratieve procedure nieuwe waarden hiervoor berekend in decade i onder in vloed van de bovenrandvoorwaarde $-q_s$ in decade i- en door gebruik te maken van de betrekking $q_w = I + K$ en de gegeven drainageformules. Voor decade i wordt zodoende een waarde berekend voor I: indien in een vak van het betreffende blok wordt beregend, kan de aanvoerbehoefte voor het betreffende vak worden gesteld op:

$$Q_k = (I + B)\,\frac{10A_v}{86400T}$$

waarin: Q_k = aanvoerbehoefte in een decade van een vak met bodemgebruikscode k (k = 3, 5, 6, 7 of 9) ($m^3\ s^{-1}$)

I = infiltratie in een decade (mm)

B = beregeningsgift in een decade (mm)

A_v = oppervlakte van een vak (25 ha)

T = lengte van een decade (d)

In Tabel 28 is voor een willekeurig blok het resultaat van de berekeningen voor het jaar 1976 zonder beregening weergegeven. Naast informatie over de relevante factoren betreffende de waterhuishouding wordt door een samenvattende waterbalans voor het zomerhalfjaar inzicht gegeven in de hydrologische situatie. Het is opvallend dat ondanks het verdampingsoverschot gedurende praktisch het gehele zomerhalfjaar tot de 20e decade afvoer plaatsvindt. De factor 0,67 voor de relatieve verdamping geeft aan dat er sprake is van een belangrijke opbrengstreductie.

In Tabel 28 is één van de uitvoermogelijheden van HYMUST gepresenteerd, voor meer informatie hieromtrent wordt verwezen naar OOSTINDIE en VAN BAKEL (1988).

Tabel 28. Rekenresultaten voor een blok in 1976

Berekeningen per decade voor het jaar : 1976 en bloknummer : 108 zonder beregening

Bodemgebruik : 6 (Bouwland groen) Bodemeenheid : 2 Kwelintensiteit : 0.035 cm/dag
Zomerpeil : 160. cm-mv Winterpeil : 190. cm-mv Drainageweerstand : 1600. dagen

DECADE	NEERSLAG CM/DAG	EO CM/DAG	ETIP CM/DAG	EACT CM/DAG	PRN CM	GRSN CM/DAG	H CM-MV	QV CM/DAG	INFT CM/DAG	FLEVEL CM-MV	GIRR CM/DAG
1	0.353	0.080	0.080	0.080	58.696	-0.180	176.713	0.025	-0.010	190.000	0.000
2	0.072	0.080	0.080	0.080	93.081	-0.032	173.240	0.022	-0.013	190.000	0.000
3	0.231	0.064	0.064	0.064	63.579	-0.133	162.737	0.014	-0.021	190.000	0.000
4	0.030	0.030	0.024	0.024	88.585	-0.038	159.246	0.011	-0.024	190.000	0.000
5	0.128	0.080	0.064	0.064	80.450	-0.055	152.670	0.006	-0.029	190.000	0.000
6	0.023	0.078	0.062	0.062	101.568	0.011	152.948	0.006	-0.029	190.000	0.000
7	0.050	0.140	0.098	0.098	112.739	0.020	152.381	0.006	-0.029	190.000	0.000
8	0.230	0.130	0.091	0.091	75.536	-0.091	144.871	0.008	-0.035	190.000	0.000
9	0.090	0.218	0.153	0.153	109.023	0.028	146.926	0.001	-0.034	190.000	0.000
10	0.028	0.230	0.138	0.138	138.988	0.042	147.078	0.017	-0.018	170.000	0.000
11	0.018	0.280	0.168	0.168	196.276	0.057	148.034	0.025	-0.009	160.000	0.000
12	0.014	0.340	0.204	0.204	310.981	0.067	149.388	0.027	-0.008	160.000	0.000
13	0.015	0.410	0.328	0.313	586.639	0.074	150.180	0.027	-0.008	160.000	0.000
14	0.054	0.430	0.344	0.292	844.646	0.073	152.060	0.029	-0.006	160.000	0.000
15	0.165	0.382	0.305	0.252	920.312	0.068	154.700	0.031	-0.004	160.000	0.000
16	0.033	0.490	0.441	0.288	1661.563	0.071	155.175	0.031	-0.004	160.000	0.000
17	0.202	0.440	0.396	0.270	1512.342	0.065	157.738	0.033	-0.002	160.000	0.000
18	0.092	0.650	0.585	0.302	2672.175	0.069	157.946	0.033	-0.002	160.000	0.000
19	0.000	0.660	0.528	0.198	4359.965	0.071	158.420	0.034	-0.001	160.000	0.000
20	0.030	0.440	0.352	0.123	4769.899	0.068	160.211	0.035	0.000	160.000	0.000
21	0.166	0.409	0.327	0.162	2881.573	0.059	163.445	0.038	0.003	160.000	0.000
22	0.054	0.420	0.210	0.107	2727.321	0.056	165.419	0.039	0.004	160.000	0.000
23	0.000	0.430	0.215	0.094	3525.591	0.058	165.162	0.039	0.004	160.000	0.000
24	0.137	0.418	0.209	0.139	1589.600	0.049	168.886	0.042	0.007	160.000	0.000
25	0.403	0.280	0.168	0.165	531.425	-0.031	169.615	0.042	0.008	160.000	0.000
26	0.570	0.180	0.108	0.108	177.003	-0.067	168.362	0.042	0.007	160.000	0.000
27	0.090	0.160	0.096	0.096	205.337	0.029	166.753	0.040	0.005	160.000	0.000
28	0.509	0.140	0.112	0.112	77.232	-0.129	161.290	0.020	-0.015	180.000	0.000
29	0.179	0.110	0.088	0.088	78.214	-0.061	154.743	0.007	-0.028	190.000	0.000
30	0.104	0.064	0.051	0.051	87.970	-0.029	150.754	0.004	-0.031	190.000	0.000
31	0.120	0.060	0.054	0.054	84.027	-0.029	147.447	0.002	-0.033	190.000	0.000
32	0.237	0.020	0.018	0.018	63.494	-0.134	133.866	-0.009	-0.044	190.000	0.000
33	0.216	0.090	0.081	0.081	61.019	-0.104	124.366	-0.016	-0.051	190.000	0.000
34	0.453	0.060	0.060	0.060	44.599	-0.327	105.456	-0.163	-0.198	190.000	0.000
35	0.162	0.020	0.020	0.020	46.571	-0.134	107.176	-0.146	-0.181	190.000	0.000
36	0.306	0.018	0.018	0.018	39.179	-0.258	100.306	-0.214	-0.249	190.000	0.000

Samenvattende waterbalans voor de zomerperiode in cm per half jaar :

Nuttige neerslag	(N) :	20.97
Open waterverdamping	(EO) :	71.70
Potentiele verdamping	(ETIP) :	52.07
Actuele verdamping	(EACT) :	34.76
Relatieve verdamping	(EACT/ETIP) :	0.67
Stroming door onderkant model	(QV) :	6.15
Bergingsverandering wortelzone	:	4.84
Bergingsverandering ondergrond	:	2.60
Beregening	:	0.00
Aanvoerbehoefte voor peilbeheer	(INFT) :	0.39

Pieksaanvoerbehoefte : 0.008 cm/dag, in decade : 25
Aanvoerbehoefte voor beregening (GIRR) : 0.00

7.3. Vaststelling van de aanvoerbehoefte op gebiedsniveau

Onder gebiedsniveau kan hier worden verstaan: deelgebieden, waterschappen en totaal studiegebied. Vanwege het toekennen van verschillende waarden aan de onderscheiden klassen voor kwel/wegzijging per waterschap en het gebruik van neerslaggegevens van twee stations zijn de berekeningen voor de aanvoerbehoefte per waterschap afzonderlijk uitgevoerd. Hierbij is tevens de aanvoerbehoefte voor de deelgebieden berekend.

Deelgebieden kunnen worden beschouwd als groepen van vakken met een reeks coden. Voor de vakken met overeenkomstige coden, verenigd in een blok, is de aanvoerbehoefte gelijk. Bij het vaststellen van de aanvoerbehoefte van een deelgebied wordt als volgt te werk gegaan. Allereerst worden de vakken van een deelgebied gegroepeerd in blokken. Dit vindt plaats op basis van overeenkomstige coden. Voor één eenheid (= vak) in elk geformeerd blok wordt de wateraanvoerbehoefte (Q) bepaald zoals in de voorgaande paragrafen is uiteengezet. Deze wordt vermenigvuldigd met het aantal vakken (n) in het blok. Vervolgens wordt de som van de aanvoerbehoefte vastgesteld door sommatie over de blokken die in het deelgebied voorkomen:

$$W_{39} = \sum_{x=1}^{m} n_x \, Q_x$$

waarin: W_{39} = som van de aanvoerbehoefte van alle vakken met bodemgebruikscode 3 t/m 9 binnen een deelgebied in een decade ($m^3.s^{-1}$)

Q_x = aanvoerbehoefte in de betreffende decade van een vak behorend tot blok x ($m^3.s^{-1}$)

n_x = aantal vakken van blok x in het betreffende deelgebied

m = aantal blokken in het deelgebied

Bij de bepaling van de aanvoerbehoefte op blokniveau is geen rekening gehouden met de onttrekkingen aan het oppervlaktewater en evenmin met de lozingen van huishoudelijk en industrieel afvalwater op het oppervlaktewater. De onttrekkingen hebben hoofdzakelijk betrekking op een aanvoerbehoefte voor het stedelijk gebied op IJsselmonde en het Eiland van Dordrecht. Gegevens hierover zijn aangeleverd door de waterschappen. De lozingen zijn afkomstig van de in het studiegebied aanwezige zuiveringsinstallaties, de bijdrage hiervan is beperkt aangezien de lozing van afvalwater hoofdzakelijk extern plaatsvindt.

De posten in het voorgaande zijn ondergebracht in de volgende grootheden:

W_{O_p} = onttrekking aan de polderwateren van een deelgebied in een decade ($m^3.s^{-1}$)

W_{L_p} = lozing van huishoudelijk en industrieel afvalwater op de polderwateren van een deelgebied in een decade ($m^3.s^{-1}$)

De lozing van overtollige neerslag van het stedelijk gebied vermeerderd of verminderd met respectievelijk eventuele kwel of wegzijging op de polderwateren wordt bij de berekening van de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing niet meegenomen. Bij het stromingsmodel zal, zoals reeds eerder is opgemerkt, voor een deel van het studiegebied hiermee wel rekening worden gehouden. Bij de toetsing van de berekende waterbalansen aan opgestelde waterbalansen op basis van ondermeer gegevens betreffende ingelaten en uitgemalen hoeveelheden voor een aantal jaren zal eveneens hiervoor een post in rekening worden gebracht. De lozing vanaf kassen op het oppervlaktewater is gezien de oppervlakte van deze gebruikscode buiten beschouwing gelaten.

Uit het voorgaande volgt dat de netto-aanvoerbehoefte (W_N) van een deelgebied gelijk is aan:

$$W_N = W_{39} + W_{O_p} - W_{L_p}$$

In Tabel 29 is de berekende aanvoerbehoefte voor peilbeheer (W_{39}) in het zomerhalfjaar voor een periode van 50 jaar voor deelgebied 901, gelegen in de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, weergegeven. De aanvoerbehoefte is als een positieve waarde aangegeven, de negatieve waarden hebben betrekking op afvoer. In 1976 in de 10e decade wordt de grootste aanvoerbehoefte berekend, namelijk 0,14 $m^3.s^{-1}$. Indien de waarde wordt omgerekend naar het oppervlak van 225 ha komt dit neer op 5,4 $mm.d^{-1}$. De hoge waarde is toe te schrijven aan het feit dat het deelgebied 901 betrekking heeft op de Hoge boezem van de Nederwaard, die hoofdzakelijk open water (code 4) als gebruiksvorm heeft.

Tabel 29. Berekende aanvoerbehoefte voor peilbeheer zonder beregening voor deelgebied 901 in het HHR Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden

TABEL	HOEVEEL VAR.	VOLGNR	WELKE VAR.	CODE	TABEL (VOLGNUMMER)
0	1	1)	12	901	1

HHR Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden (9) DEELGEB = 1 OPP. = 225 HA. VOOR PEILBEHEER OPP. = 225 HA

AANVOERBEHOEFTE VOOR PEILBEHEER IN M3/SEC

JAAR	DECADE																	
	APR 1	APR 2	APR 3	MEI 4	MEI 5	MEI 6	JUN 7	JUN 8	JUN 9	JUL 10	JUL 11	JUL 12	AUG 13	AUG 14	AUG 15	SEP 16	SEP 17	SEP 18
1937	0.00	-0.03	-0.04	0.04	-0.01	0.10	0.07	0.05	0.08	0.05	0.08	0.03	0.08	-0.06	0.02	0.03	-0.05	-0.02
1938	0.04	0.03	0.05	0.08	0.07	0.08	0.07	0.10	0.10	-0.01	0.01	0.08	0.05	-0.02	0.07	0.02	0.04	0.04
1939	0.00	0.05	0.01	0.02	-0.03	0.10	0.13	0.06	0.10	0.08	0.07	-0.04	0.02	0.07	0.02	0.07	-0.12	0.04
1940	0.01	0.01	0.01	0.04	0.09	0.03	0.11	-0.02	0.09	0.01	-0.01	0.00	0.08	0.05	-0.07	0.06	-0.13	-0.04
1941	0.05	0.02	0.07	0.07	0.08	0.00	0.08	0.11	0.13	0.13	0.10	0.07	-0.09	-0.06	-0.02	0.06	0.01	0.05
1942	0.01	0.09	0.10	0.09	0.06	0.02	0.09	0.01	0.10	0.02	-0.19	0.02	0.06	0.04	0.08	0.04	0.05	0.00
1943	0.02	0.06	0.06	0.04	0.10	0.05	-0.09	-0.03	0.06	0.04	0.06	0.10	-0.05	0.03	-0.01	0.05	0.04	-0.01
1944	0.02	0.03	0.05	0.07	0.05	0.09	-0.01	0.05	0.08	0.04	0.04	0.04	0.09	0.07	0.00	-0.09	0.05	-0.05
1945	0.03	0.05	-0.05	-0.06	0.09	-0.13	0.08	0.09	0.05	0.05	0.11	0.04	-0.01	0.05	0.02	0.04	0.03	-0.13
1946	0.06	0.05	0.05	0.10	0.06	0.05	-0.05	-0.04	0.06	0.11	0.05	0.05	0.02	-0.13	-0.03	0.03	-0.02	0.00
1947	-0.03	0.07	0.07	0.07	-0.02	0.11	0.09	0.09	0.12	0.06	0.05	0.10	0.03	0.13	0.12	0.08	0.06	-0.01
1948	-0.01	0.07	0.04	0.05	0.08	0.04	0.05	0.05	-0.07	-0.03	-0.03	0.11	0.00	0.02	0.07	0.05	0.04	0.04
1949	0.00	0.06	0.03	0.07	0.06	0.01	0.08	0.06	0.10	0.09	0.08	0.10	0.05	0.08	0.08	0.05	0.01	0.01
1950	0.01	0.00	-0.05	-0.02	0.06	0.01	0.13	0.10	-0.07	0.06	0.06	0.04	-0.02	0.02	-0.03	0.02	-0.08	-0.09
1951	-0.07	0.02	0.05	0.02	0.06	0.01	0.11	0.09	-0.04	0.03	0.05	0.06	-0.15	-0.01	0.03	0.00	-0.03	0.02
1952	0.03	0.08	0.07	0.04	0.09	0.06	0.03	0.08	0.07	0.04	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	-0.01	-0.02	-0.06
1953	-0.03	0.03	0.04	0.07	0.08	0.05	0.02	0.04	0.07	0.08	0.00	0.07	0.08	0.08	-0.18	0.06	0.05	-0.02
1954	0.02	0.06	0.08	0.07	0.11	0.06	0.06	-0.02	0.05	0.05	-0.10	-0.10	-0.01	-0.01	0.03	0.02	0.01	-0.07
1955	0.01	0.05	0.07	0.04	-0.02	0.06	0.08	0.04	0.07	0.07	0.08	0.09	-0.02	0.05	0.07	0.02	-0.12	0.00
1956	0.04	-0.02	0.03	0.08	0.07	0.06	0.05	0.00	0.06	0.04	-0.03	0.06	-0.02	0.01	-0.07	0.00	0.01	0.04
1957	0.06	0.04	0.05	0.04	0.05	0.07	0.08	0.12	0.09	0.07	0.01	0.02	0.06	-0.14	-0.01	0.00	-0.21	-0.13
1958	0.03	0.04	0.01	0.06	0.02	0.05	0.09	0.08	-0.17	0.06	0.07	-0.02	0.02	0.03	0.00	0.04	0.01	-0.08
1959	0.00	0.03	0.00	0.08	0.09	0.09	0.10	0.12	0.08	0.07	0.12	0.05	0.04	0.03	0.08	0.09	0.07	0.05
1960	0.02	0.05	0.06	0.09	0.04	0.01	0.10	0.07	0.08	0.00	0.03	0.04	-0.04	-0.08	-0.09	-0.02	0.00	0.00
1961	-0.08	0.03	0.02	0.05	0.07	0.07	0.06	0.03	0.10	0.07	-0.11	0.04	0.06	0.00	0.00	-0.07	0.04	0.01
1962	-0.08	0.03	0.06	0.05	0.04	0.01	0.11	0.10	0.08	0.07	-0.10	-0.05	0.02	0.05	0.05	0.00	-0.05	0.03
1963	0.04	0.05	0.04	0.03	0.01	0.04	0.11	0.00	0.04	-0.01	0.05	0.09	0.01	-0.09	-0.12	-0.06	0.06	-0.02
1964	0.03	0.02	-0.02	0.03	0.07	0.09	-0.02	-0.04	0.04	0.07	0.05	0.06	0.01	0.00	0.08	-0.01	0.00	0.03
1965	0.04	-0.05	0.00	-0.12	0.08	0.07	0.05	-0.03	0.08	-0.03	0.00	-0.07	0.00	0.08	-0.07	-0.13	0.02	0.04
1966	0.00	-0.04	0.01	0.04	0.09	0.07	0.10	-0.06	-0.14	0.04	-0.08	-0.02	-0.01	0.09	0.01	0.03	0.00	0.04
1967	-0.01	0.03	0.07	0.06	-0.02	-0.02	0.07	0.09	0.04	0.07	0.08	0.07	0.06	-0.06	0.08	0.00	-0.06	0.04
1968	0.02	0.07	0.04	0.00	0.01	0.07	0.05	0.05	0.00	-0.10	0.02	0.07	-0.04	-0.21	0.05	0.05	-0.03	-0.16
1969	0.05	-0.02	-0.01	0.02	-0.03	0.07	0.03	0.10	0.07	0.03	0.07	0.09	0.11	0.04	-0.21	0.06	0.06	0.04
1970	-0.07	0.02	0.00	0.06	0.07	0.08	0.13	0.12	0.06	0.04	-0.01	0.01	0.06	0.05	0.07	0.05	-0.07	0.05
1971	0.04	0.04	0.04	0.08	0.03	-0.04	0.08	-0.13	0.03	0.11	0.10	-0.01	0.04	0.05	0.02	0.07	0.05	0.00
1972	0.00	0.00	0.06	0.04	0.02	0.02	0.05	0.07	0.02	-0.03	0.09	0.02	0.00	-0.01	0.07	0.02	-0.04	0.04
1973	-0.02	0.02	0.02	-0.02	0.04	0.01	0.02	0.10	0.09	0.10	-0.02	0.01	0.05	0.08	0.04	0.05	0.03	-0.08
1974	0.07	0.07	0.04	0.07	0.08	0.03	0.00	0.08	0.08	-0.02	0.00	0.06	0.03	0.00	0.06	-0.07	0.04	-0.11
1975	-0.07	0.00	0.04	0.02	0.06	0.09	0.06	0.07	-0.08	0.07	0.07	0.06	0.10	0.02	0.00	0.03	-0.01	-0.05
1976	0.03	0.06	0.08	0.09	0.09	0.04	0.10	0.05	0.10	0.14	0.09	0.04	0.08	0.10	0.09	-0.05	-0.04	0.01
1977	-0.04	0.02	0.03	0.03	0.02	0.11	0.05	0.07	0.07	0.11	0.05	0.00	0.03	-0.01	-0.17	0.04	0.05	0.04
1978	0.03	-0.01	0.03	-0.09	0.03	0.08	0.06	0.07	-0.06	-0.10	0.05	0.07	0.04	0.04	-0.01	0.00	0.04	-0.06
1979	0.01	0.04	-0.07	-0.03	0.05	-0.08	0.04	-0.06	0.06	0.07	0.03	0.06	0.02	-0.01	-0.01	0.03	0.04	0.02
1980	-0.04	0.04	0.03	0.08	0.11	0.06	0.07	0.05	-0.02	-0.12	-0.09	0.06	0.07	0.03	0.00	0.03	0.03	0.03
1981	0.04	0.06	0.03	-0.01	0.07	-0.05	0.02	0.04	-0.02	0.06	0.04	-0.02	0.06	0.03	0.05	0.03	-0.04	0.03
1982	0.01	0.05	0.05	0.03	0.06	0.07	0.11	-0.01	-0.01	0.08	0.09	0.07	0.06	0.01	0.01	0.03	0.04	-0.01
1983	-0.04	0.01	-0.08	-0.04	0.00	-0.01	0.06	0.10	0.06	0.08	0.10	0.07	0.02	0.07	0.06	-0.05	-0.34	0.03
1984	0.01	0.04	0.09	0.04	0.02	-0.06	-0.02	0.08	0.04	0.06	-0.15	0.07	0.03	0.07	0.06	-0.10	-0.04	-0.12
1985	-0.05	-0.07	0.03	0.02	0.02	0.07	0.05	0.00	-0.04	0.09	0.05	-0.08	-0.02	-0.03	0.03	0.00	0.01	0.03
1986	0.01	0.00	-0.01	-0.02	0.07	0.05	-0.05	0.11	0.09	0.07	0.09	0.02	0.08	0.06	-0.13	0.00	-0.01	0.04

De aanvoerbehoefte van een groep van deelgebieden zoals een waterschap of het totaal studiegebied wordt bepaald door sommatie van de aanvoerbehoeften, die voor de inliggende deelgebieden zijn berekend. In Tabel 30 is de berekende aanvoerbehoefte voor peilbeheersing (W_{39}) voor IJsselmonde gegeven. Vanwege de grote oppervlakte stedelijk gebied (code 1) wordt slechts voor 5700 ha de wateraanvoerbehoefte berekend.

In 1947 in de 14e decade wordt de grootste aanvoerbehoefte berekend: 0,56 $m^3.s^{-1}$. Omgerekend naar het oppervlak voor peilbeheer komt dit neer op een aanvoerbehoefte van 0,85 $mm.d^{-1}$.

Tabel 30. Berekende aanvoerbehoefte voor peilbeheersing zonder beregening voor IJsselmonde

TABEL	HOEVEEL VAR.	VOLGNR	WELKE VAR.	CODE	TABEL (VOLGNUMMER)
0	1				19

Waterschap IJsselmonde (4) DEELGEB = 0 OPP. = 12375 HA, VOOR PEILBEHEER OPP. = 5700 HA

AANVOERBEHOEFTE VOOR PEILBEHEER IN M3/SEC

JAAR	DECADE 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	APR				MEI			JUN			JUL			AUG			SEP		
1937	-0.38	-0.81	-1.15	-0.24	-0.49	0.09	0.18	0.24	0.34	0.34	0.40	0.38	0.45	0.08	0.17	0.18	-0.36	-0.49
1938	0.23	0.23	0.25	0.33	0.35	0.38	0.42	0.46	0.47	0.37	0.37	0.44	0.43	0.24	0.35	0.30	0.31	0.30
1939	-0.35	-0.01	-0.18	-0.18	-0.75	0.05	0.28	0.27	0.38	0.40	0.43	0.21	0.24	0.33	0.27	0.34	-0.58	-0.03
1940	-0.25	-0.31	-0.30	0.02	0.21	0.13	0.34	0.13	0.33	0.26	0.17	0.13	0.30	0.30	-0.34	0.10	-1.43	-1.21
1941	-0.13	-0.11	0.11	0.20	0.29	0.04	0.26	0.38	0.46	0.49	0.49	0.51	0.09	-0.30	-0.44	0.02	0.01	0.16
1942	0.03	0.27	0.34	0.37	0.37	0.28	0.41	0.30	0.44	0.37	-1.16	-0.27	0.04	0.11	0.25	0.25	0.28	0.13
1943	0.25	0.33	0.32	0.28	0.40	0.32	-0.45	-0.58	0.00	0.12	0.25	0.37	0.02	0.17	-0.03	0.15	0.19	0.04
1944	0.14	0.17	0.22	0.28	0.27	0.37	0.14	0.29	0.37	0.34	0.37	0.38	0.45	0.43	0.32	-0.33	0.09	-0.50
1945	0.19	0.27	-0.38	-1.12	-0.09	-2.29	-0.35	0.09	0.18	0.26	0.39	0.35	0.25	0.31	0.28	0.30	0.28	-0.91
1946	0.00	0.10	0.17	0.30	0.29	0.30	-0.18	-0.50	0.03	0.26	0.26	0.32	0.32	-0.93	-0.82	-0.22	-0.56	-0.39
1947	-0.82	-0.08	0.08	0.19	-0.21	0.22	0.28	0.36	0.44	0.43	0.48	0.51	0.47	0.56	0.54	0.50	0.52	0.38
1948	0.00	0.23	0.21	0.25	0.32	0.28	0.32	0.35	-0.21	-0.37	-0.59	0.14	0.05	0.11	0.24	0.26	0.27	0.29
1949	-0.02	0.20	0.15	0.25	0.28	0.08	0.29	0.31	0.42	0.43	0.46	0.49	0.53	0.51	0.50	0.51	0.44	0.40
1950	-0.03	-0.29	-1.15	-1.02	-0.22	-0.39	0.17	0.26	-0.23	0.14	0.23	0.27	0.02	0.08	-0.55	-0.18	-1.18	-1.97
1951	-1.64	-0.69	-0.21	-0.21	0.04	-0.12	0.24	0.29	0.04	0.17	0.25	0.32	-0.98	-0.59	-0.17	-0.26	-0.66	-0.29
1952	-0.09	0.16	0.21	0.20	0.32	0.31	0.32	0.38	0.41	0.42	0.43	0.43	0.43	0.40	0.40	0.24	0.07	-0.51
1953	-0.19	0.01	0.03	0.18	0.27	0.28	0.25	0.29	0.36	0.40	0.32	0.41	0.43	0.45	-1.02	-0.06	0.08	-0.13
1954	0.09	0.24	0.30	0.33	0.41	0.38	0.41	0.20	0.31	0.34	-0.40	-1.36	-0.87	-0.64	-0.23	-0.18	-0.20	-1.25
1955	0.03	0.19	0.25	0.23	-0.20	0.13	0.26	0.28	0.35	0.38	0.42	0.45	0.30	0.38	0.39	0.37	-0.44	-0.22
1956	0.27	-0.02	0.15	0.26	0.27	0.32	0.34	0.25	0.34	0.34	0.09	0.29	0.05	0.07	-0.80	-0.48	-0.30	-0.04
1957	0.10	0.16	0.19	0.18	0.20	0.28	0.33	0.45	0.44	0.47	0.40	0.38	0.40	-0.62	-0.42	-0.39	-3.45	-3.38
1958	0.07	0.15	-0.04	0.14	0.05	0.13	0.29	0.34	-1.09	-0.07	0.15	-0.06	0.04	0.08	-0.03	0.10	0.03	-0.99
1959	-0.27	-0.11	-0.33	0.07	0.23	0.32	0.38	0.46	0.45	0.49	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.49	0.46	0.46
1960	0.14	0.24	0.26	0.35	0.28	0.13	0.35	0.35	0.41	0.30	0.34	0.34	0.05	-0.72	-1.57	-1.02	-0.60	-0.48
1961	-1.01	-0.30	-0.21	-0.02	0.15	0.22	0.28	0.30	0.41	0.39	-0.26	0.13	0.23	0.13	0.01	-0.78	-0.14	-0.15
1962	-1.10	-0.34	-0.01	0.08	0.12	-0.08	0.27	0.32	0.36	0.39	-0.11	-0.43	-0.13	0.09	0.17	0.00	-0.63	-0.11
1963	0.09	0.10	0.12	0.08	-0.11	0.04	0.30	0.15	0.23	0.07	0.22	0.36	0.27	-0.51	-1.92	-1.87	-0.41	-0.54
1964	0.04	0.03	-0.45	-0.19	0.10	0.25	0.00	-0.39	0.01	0.18	0.24	0.31	0.24	0.10	0.30	0.07	-0.02	0.09
1965	-0.12	-0.91	-0.65	-2.51	-0.49	-0.01	0.11	-0.14	0.18	-0.08	-0.12	-0.98	-0.66	-0.02	-0.94	-2.46	-0.83	-0.24
1966	-0.56	-1.04	-0.65	-0.22	0.10	0.18	0.31	-0.11	-1.65	-0.33	-1.19	-0.93	-0.84	-0.05	-0.13	0.00	-0.18	0.02
1967	-0.34	-0.06	0.13	0.18	-0.39	-0.84	-0.04	0.20	0.22	0.32	0.38	0.40	0.43	0.09	0.32	0.17	-0.33	0.03
1968	0.11	0.26	0.22	-0.04	-0.16	0.13	0.19	0.26	0.16	-0.86	-0.23	0.10	-0.30	-3.13	-0.62	-0.12	-0.54	-2.86
1969	0.12	-0.30	-0.51	-0.26	-0.87	-0.08	0.01	0.25	0.28	0.30	0.37	0.41	0.47	0.45	-1.22	-0.13	0.09	0.16
1970	-1.25	-0.56	-0.64	-0.13	0.06	0.20	0.36	0.41	0.41	0.44	0.34	0.33	0.38	0.37	0.40	0.39	-0.04	0.20
1971	0.17	0.21	0.21	0.32	0.22	-0.40	0.12	-1.28	-0.34	0.14	0.26	0.12	0.23	0.26	0.23	0.31	0.32	0.21
1972	0.02	-0.13	0.10	0.13	0.01	-0.11	0.13	0.25	0.21	-0.10	0.25	0.19	0.10	-0.07	0.18	0.14	-0.35	0.00
1973	-0.10	-0.05	-0.09	-0.56	-0.18	-0.33	-0.12	0.22	0.30	0.37	0.18	0.21	0.28	0.36	0.34	0.36	0.35	-0.22
1974	0.16	0.24	0.22	0.29	0.26	0.28	0.12	0.31	0.35	0.11	0.08	0.27	0.26	0.16	0.28	-0.34	0.02	-1.35
1975	-1.64	-1.00	-0.31	-0.17	0.03	0.22	0.27	0.34	-0.25	0.16	0.25	0.32	0.41	0.36	0.27	0.30	0.11	-0.31
1976	0.27	0.33	0.36	0.39	0.42	0.37	0.45	0.43	0.51	0.55	0.50	0.54	0.54	0.54	0.52	0.27	0.08	0.13
1977	-0.77	-0.37	-0.18	-0.12	-0.20	0.19	0.18	0.27	0.34	0.42	0.41	0.35	0.36	0.20	-1.54	-0.30	-0.02	0.07
1978	-0.09	-0.34	-0.16	-1.04	-0.35	0.04	0.16	0.27	-0.21	-1.17	-0.17	0.12	0.17	0.23	0.01	-0.05	0.07	-0.65
1979	-0.50	-0.15	-1.32	-1.24	-0.35	-1.70	-0.43	-1.14	-0.18	0.09	0.17	0.27	0.26	0.11	-0.06	0.08	0.13	0.15
1980	-0.91	-0.28	-0.12	0.13	0.29	0.28	0.34	0.36	0.17	-0.93	-1.64	-0.23	0.07	0.12	0.03	0.10	0.12	0.15
1981	-0.31	0.02	0.03	-0.23	0.07	-0.79	-0.25	-0.01	-0.31	0.09	0.17	-0.03	0.16	0.18	0.25	0.23	-0.20	0.01
1982	-0.16	0.08	0.14	0.14	0.23	0.28	0.39	0.20	0.12	0.30	0.39	0.38	0.41	0.35	0.27	0.28	0.29	0.13
1983	-1.55	-0.73	-1.81	-1.65	-1.00	-0.90	-0.14	0.16	0.21	0.31	0.38	0.40	0.42	0.44	0.43	0.13	-4.17	-0.95
1984	-0.36	-0.06	0.16	0.15	0.08	-0.70	-0.71	0.00	0.10	0.23	-1.23	-0.08	0.03	0.20	0.25	-0.66	-0.82	-2.13
1985	-0.86	-1.64	-0.59	-0.32	-0.28	0.05	0.14	0.05	-0.41	0.12	0.19	-0.48	-0.57	-0.82	-0.24	-0.28	-0.19	-0.04
1986	-0.42	-0.45	-0.69	-0.95	-0.15	-0.02	-0.68	0.09	0.22	0.29	0.36	0.36	0.42	0.41	-0.47	-0.22	-0.38	-0.05

8. BEREKENING VAN DE AANVOERBEHOEFTE VOOR PEILBEHEERSING

8.1. ALGEMEEN

De aanvoerbehoefte voor peilbeheersing heeft betrekking op de wateraanvoer die nodig is om het verschil tussen onttrekkingen aan en lozingen op het oppervlaktewater te compenseren.
Het hydrologisch model werkt met tijdstappen van een decade. In de praktijk kunnen zich binnen een decade aanzienlijke variaties voordoen in de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing, welke door het hydrologische model niet worden gesimuleerd. Dergelijke variaties zijn veelal het gevolg van het grillige patroon van de neerslagverdeling binnen een decade en van het geringe bergend vermogen van het oppervlaktewatersysteem. In verband hiermede wordt in het studiegebied een deel van het hemelwater, dat na het optreden van buien vanaf (gedeeltelijk) verharde oppervlakten tot afvoer komt op het open water betrekkelijk snel uitgeslagen en niet binnen de waterschappen vastgehouden voor compensatie van onttrekkingen die op droge dagen optreden. Om bovengenoemde reden is de afvoer van overtollig hemelwater door de verharde oppervlakken (code 1) niet in rekening gebracht bij de berekening van de aanvoerbehoefte.
Bij een toetsing naderhand van de berekende waterbalansen, waarbij met name berekende aan- en afvoeren zullen worden vergeleken met gemeten waarden voor de ingelaten en uitgemalen hoeveelheden, dient de afvoer van overtollig hemelwater van het stedelijk gebied te worden meegenomen. Voor de waterschappen Goeree-Overflakkee en De Brielse Dijkring waar deze informatie tevens nodig is voor het stromingsmodel is HYMUST uitgebreid met een mogelijkheid om voor code 1 berekeningen uit te voeren (zie paragraaf 11.5.1).

Een andere mogelijkheid is gebruik te maken van de rekenresultaten op blokniveau, waarbij de gebiedskenmerken van het stedelijk gebied overeenkomen met het betreffende blok. Bij de behandeling van de waterbalansen zal worden aangegeven op welke wijze een post voor de afvoer van de overtollige neerslag van het stedelijk is vastgesteld.
Zowel voor de bodemgebruikssituatie 1983 als voor de bodemgebruikssi-

tuatie 2000 is nagegaan welke aanvoerbehoeften zich zouden hebben voorgedaan onder de meteorologische omstandigheden die in de jaren 1937 tot en met 1986 zijn opgetreden.
Een periode van 50 jaar is gekozen om een goed inzicht te krijgen in de variatie van de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing met de tijd. De lange reeks van modeluitkomsten leent zich goed voor een frequentie-analyse en het formuleren van uitspraken over de kans van optreden van bepaalde aanvoerbehoeften.
Opgemerkt moet worden, dat er bij de berekeningen van is uitgegaan, dat zowel in de zomer- als in de winterperiode één constant peil wordt gehandhaafd.

Er is gestart met het uitvoeren van berekeningen op blokniveau voor situaties zonder beregening (en bevloeiïng) voor de jaren 1975 en 1976. Deze berekeningen leverden een inzicht in de grootte van de bodemvochttekorten (E_p - E_a), die door toepassing van beregeningen kunnen worden bestreden. Op basis van dit inzicht zijn de blokken geselecteerd op grond van het hoogste vochttekort. Vervolgens is aan een aantal tot deze blokken behorende vakken het cijfer 1 voor beregening toegekend. Hierbij is het oppervlak van het aantal beregende vakken voor code 5 en 7 gelijk aan het oppervlak volgens het percentage in Tabel 22.
In Bijlage 18 is de lokatie van de beregende vakken in 1985 voor de bodemgebruikscode 5 en 7 weergegeven.
In Bijlage 19 is de situatie betreffende beregening voor het jaar 2000 weergegeven. In verband met een geringe aanpassing van het bodemgebruik in het jaar 2000 (SLOTHOUWER, 1988) is Bijlage 19 niet zonder meer te zien als een uitbreiding van het aantal vakken in Bijlage 18.
Bij de toekenning van beregening aan de meest droogtegevoelige vakken is het voor een aantal waterschapen in zowel bijlage 18 als 19 opvallend dat deze zijn geconcentreerd in een aantal deelgebieden. In werkelijkheid vertoont het voorkomen van beregening een meer regelmatige spreiding (VAN BOHEEMEN en DE WILDE, 1979).
De consequentie van de gevolgde procedure is een geringe overschatting van de benodigde wateraanvoer voor beregening.

8.2. AANVOERBEHOEFTE OP GEBIEDSNIVEAU

In het vorige hoofdstuk is de wijze waarop de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing wordt berekend uiteengezet. Door middel van een aantal tabellen is een eerste indruk gegeven betreffende de presentatiemogelijkheden van de rekenresultaten. De wateraanvoerbehoefte is berekend voor drie situaties, namelijk:

1. bodemgebruik 1983, geen beregening
2. bodemgebruik 1983, beregening 1985
3. bodemgebruik 2000, beregening 2000

De omvang van de verkregen informatie bij de uitgevoerde berekeningen voor de drie situaties legt beperkingen op bij de presentatie hiervan. Derhalve zal in eerste instantie meer uitgebreid aandacht worden besteed aan de berekende wateraanvoerbehoeften voor bodemgebruik 1983 met beregening. Naderhand zal bij de frequentie-analyse met behulp van tabellen een meer compleet inzicht worden gegeven in de rekenresultaten voor situatie 1 en 3.

Aanvoerbehoefte voor bodemgebruik 1983 met beregening

De aanvoerbehoeften van de waterschappen zijn afgeleid uit de aanvoerbehoeften die voor de verschillende deelgebieden zijn berekend. In de tabellen 31 tot en met 36 zijn de resultaten vermeld, die voor de zes waterschappen in het studiegebied zijn verkregen. De aanvoerbehoeften, die voor het totale studiegebied zijn berekend, staan weergegeven in Tabel 37. In laatstgenoemde tabel is tevens de aanvoerbehoefte voor het eiland Tiengemeten, de Merwelanden en gedeelten van het Waterschap Polderdistrict Tieler- en Culemborgerwaarden en het Waterschap Lopikerwaard opgenomen.

Tabel 31. Decadewaarden in $m^3.s^{-1}$ van de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing in het Waterschap Goeree-Overflakkee, zoals berekend voor de bodemgebruikssituatie 1983 met beregening en de meteorologische omstandigheden van de jaren 1937 tot en met 1986

JAAR	DECADE																	
	APR			MEI			JUN			JUL			AUG			SEP		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1937	-1.73	-2.77	-3.86	-1.04	-1.96	0.09	0.13	0.37	0.49	0.70	0.70	0.62	1.25	0.14	0.06	0.16	-2.45	-2.36
1938	0.06	0.39	0.33	0.56	0.61	0.66	1.17	1.43	1.52	1.02	1.02	1.49	0.67	0.67	1.21	0.92	0.90	0.87
1939	-1.36	-0.03	0.09	0.14	-1.02	0.46	1.40	0.57	1.30	1.37	1.21	0.53	0.65	1.13	1.14	1.07	0.06	0.43
1940	-1.22	-0.86	-0.56	-0.22	0.42	0.35	1.14	0.28	0.93	0.69	0.67	0.81	1.32	1.18	0.56	1.04	-0.86	-0.38
1941	-1.11	-0.78	0.07	0.33	0.79	0.17	0.33	1.15	1.69	1.62	1.57	1.28	0.45	-0.07	0.10	0.53	0.30	0.61
1942	-0.34	0.56	1.02	1.06	0.79	0.59	1.33	0.75	1.53	0.87	-3.71	-0.95	-0.13	-0.05	0.50	0.32	0.45	0.06
1943	-0.01	0.53	0.44	0.33	0.93	0.47	-0.24	-0.15	0.32	0.60	0.96	1.30	0.42	0.69	0.53	0.73	0.66	0.02
1944	0.08	0.35	0.46	0.80	0.44	0.92	0.46	1.08	1.28	0.94	1.28	1.00	1.63	1.26	1.08	-0.62	0.21	-0.41
1945	0.16	0.63	-0.81	-0.83	-0.06	-4.85	-0.60	0.60	0.37	0.82	1.45	1.10	0.46	0.80	0.86	0.97	0.83	-1.49
1946	-0.22	0.23	0.42	1.00	0.69	0.52	-0.11	-1.11	0.16	1.01	0.50	0.60	0.54	-0.16	-0.36	-0.13	-1.87	-1.04
1947	-2.37	-0.17	0.13	0.31	0.02	0.84	0.48	0.94	1.41	0.95	1.40	1.83	1.53	2.02	2.02	1.70	1.75	1.19
1948	-0.09	0.56	0.71	0.43	1.13	0.70	0.79	-0.72	-1.31	-1.08	-4.03	0.07	0.02	0.12	0.64	0.48	0.54	0.52
1949	-0.21	0.41	0.29	0.61	0.63	0.23	0.79	0.82	1.42	1.48	1.35	1.70	1.52	1.59	1.54	1.44	0.90	0.73
1950	0.02	0.12	-0.94	-1.31	-0.07	-0.48	0.95	1.08	0.36	0.54	0.90	1.12	-0.01	0.38	-0.76	-0.16	-1.36	-6.27
1951	-5.81	-2.17	-0.43	-0.38	0.27	0.00	0.99	0.97	-0.16	0.69	0.64	1.07	-0.25	-0.73	-0.32	-0.09	-0.48	-0.32
1952	-1.34	0.06	0.25	0.28	0.85	0.82	0.86	0.86	1.37	0.83	1.15	0.91	0.97	0.87	1.03	0.55	0.03	-1.69
1953	-0.83	-0.08	-0.11	0.34	0.70	0.34	0.46	0.90	0.75	1.31	0.82	1.28	1.26	1.56	-0.19	0.62	0.59	-1.02
1954	-0.26	0.37	0.63	0.79	1.27	0.51	0.86	0.16	0.58	0.92	-0.07	-1.60	-0.52	-1.14	-1.84	-0.63	-0.15	-3.18
1955	-0.30	0.27	0.51	0.36	-0.97	0.23	0.81	0.43	0.94	1.17	0.77	1.43	0.98	1.36	1.57	1.18	-0.48	0.19
1956	0.13	-0.07	0.38	0.77	0.72	1.04	0.68	0.78	1.16	1.15	0.90	1.40	0.61	0.77	-0.13	-0.01	0.06	0.29
1957	-0.25	0.02	0.46	0.34	0.26	0.54	0.97	1.45	1.45	1.27	0.97	1.06	0.98	0.07	0.09	-0.49	-5.71	-7.98
1958	-0.18	0.25	-0.01	0.36	0.31	0.54	1.08	1.24	0.21	0.54	0.83	0.81	0.79	0.80	0.65	0.70	0.60	0.11
1959	-0.54	0.07	-0.98	0.11	0.63	0.97	1.24	1.60	1.04	1.53	1.70	1.32	0.78	1.06	1.43	1.58	1.46	1.27
1960	0.06	0.49	0.63	1.08	0.47	0.32	1.17	1.14	1.41	0.94	1.13	1.14	1.13	-0.09	-2.91	-3.97	-2.02	-2.76
1961	-3.17	-1.08	-0.71	0.00	0.29	0.48	0.90	0.36	1.12	1.13	-0.37	0.36	0.54	0.31	0.28	-0.29	0.10	-0.15
1962	-2.70	-0.78	0.00	0.20	0.26	-0.08	0.98	1.13	1.16	1.25	0.85	0.54	0.69	0.84	0.85	0.33	-1.18	-0.12
1963	-0.18	-0.33	-0.08	-0.26	-0.38	0.02	0.86	0.00	-0.15	0.30	0.98	1.11	0.65	0.28	-4.76	-4.52	-1.04	-1.57
1964	-0.40	-0.16	-1.71	-0.80	0.19	0.67	0.12	-0.26	0.23	0.72	0.91	1.07	0.40	-0.71	0.46	0.27	0.90	0.49
1965	-0.55	-2.70	-2.22	-4.71	-0.87	0.01	0.42	0.18	0.79	0.40	0.30	-0.35	0.06	0.59	-1.61	-4.66	-2.92	-0.92
1966	-1.03	-3.58	-2.06	-0.56	0.23	0.39	1.01	-0.06	-1.23	-0.46	-1.10	-2.97	-2.40	-0.01	-0.24	0.15	-0.04	0.23
1967	-1.67	-0.39	0.05	0.25	-0.31	-2.27	0.01	0.80	0.56	1.12	0.80	1.19	1.07	0.17	0.98	0.52	0.26	0.38
1968	-0.21	0.49	0.37	-0.48	-0.58	0.29	0.44	0.91	0.41	-0.36	-0.40	0.13	-1.51	-4.77	-1.27	-0.69	-1.74	-7.51
1969	-0.38	-1.08	-2.31	-0.54	-1.96	-0.26	-0.17	0.39	0.48	0.91	0.99	1.28	1.50	0.93	-0.43	0.41	0.75	0.66
1970	-2.18	-0.96	-1.24	-0.09	0.16	0.48	1.36	1.42	1.23	0.94	0.53	0.59	0.73	0.92	1.18	0.99	-0.44	0.34
1971	-0.07	0.35	0.22	0.59	0.59	-0.32	0.41	-2.29	-0.61	0.68	0.99	0.39	0.37	0.55	0.52	1.01	0.91	0.45
1972	-0.13	-0.02	0.30	0.16	0.00	0.03	-0.09	0.69	0.20	-0.12	0.81	-1.07	-1.28	-0.91	0.10	-0.29	-1.78	-0.42
1973	-0.16	0.14	0.13	-0.80	0.05	0.14	0.20	1.10	1.24	1.50	0.65	0.79	0.98	1.40	1.11	1.22	1.10	0.18
1974	0.09	0.60	0.36	0.67	0.90	0.95	0.35	1.06	1.03	0.43	0.29	0.90	0.50	0.15	0.61	-1.04	-0.14	-3.29
1975	-3.91	-2.29	-0.78	-0.59	-0.42	0.39	0.31	0.99	0.19	0.59	0.80	1.01	1.35	0.96	0.64	1.00	0.01	-0.58
1976	0.14	0.60	0.89	1.13	1.08	1.00	1.57	1.30	1.90	2.04	1.87	1.65	1.85	1.93	1.74	1.12	0.28	0.64
1977	-2.41	-1.13	-0.39	-0.72	-0.72	0.48	0.49	0.59	1.04	1.36	1.20	0.66	1.14	0.40	-0.06	0.21	0.40	0.46
1978	-0.22	-1.09	-0.99	-1.25	-0.63	0.23	0.84	0.88	0.14	-0.39	0.25	0.86	0.78	0.99	0.82	0.80	0.78	0.03
1979	-2.10	-0.97	-2.15	-2.94	-0.82	-3.41	-0.37	-1.99	-0.20	0.42	0.28	0.71	0.52	0.32	-0.28	0.22	0.35	0.21
1980	-2.10	-0.13	-0.11	0.42	1.05	0.80	0.92	1.06	0.75	-0.41	-1.47	0.29	0.62	0.99	0.49	0.84	0.69	0.93
1981	-1.22	-0.03	-1.09	-3.08	-0.93	-2.06	-1.03	-0.10	-0.56	0.37	0.35	0.91	0.89	0.63	0.98	1.09	-0.32	0.13
1982	-0.64	0.12	0.28	0.27	0.63	0.78	1.33	0.93	0.47	1.18	1.28	1.43	0.78	0.88	0.76	0.82	1.00	0.41
1983	-3.86	-2.74	-6.78	-5.49	-4.83	-2.64	-0.65	0.55	0.90	1.00	1.28	1.06	1.24	1.32	0.97	0.92	-2.99	-0.71
1984	-1.93	-0.45	0.24	0.18	-0.10	-1.22	-1.20	0.21	0.60	0.56	-0.17	0.68	0.51	0.96	1.17	-1.42	-1.37	-4.60
1985	-1.77	-2.99	-0.74	-0.92	-1.43	0.09	0.34	-0.01	-0.11	0.72	0.67	-0.09	-0.62	-0.97	-0.18	-0.10	0.09	0.16
1986	-1.39	-1.66	-1.11	-1.01	0.08	0.36	-0.40	0.84	1.18	1.12	1.40	1.01	1.44	1.18	-0.54	-0.13	-0.45	0.04

Tabel 32. Decadewaarden in $m^3.s^{-1}$ van de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing in het Waterschap De Brielse Dijkring zoals berekend voor de bodemgebruikssituatie 1983 met beregening en de meteorologische omstandigheden van de jaren 1937 tot en met 1986

JAAR	DECADE																	
	APR			MEI			JUN			JUL			AUG			SEP		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1937	-1.65	-2.42	-2.91	-0.77	-1.37	0.18	0.04	0.17	0.28	0.43	0.47	0.27	0.90	-0.29	-0.12	0.04	-1.95	-1.55
1938	-0.10	-0.01	-0.01	0.31	0.33	0.40	0.88	0.99	1.04	0.48	0.47	1.02	0.09	0.31	0.79	0.47	0.44	0.46
1939	-1.31	-0.24	-0.11	-0.02	-0.81	0.34	1.19	0.22	0.89	0.93	0.67	-0.10	0.22	0.83	0.70	0.63	-0.47	0.15
1940	-1.20	-0.90	-0.55	-0.18	0.41	0.19	1.00	-0.15	0.75	0.35	0.30	0.48	0.98	0.73	0.06	0.73	-1.17	-0.40
1941	-1.05	-0.86	-0.03	0.18	0.57	-0.10	0.19	0.98	1.26	1.26	1.02	0.69	-0.26	-0.49	-0.14	0.35	-0.04	0.42
1942	-0.56	0.37	0.71	0.66	0.38	0.22	1.06	0.32	1.16	0.37	-3.69	-0.88	-0.20	-0.17	0.36	0.12	0.24	-0.18
1943	-0.22	0.19	0.14	0.07	0.78	0.20	-0.47	-0.18	0.28	0.43	0.70	0.99	-0.11	0.42	0.19	0.54	0.34	-0.29
1944	-0.13	-0.06	0.18	0.92	0.14	0.71	0.09	0.78	0.90	0.55	0.79	0.49	1.20	0.79	0.56	-1.08	0.10	-0.59
1945	-0.10	0.24	-1.16	-0.73	-0.02	-3.29	-0.23	0.43	0.15	0.49	1.13	0.60	-0.11	0.49	0.48	0.52	0.40	-1.77
1946	-0.32	-0.09	0.16	0.74	0.32	0.23	-0.35	-0.84	0.17	0.92	0.19	0.27	0.20	-0.43	-0.42	-0.15	-1.44	-0.70
1947	-2.05	-0.37	-0.05	0.10	-0.16	0.80	0.26	0.66	1.10	0.54	0.92	1.32	0.98	1.47	1.45	0.97	1.02	0.39
1948	-0.37	0.24	0.39	0.11	0.67	0.33	0.49	0.37	-1.44	-0.95	-3.10	0.19	-0.23	-0.07	0.44	0.24	0.30	0.21
1949	-0.47	0.13	0.03	0.37	0.35	0.00	0.62	0.52	1.09	1.01	0.84	1.18	0.95	0.98	0.89	0.87	0.21	0.18
1950	-0.14	-0.26	-0.99	-0.98	0.00	-0.41	0.95	0.77	-0.09	0.26	0.62	0.70	-0.49	0.16	-0.91	-0.19	-1.15	-4.41
1951	-4.71	-1.50	-0.40	-0.45	0.23	-0.08	0.89	0.65	-0.60	0.55	0.37	0.67	-0.70	-0.85	-0.36	-0.11	-0.51	-0.31
1952	-1.22	-0.13	0.05	0.06	0.66	0.55	0.50	0.52	0.90	0.38	0.71	0.46	0.60	0.45	0.58	0.16	-0.21	-1.49
1953	-1.20	-0.37	-0.22	0.23	0.48	0.30	0.20	0.65	0.48	0.93	0.40	0.87	0.80	1.09	-0.72	0.46	0.30	-1.25
1954	-0.46	0.07	0.38	0.40	0.94	0.13	0.60	-0.26	0.38	0.59	-0.49	-1.54	-0.49	-0.96	-1.30	-0.47	-0.10	-2.22
1955	-0.49	0.01	0.28	0.09	-0.90	0.20	0.66	0.17	0.66	0.80	0.36	1.03	0.51	0.88	1.05	0.64	-1.03	0.02
1956	-0.12	-0.52	0.17	0.50	0.39	0.72	0.32	0.45	0.71	0.71	0.45	0.94	0.07	0.42	-0.43	-0.15	-0.05	0.22
1957	-0.35	-0.32	0.27	0.09	0.06	0.37	0.73	1.16	1.01	0.77	0.26	0.54	0.52	-0.41	-0.10	-0.63	-4.40	-5.68
1958	-0.34	-0.05	-0.27	0.20	0.13	0.33	0.84	0.84	-0.32	0.28	0.57	0.47	0.41	0.43	0.29	0.44	0.28	-0.13
1959	-0.70	-0.19	-0.90	0.07	0.39	0.73	0.83	1.13	0.56	1.07	1.20	0.69	0.08	0.63	0.95	1.09	0.85	0.66
1960	-0.16	0.11	0.30	0.72	0.09	0.05	0.97	0.78	0.99	0.42	0.70	0.56	0.67	-0.62	-2.66	-3.05	-1.45	-2.12
1961	-2.85	-1.02	-0.68	-0.03	0.19	0.33	0.60	0.00	0.90	0.77	-0.85	0.19	0.38	0.01	0.08	-0.44	0.09	-0.25
1962	-2.54	-0.87	-0.12	0.02	0.07	-0.19	0.94	0.82	0.76	0.77	0.27	0.05	0.29	0.62	0.48	-0.02	-1.27	-0.13
1963	-0.37	-0.62	-0.20	-0.29	-0.39	0.08	0.83	-0.30	-0.27	0.24	0.40	0.88	0.29	-0.08	-3.72	-3.05	-0.71	-1.21
1964	-0.60	-0.44	-1.47	-0.59	0.14	0.61	-0.13	-0.36	0.20	0.57	0.29	0.73	-0.02	-0.90	0.46	0.11	0.32	0.30
1965	-0.71	-2.43	-1.63	-3.26	-0.45	-0.08	0.27	-0.03	0.59	0.07	0.01	-0.54	0.09	0.53	-1.46	-3.12	-1.77	-0.69
1966	-1.08	-3.09	-1.43	-0.43	0.23	0.29	0.72	-0.46	-1.09	-0.44	-0.95	-2.18	-1.55	0.08	-0.30	0.11	-0.16	0.17
1967	-1.61	-0.69	-0.04	0.11	-0.33	-1.37	0.16	0.68	0.34	0.81	0.46	0.72	0.65	-0.36	0.70	0.11	-0.07	0.16
1968	-0.39	0.23	0.07	-0.66	-0.45	0.28	0.32	0.67	0.06	-0.59	-0.48	0.09	-1.09	-3.29	-0.77	-0.55	-1.22	-5.05
1969	-0.48	-1.11	-1.69	-0.40	-1.26	-0.06	-0.15	0.57	0.30	0.29	0.67	0.89	1.08	0.44	-0.84	0.32	0.51	0.35
1970	-1.98	-0.97	-0.97	-0.08	0.07	0.35	1.11	1.02	0.69	0.41	-0.03	0.19	0.46	0.60	0.78	0.59	-0.89	0.19
1971	-0.24	-0.01	-0.10	0.41	0.34	-0.46	0.38	-1.89	-0.44	0.67	0.70	-0.05	0.05	0.40	0.28	0.71	0.58	0.04
1972	-0.39	-0.39	0.13	-0.03	-0.11	0.07	-0.11	0.67	-0.04	-0.28	0.79	-1.21	-1.01	-0.67	0.21	-0.36	-1.27	-0.29
1973	-0.39	-0.22	-0.07	-0.74	0.08	0.11	0.11	0.96	0.92	1.13	0.05	0.39	0.61	1.01	0.64	0.71	0.60	-0.36
1974	0.01	0.24	-0.03	0.33	0.59	0.59	-0.07	0.85	0.68	-0.06	-0.06	0.65	0.14	-0.11	0.34	-1.20	-0.15	-2.47
1975	-3.21	-1.85	-0.71	-0.48	-0.29	0.38	0.22	0.76	-0.20	0.42	0.47	0.67	1.03	0.54	0.17	0.65	-0.37	-0.67
1976	-0.02	0.24	0.48	0.72	0.74	0.54	1.11	0.74	1.39	1.30	1.26	0.95	1.22	1.26	1.05	0.30	-0.37	0.26
1977	-2.09	-1.05	-0.57	-0.56	-0.38	0.56	0.29	0.35	0.68	1.05	0.72	0.08	0.76	-0.10	-0.33	0.06	0.26	0.33
1978	-0.40	-1.22	-0.86	-0.94	-0.39	0.21	0.68	0.61	-0.30	-0.79	0.24	0.65	0.40	0.64	0.42	0.42	0.36	-0.31
1979	-1.80	-0.70	-1.69	-1.98	-0.50	-2.17	-0.37	-1.45	-0.14	0.32	0.09	0.41	0.25	0.02	-0.42	0.18	0.30	0.03
1980	-1.90	-0.33	-0.34	0.35	0.77	0.49	0.56	0.60	0.29	-0.80	-1.32	0.26	0.39	0.34	0.15	0.52	0.36	0.17
1981	-1.14	-0.25	-1.05	-2.12	-0.56	-1.23	-0.65	-0.05	-0.58	0.37	0.24	0.26	0.65	0.36	0.64	0.69	-0.68	0.03
1982	-0.76	-0.12	0.05	0.05	0.46	0.49	1.06	0.04	0.09	0.96	0.92	0.96	0.21	0.50	0.36	0.49	0.61	-0.01
1983	-3.23	-2.13	-4.87	-3.54	-3.12	-1.66	-0.56	0.47	0.30	0.64	0.83	0.55	0.72	0.79	0.39	0.42	-2.96	-0.59
1984	-1.43	-0.63	0.15	-0.04	-0.26	-0.88	-0.82	0.30	0.42	0.35	-0.93	0.53	0.30	0.66	0.82	-1.68	-1.10	-3.29
1985	-1.71	-2.51	-0.65	-0.74	-0.89	0.20	0.31	-0.22	-0.23	0.71	0.45	-0.44	-0.73	-0.78	-0.10	-0.14	0.07	0.13
1986	-1.30	-1.55	-0.91	-0.71	0.11	0.30	-0.53	0.84	0.86	0.79	0.88	0.48	0.93	0.70	-1.13	-0.30	-0.59	-0.10

Tabel 33. Decadewaarden in $m^3.s^{-1}$ van de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing in het Waterschap IJsselmonde zoals berekend voor de bodemgebruikssituatie 1983 met beregening en de meteorologische omstandigheden van de jaren 1937 tot en met 1986

JAAR	DECADE																	
	APR			MEI			JUN			JUL			AUG			SEP		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1937	-0.38	-0.81	-1.15	-0.22	-0.50	0.20	0.59	0.32	0.91	0.56	1.05	0.33	1.12	-0.11	0.07	0.10	-0.54	-0.64
1938	0.25	0.24	0.30	0.57	0.57	0.70	0.88	1.17	1.18	0.26	0.26	0.95	0.51	0.15	0.67	0.24	0.27	0.28
1939	-0.35	0.00	-0.18	-0.18	-0.75	0.14	1.35	0.36	1.09	1.08	1.02	0.04	0.11	0.44	0.20	0.80	-0.90	-0.18
1940	-0.25	-0.31	-0.30	0.07	0.36	0.13	1.02	0.05	0.83	0.21	0.09	0.06	0.72	0.43	-0.49	0.07	-1.60	-1.30
1941	-0.12	-0.11	0.17	0.31	0.59	0.00	0.46	1.18	1.61	1.31	1.23	1.09	-0.21	-0.69	-0.70	-0.04	-0.06	0.20
1942	0.02	0.41	0.95	0.66	0.40	0.22	0.96	0.24	1.10	0.32	-1.49	-0.41	0.03	0.08	0.77	0.26	0.37	0.07
1943	0.24	0.41	0.47	0.26	0.76	0.34	-0.54	-0.66	0.01	0.28	0.73	1.15	-0.12	0.09	-0.12	0.13	0.30	-0.02
1944	0.13	0.19	0.27	0.36	0.30	0.72	0.12	0.30	0.99	0.32	0.53	0.72	1.19	0.93	0.19	-0.65	-0.05	-0.67
1945	0.20	0.32	-0.39	-1.13	-0.03	-2.32	-0.24	0.72	0.23	0.51	1.32	0.46	0.17	0.41	0.23	0.36	0.24	-1.09
1946	0.05	0.14	0.21	0.67	0.34	0.31	-0.24	-0.56	0.06	1.09	0.41	0.66	0.31	-1.17	-0.96	-0.28	-0.60	-0.42
1947	-0.83	-0.04	0.13	0.32	-0.24	0.53	0.84	1.02	1.22	0.80	0.56	1.18	0.40	1.61	1.44	1.05	0.55	0.24
1948	0.00	0.29	0.23	0.29	0.50	0.31	0.49	0.94	-0.30	-0.44	-0.63	0.73	0.01	0.07	0.61	0.37	0.29	0.37
1949	-0.04	-0.25	0.14	0.33	-0.40	0.05	0.71	0.53	1.21	1.13	1.19	1.22	0.57	1.19	1.03	0.47	0.33	0.27
1950	-0.03	-0.29	-1.15	-1.02	-0.18	-0.39	0.82	0.94	-0.44	0.14	0.54	0.32	-0.07	0.02	-0.64	-0.23	-1.25	-2.04
1951	-1.64	-0.69	-0.20	-0.21	0.11	-0.13	0.86	0.83	-0.08	0.11	0.30	0.81	-1.25	-0.73	-0.23	-0.31	-0.71	-0.32
1952	-0.09	0.23	0.33	0.19	0.59	0.43	0.31	1.01	0.95	0.48	1.03	0.62	0.44	0.42	0.77	0.13	-0.09	-0.73
1953	-0.20	0.01	0.05	0.25	0.60	0.31	0.23	0.34	0.89	1.10	0.24	0.88	0.92	0.98	-1.50	-0.21	0.05	-0.22
1954	0.08	0.29	0.49	0.50	1.04	0.42	0.67	0.11	0.27	0.73	-0.98	-1.56	-0.97	-0.69	-0.26	-0.20	-0.21	-1.27
1955	0.03	0.23	0.36	0.23	-0.22	0.18	0.75	0.30	0.88	1.00	1.05	1.14	0.17	0.34	0.87	0.28	-0.78	-0.42
1956	0.30	-0.03	0.18	0.44	0.50	0.37	0.56	0.20	0.73	0.40	0.01	0.64	-0.05	-0.01	-0.91	-0.56	-0.35	-0.06
1957	0.15	0.17	0.24	0.18	0.25	0.34	0.94	1.31	1.10	0.89	0.32	0.30	0.62	-0.89	-0.58	-0.49	-3.63	-3.47
1958	0.07	0.20	-0.04	0.19	0.05	0.17	0.73	0.93	-1.38	-0.16	0.66	-0.16	-0.02	0.04	-0.07	0.11	0.00	-1.04
1959	-0.27	-0.11	-0.33	0.14	0.46	0.82	1.08	1.29	1.05	0.95	1.37	0.75	0.57	0.40	1.04	1.12	0.79	0.60
1960	0.14	0.29	0.31	0.80	0.28	0.08	0.89	0.60	1.01	0.23	0.30	0.43	-0.04	-0.90	-1.73	-1.09	-0.63	-0.50
1961	-1.01	-0.30	-0.21	0.03	0.22	0.33	0.63	0.28	1.13	0.99	-0.51	0.03	0.39	0.06	-0.06	-0.88	-0.19	-0.19
1962	-1.10	-0.34	0.05	0.13	0.13	-0.09	0.91	1.05	0.75	0.91	-0.39	-0.70	-0.25	0.05	0.35	-0.07	-0.72	-0.16
1963	0.11	0.11	0.15	0.08	-0.12	0.07	0.94	0.11	0.21	0.02	0.25	1.07	0.22	-0.68	-2.11	-1.97	-0.43	-0.56
1964	0.04	0.03	-0.45	-0.19	0.17	0.46	-0.03	-0.43	-0.01	0.61	0.42	0.69	0.20	0.03	0.78	-0.03	-0.14	0.02
1965	-0.11	-0.91	-0.65	-2.51	-0.43	0.05	0.22	-0.17	0.59	-0.15	-0.17	-1.04	-0.69	0.10	-1.00	-2.52	-0.85	-0.25
1966	-0.56	-1.04	-0.65	-0.22	0.20	0.24	1.00	-0.24	-1.86	-0.41	-1.23	-0.95	-0.85	0.16	-0.15	-0.01	-0.20	0.04
1967	-0.34	-0.06	0.20	0.23	-0.40	-0.66	0.08	0.85	0.25	0.97	0.97	0.98	0.69	-0.08	0.52	0.05	-0.57	-0.07
1968	0.10	0.33	0.25	-0.05	-0.17	0.19	0.23	0.54	0.12	-0.91	-0.26	0.43	-0.37	-3.29	-0.67	-0.09	-0.57	-2.89
1969	0.16	-0.30	-0.51	-0.27	-0.87	-0.02	0.01	-0.89	0.55	-0.30	1.00	-1.09	1.25	0.41	-1.69	-0.29	0.15	0.22
1970	-1.26	-0.56	-0.65	-0.11	0.13	0.34	1.33	1.25	0.80	0.44	0.26	0.25	0.86	0.37	0.96	0.38	-0.23	0.12
1971	0.18	0.25	0.25	0.42	0.22	-0.42	0.33	-1.35	-0.37	0.74	0.96	0.05	0.19	0.44	0.18	0.76	0.49	0.13
1972	0.01	-0.14	0.14	0.17	0.00	-0.12	0.17	0.58	0.19	-0.13	0.81	0.17	0.05	-0.13	0.39	0.10	-0.44	-0.03
1973	-0.11	-0.06	-0.09	-0.57	-0.18	-0.33	-0.12	0.75	0.95	1.19	0.08	0.12	0.29	0.96	0.34	0.72	0.31	-0.42
1974	0.21	0.34	0.22	0.56	0.64	0.23	0.05	0.71	0.92	-0.04	-0.04	0.41	0.23	0.10	0.70	-0.53	-0.06	-1.50
1975	-1.64	-1.00	-0.30	-0.16	0.10	0.36	0.59	0.89	-0.43	0.20	0.80	0.66	1.09	0.30	0.18	0.28	0.03	-0.46
1976	0.31	0.39	0.78	0.69	0.84	0.32	1.10	0.47	1.29	1.73	1.23	0.50	1.08	1.20	1.11	0.06	-0.25	-0.07
1977	-0.77	-0.37	-0.18	-0.12	-0.20	0.31	0.24	0.81	0.82	1.16	0.70	0.26	0.30	0.12	-1.81	-0.41	-0.01	0.10
1978	-0.08	-0.34	-0.16	-1.04	-0.35	0.11	0.28	0.80	-0.33	-1.31	-0.23	0.61	0.22	0.26	-0.04	-0.11	0.03	-0.71
1979	-0.50	-0.15	-1.32	-1.24	-0.33	-1.70	-0.42	-1.14	-0.13	0.65	0.25	0.82	0.23	0.04	-0.15	0.03	0.14	0.12
1980	-0.91	-0.25	-0.11	0.22	0.90	0.33	0.60	0.41	0.11	-1.08	-1.76	-0.19	0.58	0.10	0.00	0.07	0.13	0.15
1981	-0.31	0.08	0.03	-0.24	0.13	-0.80	-0.26	-0.01	-0.32	0.29	0.37	-0.07	0.35	0.17	0.62	0.20	-0.30	-0.05
1982	-0.16	0.12	0.19	0.14	0.30	0.34	1.14	0.14	0.04	0.79	1.03	0.84	0.63	0.27	0.18	0.23	0.44	0.05
1983	-1.55	-0.73	-1.81	-1.65	-1.00	-0.90	-0.13	0.83	0.38	0.98	1.10	0.99	0.34	0.85	0.72	-0.08	-4.86	-1.17
1984	-0.36	-0.06	0.24	0.20	0.08	-0.71	-0.72	0.16	0.13	0.80	-1.42	-0.05	0.00	0.73	0.50	-0.88	-0.99	-2.29
1985	-0.86	-1.64	-0.59	-0.32	-0.28	0.12	0.17	0.04	-0.42	0.55	0.45	-0.60	-0.66	-0.89	-0.27	-0.31	-0.21	-0.06
1986	-0.42	-0.45	-0.68	-0.95	-0.10	0.00	-0.69	0.54	0.80	0.79	1.05	0.32	0.98	0.59	-0.81	-0.41	-0.52	-0.12

Tabel 34. Decadewaarden in $m^3.s^{-1}$ van de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing in het Waterschap De Groote Waard zoals berekend voor de bodemgebruikssituatie 1983 met beregening en de meteorologische omstandigheden van de jaren 1937 tot en met 1986

JAAR	DECADE																	
	APR			MEI			JUN			JUL			AUG			SEP		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1937	-2.81	-4.46	-5.67	-1.42	-2.51	-0.11	0.01	0.36	0.47	0.86	0.84	0.40	1.65	-0.10	-0.03	0.09	-2.66	-2.76
1938	-0.15	-0.02	0.08	0.39	0.44	0.58	1.55	1.81	1.77	0.67	0.72	1.76	0.43	0.67	1.50	0.67	0.75	0.77
1939	-2.50	-0.54	-0.37	-0.25	-1.75	0.40	2.07	0.21	1.47	1.54	1.12	0.11	0.38	1.39	1.13	0.93	-0.44	0.18
1940	-2.11	-1.69	-1.13	-0.44	0.23	0.13	1.65	-0.08	1.17	0.39	0.39	0.82	1.67	1.35	0.11	1.13	-1.86	-1.18
1941	-1.73	-1.39	-0.16	0.17	1.00	-0.12	0.15	1.61	2.16	2.05	1.74	1.24	0.00	-0.47	-0.28	0.31	0.02	0.63
1942	-0.85	0.32	1.28	1.03	0.49	0.33	1.65	0.44	1.88	0.57	-5.13	-1.41	-0.38	-0.27	0.80	0.16	0.34	-0.12
1943	-0.29	0.27	0.26	0.11	1.11	0.27	-0.64	-0.57	0.18	0.87	1.26	1.61	0.02	0.50	0.24	0.78	0.48	-0.14
1944	-0.23	-0.06	0.22	0.80	0.19	0.95	0.22	1.28	1.53	0.99	1.37	0.69	1.99	1.45	0.79	-0.96	0.10	-0.79
1945	-0.14	0.37	-1.77	-2.01	-0.39	-7.06	-1.00	0.78	0.08	0.99	2.07	1.06	0.07	0.57	0.94	0.74	0.59	-2.13
1946	-0.58	-0.18	0.20	1.26	0.40	0.28	-0.40	-1.52	-0.06	1.53	0.20	0.38	0.34	-0.74	-0.92	-0.35	-2.36	-1.38
1947	-3.90	-0.69	-0.15	0.07	-0.33	1.18	0.22	1.21	1.79	0.82	1.63	2.34	1.62	2.59	2.48	1.69	1.65	0.73
1948	-0.50	0.24	0.78	0.14	1.35	0.44	0.68	0.53	-1.65	-1.48	-5.07	0.26	-0.38	-0.16	0.93	0.33	0.56	0.36
1949	-0.75	0.06	-0.04	0.45	0.50	0.00	0.95	0.76	1.78	1.72	1.50	1.99	1.61	1.70	1.50	1.33	0.57	0.52
1950	-0.33	-0.60	-2.32	-2.39	-0.40	-1.06	1.35	1.24	-0.16	0.24	1.05	1.22	-0.36	0.12	-1.31	-0.46	-2.30	-8.71
1951	-8.95	-2.96	-0.73	-0.73	0.07	-0.28	1.46	1.15	-0.53	0.82	0.51	1.27	-1.01	-1.36	-0.64	-0.47	-1.04	-0.62
1952	-2.02	-0.28	0.07	0.00	1.12	0.68	0.94	0.82	1.60	0.56	1.31	0.67	1.02	0.79	1.12	0.43	-0.02	-1.91
1953	-1.71	-0.59	-0.44	0.15	0.81	0.35	0.25	1.22	0.60	1.65	0.58	1.63	1.40	1.84	-0.87	0.40	0.35	-1.36
1954	-0.67	0.03	0.64	0.66	1.55	0.23	0.81	-0.11	0.39	1.23	-0.47	-2.57	-1.20	-1.71	-2.22	-0.95	-0.40	-4.42
1955	-0.75	-0.07	0.32	0.08	-1.42	0.02	1.10	0.15	1.21	1.45	0.52	1.75	0.67	1.62	1.79	0.92	-0.94	-0.05
1956	-0.14	-0.66	0.10	0.96	0.44	1.20	0.41	0.62	1.40	1.21	0.56	1.66	0.28	0.51	-0.68	-0.37	-0.22	0.19
1957	-0.55	-0.43	0.28	0.09	0.03	0.42	1.31	1.95	1.63	1.34	0.59	0.73	0.74	-0.30	-0.18	-0.82	-8.83	-11.81
1958	-0.50	-0.10	-0.42	0.14	0.07	0.35	1.44	1.54	-0.64	0.19	1.01	0.55	0.59	0.58	0.36	0.58	0.41	-0.52
1959	-1.33	-0.43	-1.77	-0.17	0.70	1.14	1.39	1.80	0.71	1.73	2.12	1.15	0.44	0.80	1.68	1.81	1.44	1.03
1960	-0.26	0.13	0.42	1.30	0.18	0.08	1.54	1.31	1.58	0.55	1.19	0.74	1.11	-0.60	-4.51	-5.77	-2.80	-3.78
1961	-9.34	-1.89	-1.17	-0.21	0.11	0.38	1.20	0.12	1.46	1.39	-0.77	0.12	0.64	0.09	0.09	-0.79	-0.06	-0.33
1962	-4.82	-1.60	-0.29	-0.06	0.05	-0.32	1.51	1.40	1.26	1.38	0.33	0.07	0.37	0.85	0.68	0.07	-1.71	-0.32
1963	-0.54	-0.98	-0.42	-0.58	-0.92	-0.12	1.29	-0.30	-0.36	0.09	0.81	1.42	0.36	-0.19	-6.64	-6.41	-1.46	-2.09
1964	-0.95	-0.74	-2.87	-1.30	-0.08	0.84	-0.22	-0.66	0.01	1.05	0.28	1.36	0.13	-0.92	0.79	0.02	0.35	0.42
1965	-1.18	-4.61	-3.33	-7.30	-1.30	-0.27	0.55	-0.17	0.99	0.06	0.03	-1.02	-0.45	0.98	-2.43	-6.77	-3.68	-1.22
1966	-2.00	-5.73	-3.01	-0.90	0.03	0.31	1.38	-0.46	-2.31	-0.84	-1.95	-3.90	-3.20	0.06	-0.62	0.14	-0.39	0.13
1967	-2.88	-1.21	-0.19	0.03	-0.75	-3.08	-0.15	1.09	0.44	1.41	0.73	1.30	0.98	-0.17	1.20	0.26	-0.08	0.20
1968	-0.59	0.20	0.07	-0.92	-0.99	0.11	0.48	1.16	0.11	-0.97	-0.72	-0.03	-1.96	-7.35	-1.77	-0.95	-2.27	-10.59
1969	-0.72	-2.02	-3.46	-0.96	-2.83	-0.48	-0.42	0.83	0.40	0.43	1.28	1.55	1.86	0.66	-1.12	0.21	0.98	0.41
1970	-3.97	-1.88	-2.07	-0.38	-0.06	0.43	1.98	1.72	1.23	0.56	0.24	0.39	0.64	1.17	1.41	0.96	-0.69	0.24
1971	-0.36	-0.05	-0.12	0.47	0.38	-0.80	0.44	-3.48	-1.01	1.05	1.19	-0.01	0.13	0.53	0.34	1.38	1.10	0.22
1972	-0.58	-0.72	0.03	-0.14	-0.31	-0.22	-0.25	0.95	-0.01	-0.34	1.21	-1.42	-1.60	-1.18	0.23	-0.46	-2.18	-0.59
1973	-0.63	-0.41	-0.29	-1.60	-0.28	-0.21	-0.10	1.50	1.54	2.00	0.19	0.49	0.96	1.67	1.07	1.07	1.00	-0.18
1974	-0.15	0.42	0.00	0.58	0.95	0.81	0.07	1.35	1.12	0.12	0.08	1.08	0.32	0.03	0.85	-1.36	-0.29	-4.38
1975	-6.42	-3.62	-1.20	-0.87	-0.51	0.27	0.30	1.30	-0.23	0.41	1.00	1.22	1.69	0.75	0.40	1.11	-0.17	-0.84
1976	-0.08	0.32	1.07	0.99	1.16	0.72	1.91	1.12	2.40	2.30	2.42	1.64	1.99	2.14	1.80	0.63	-0.06	0.44
1977	-4.02	-1.96	-1.00	-1.03	-1.04	0.40	0.58	0.49	1.29	1.67	1.34	0.32	1.24	0.12	-0.88	-0.05	0.23	0.33
1978	-0.70	-2.12	-1.64	-2.32	-1.07	0.03	1.08	1.06	-0.32	-1.49	0.12	1.06	0.63	1.10	0.44	0.54	0.49	-0.52
1979	-3.18	-1.09	-3.56	-4.30	-1.15	-4.89	-1.04	-2.88	-0.51	0.71	0.07	0.95	0.28	0.09	-0.51	0.13	0.48	0.08
1980	-3.68	-0.74	-0.51	0.27	1.40	0.59	0.93	1.05	0.42	-0.97	-2.60	0.35	0.66	0.41	0.13	0.93	0.41	0.32
1981	-1.81	-0.38	-1.47	-3.88	-1.09	-2.73	-1.30	-0.29	-0.69	0.58	0.30	0.42	1.16	0.36	1.20	1.12	-0.73	-0.08
1982	-1.28	-0.26	0.04	-0.02	0.57	0.74	1.79	0.17	0.20	1.57	1.59	1.63	0.47	0.66	0.57	0.79	1.16	0.24
1983	-6.43	-4.12	-9.64	-7.28	-6.05	-3.33	-0.97	0.93	0.51	1.16	1.52	0.96	1.30	1.42	0.65	0.60	-5.59	-1.42
1984	-2.48	-0.95	0.03	0.00	-0.33	-1.78	-1.78	0.20	0.77	0.45	-1.13	0.80	0.24	1.20	1.40	-2.21	-2.20	-6.83
1985	-3.45	-5.31	-1.49	-1.34	-1.83	-0.11	0.35	-0.28	-0.47	1.10	0.80	-0.61	-1.20	-1.72	-0.52	-0.49	-0.07	0.08
1986	-2.39	-2.76	-1.95	-1.83	-0.20	0.09	-0.99	1.21	1.45	1.27	1.55	0.64	1.72	1.00	-1.09	-0.46	-0.89	-0.26

Tabel 35. Decadewaarden in $m^3.s^{-1}$ van de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing in het Hoogheemraadschap van de Krimpenerwaard zoals berekend voor de bodemgebruikssituatie 1983 met beregening en de meteorologische omstandigheden van de jaren 1937 tot en met 1986

JAAR	DECADE																	
	APR			MEI			JUN			JUL			AUG			SEP		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1937	-0.34	-1.72	-2.32	0.95	-0.47	2.33	2.33	1.98	2.49	2.14	2.53	1.58	2.52	-1.12	0.12	0.45	-2.33	-1.77
1938	1.27	1.19	1.55	2.32	2.49	2.67	2.71	3.09	3.21	1.65	0.89	2.22	2.03	-0.02	1.66	0.84	1.07	1.11
1939	-0.42	1.08	0.22	0.26	-1.54	2.18	3.21	2.69	3.12	3.06	2.97	0.39	0.39	1.71	0.79	1.99	-4.07	0.29
1940	-0.06	-0.22	-0.01	1.44	2.53	1.61	2.92	0.73	2.34	0.97	-0.19	-0.28	1.86	1.84	-2.42	1.14	-5.57	-2.67
1941	0.84	0.51	1.79	2.26	2.39	0.72	2.05	2.97	3.47	3.58	3.49	3.26	-0.06	-2.40	-1.78	1.10	0.39	1.37
1942	0.55	2.32	2.94	3.07	2.72	1.71	2.67	1.27	2.70	1.53	-7.67	-0.58	1.18	1.15	2.18	1.67	1.65	0.18
1943	1.00	1.86	2.09	1.57	2.69	2.14	-2.50	-2.20	1.05	1.21	1.84	2.85	-0.40	0.63	-0.54	0.99	1.30	-0.10
1944	0.78	0.95	1.57	2.18	1.80	2.64	0.76	1.47	2.31	1.69	1.44	1.43	2.58	2.55	0.83	-3.50	0.60	-2.22
1945	1.24	1.71	-1.27	-3.01	1.80	-6.05	1.47	2.50	2.08	1.81	2.98	2.12	0.44	1.40	0.85	1.17	0.93	-5.44
1946	1.43	1.90	1.74	2.71	2.40	2.07	-1.12	-2.20	0.94	2.66	2.07	1.88	1.33	-5.78	-2.27	0.29	-1.21	-0.52
1947	-1.51	1.37	1.98	2.33	-0.08	2.53	2.79	3.01	3.35	2.90	2.47	3.05	2.18	3.28	3.46	3.28	3.01	1.63
1948	0.10	1.75	1.55	1.67	2.37	1.88	1.81	1.76	-2.05	-1.98	-2.19	2.38	0.75	0.65	1.85	1.81	1.56	1.33
1949	0.12	1.55	1.16	2.02	2.11	0.60	2.14	2.15	2.94	3.10	3.08	3.26	2.78	2.91	2.96	2.56	1.51	0.85
1950	0.39	-0.43	-2.72	-1.44	1.06	0.03	2.73	2.98	-0.94	1.41	1.69	1.32	-0.75	0.07	-2.44	-0.12	-3.61	-4.95
1951	-3.50	-0.22	0.91	0.56	1.67	0.55	2.62	2.83	0.09	0.62	1.26	1.86	-5.66	-1.48	0.25	-0.35	-1.64	-0.14
1952	0.59	2.06	2.28	1.68	2.55	2.46	1.67	2.38	2.52	2.01	2.22	1.96	1.55	1.12	1.63	0.01	-1.00	-3.08
1953	-0.73	0.49	0.81	1.91	2.48	2.14	1.21	1.42	2.05	2.90	0.88	2.01	2.42	2.69	-6.34	0.98	1.34	-0.39
1954	0.63	1.66	2.31	2.42	3.06	2.68	2.57	0.35	1.28	1.91	-3.61	-5.46	-1.75	-1.07	0.21	0.13	-0.01	-3.38
1955	0.39	1.34	2.06	1.59	-0.49	1.51	2.27	1.76	2.17	2.42	2.66	2.96	0.87	1.95	2.17	1.20	-4.43	-0.98
1956	1.65	-0.18	1.12	2.17	2.30	2.25	2.02	0.65	1.69	1.43	-0.87	1.37	-0.59	-0.10	-3.42	-1.06	-0.37	0.79
1957	1.36	1.41	1.61	1.40	1.96	2.21	2.65	3.21	3.17	2.99	1.72	1.02	1.77	-5.19	-1.49	-0.88	-10.28	-7.08
1958	1.05	1.32	0.40	1.53	0.86	1.32	2.41	2.67	-5.59	0.94	1.91	-0.53	0.24	0.48	-0.14	0.89	0.23	-3.57
1959	-0.28	0.48	-0.18	1.79	2.65	2.97	3.16	3.45	3.25	3.11	3.46	2.87	2.30	1.93	2.64	2.95	2.83	2.49
1960	0.83	1.51	1.86	2.43	1.90	0.67	2.46	2.45	2.79	1.01	1.02	1.14	-1.37	-4.24	-4.97	-1.81	-0.69	-0.57
1961	-2.96	0.19	0.35	1.17	2.12	2.30	2.27	1.61	2.68	2.61	-2.92	0.61	1.54	0.26	-0.37	-3.24	0.33	-0.09
1962	-3.20	0.06	1.48	1.42	1.41	0.28	2.53	2.93	2.87	2.75	-2.06	-2.87	-0.23	1.14	1.44	0.00	-2.44	0.35
1963	1.03	0.83	1.09	0.88	0.14	0.98	2.69	0.99	1.16	-0.41	1.02	2.43	1.08	-3.53	-6.48	-3.98	0.81	-0.74
1964	0.55	0.55	-0.93	0.25	1.78	2.64	0.42	-1.70	0.53	1.72	1.96	1.87	0.69	-0.25	2.02	0.01	-0.36	0.54
1965	0.68	-2.20	-0.78	-6.10	1.38	2.03	1.80	-0.47	1.85	-0.62	-0.77	-3.74	-1.31	1.62	-2.70	-6.39	-0.43	0.65
1966	-0.68	-2.23	-0.51	0.77	2.32	2.41	2.98	-0.51	-6.56	0.28	-3.60	-2.14	-1.52	1.83	0.40	0.81	-0.27	0.82
1967	-0.67	0.55	1.84	1.90	-0.67	-1.82	1.50	2.53	1.91	2.35	2.58	2.68	2.55	-0.92	1.77	0.20	-2.57	0.48
1968	0.82	1.98	1.63	0.16	-0.08	1.67	1.61	1.62	0.31	-4.46	-0.43	1.51	-1.15	-9.98	0.50	1.26	-1.05	-7.92
1969	1.38	-0.49	-0.78	0.18	-1.64	1.49	0.95	2.55	2.47	1.71	2.23	2.76	3.16	2.42	-7.51	0.80	1.65	1.54
1970	-3.14	-0.31	-0.63	1.11	1.84	2.41	3.23	3.40	3.02	2.55	1.21	0.68	1.75	1.71	2.18	1.89	-1.94	0.89
1971	1.18	1.30	1.38	2.38	1.47	-1.17	1.64	-4.99	-0.25	2.33	2.85	0.71	1.21	1.52	0.68	1.88	1.93	0.39
1972	0.17	-0.24	1.24	1.36	0.62	0.35	1.32	1.95	0.86	-1.16	1.93	0.67	-0.11	-0.77	1.50	0.67	-1.76	0.55
1973	-0.08	0.22	0.27	-1.18	0.60	-0.01	0.19	2.42	2.83	3.12	0.90	0.37	1.19	2.33	1.86	1.92	1.43	-2.74
1974	1.96	2.19	1.63	2.19	2.61	1.63	0.14	1.87	2.37	-0.45	-0.60	1.42	1.14	0.06	1.61	-2.17	0.45	-4.97
1975	-3.56	-1.24	0.62	0.81	1.61	2.57	2.35	2.57	-1.86	1.35	1.99	2.02	2.83	1.68	0.49	1.32	-0.27	-2.22
1976	1.54	2.01	2.48	2.83	2.96	2.18	2.94	2.47	3.08	3.54	3.36	2.52	2.81	3.16	3.25	0.89	-1.03	-0.12
1977	-1.65	-0.09	0.57	0.63	0.37	2.52	2.04	2.29	2.47	3.06	2.54	1.02	1.10	-0.26	-7.75	0.29	1.14	1.22
1978	0.93	-0.39	0.34	-2.43	0.26	1.90	1.97	2.33	-1.30	-4.73	0.56	1.83	1.39	1.38	-0.26	-0.34	0.62	-2.51
1979	-0.11	0.75	-2.99	-2.04	0.70	-3.60	0.37	-2.90	0.93	1.98	1.74	1.98	1.16	-0.15	-0.74	0.51	0.94	0.76
1980	-1.84	0.58	0.76	2.19	3.00	2.60	2.61	2.16	0.05	-5.39	-4.99	0.68	1.85	1.29	0.23	0.63	0.78	0.88
1981	0.72	1.71	1.20	-0.15	1.54	-1.90	-0.12	0.77	-0.96	1.33	1.33	-0.52	1.28	1.00	1.53	0.99	-1.37	0.22
1982	0.20	1.26	1.62	1.24	1.92	2.25	2.98	0.99	-0.10	1.79	2.60	2.55	2.34	1.03	0.22	0.81	1.22	-0.17
1983	-2.48	-0.42	-2.74	-2.73	-1.06	-1.11	1.07	2.57	2.32	2.59	3.02	2.86	1.87	2.38	2.31	-0.86	-16.18	-0.41
1984	-0.19	0.80	2.30	1.82	0.96	-2.14	-1.81	1.55	1.31	1.86	-5.84	1.22	0.85	2.00	2.03	-3.29	-2.36	-5.97
1985	-2.22	-3.82	0.09	0.26	0.24	1.71	1.68	0.36	-1.78	1.77	1.77	-2.70	-1.72	-2.11	0.22	-0.28	0.01	0.56
1986	-0.28	-0.53	-1.08	-1.59	1.38	1.41	-1.72	2.26	2.67	2.68	2.95	1.82	2.47	2.31	-4.42	-0.90	-1.16	0.54

Tabel 36. Decadewaarden in $m^3.s^{-1}$ van de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing in het Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden zoals berekend voor de bodemgebruikssituatie 1983 met beregening en de meteorologische omstandigheden van de jaren 1937 tot en met 1986

JAAR	DECADE																	
	APR			MEI			JUN			JUL			AUG			SEP		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1937	-0.67	-4.92	-6.97	1.85	-1.90	5.54	5.64	4.73	6.09	5.10	6.23	3.55	6.33	-3.80	-0.07	0.83	-6.79	-5.32
1938	3.97	3.41	4.21	5.87	6.19	6.52	6.67	7.56	7.89	3.03	1.28	5.43	4.86	-0.71	4.14	1.84	2.53	2.65
1939	-0.77	2.73	0.32	0.29	-4.85	5.13	7.93	6.16	7.48	7.26	7.03	-0.56	0.08	3.97	1.56	4.99	-11.58	0.26
1940	0.17	-0.70	-0.38	3.36	6.26	3.64	7.32	0.94	5.74	1.91	-1.08	-1.25	4.64	4.60	-7.17	2.57	-15.67	-8.20
1941	2.36	1.38	4.61	5.61	6.35	1.24	4.92	7.39	8.21	8.84	8.24	7.63	-3.15	-8.32	-5.74	2.23	0.59	3.29
1942	2.10	6.03	7.34	7.39	6.46	3.62	6.51	2.65	6.78	3.46	-21.02	-2.41	2.31	2.35	5.40	3.94	4.09	-0.07
1943	3.45	5.34	5.44	3.78	6.88	5.14	-7.39	-6.46	2.25	2.78	4.62	7.04	-2.06	1.07	-2.02	2.32	3.20	-0.72
1944	2.75	2.69	4.24	5.47	4.27	6.67	1.31	3.52	5.75	3.85	3.50	3.41	6.64	6.32	1.57	-9.83	1.14	-6.60
1945	3.91	4.93	-3.82	-8.62	4.05	-17.14	2.91	5.97	4.82	4.17	7.54	4.85	0.45	3.28	1.82	2.83	2.09	-15.11
1946	3.74	4.22	4.40	6.89	5.92	4.86	-3.68	-6.40	2.02	6.61	4.80	4.46	3.04	-15.97	-6.97	0.13	-4.04	-2.00
1947	-4.04	3.14	4.95	5.76	-0.88	6.16	6.78	7.21	8.16	6.79	5.59	7.37	4.60	8.06	8.50	7.74	7.01	2.65
1948	0.94	4.84	3.87	4.33	5.89	4.53	4.30	4.28	-6.17	-5.79	-6.38	5.36	1.37	1.18	4.56	4.46	3.75	3.08
1949	1.03	4.26	2.85	5.17	5.28	1.04	5.28	5.43	7.26	7.60	7.50	7.86	6.41	6.88	7.05	6.00	2.93	1.40
1950	1.62	-1.20	-7.94	-5.22	2.14	-0.50	6.66	6.97	-4.16	3.01	4.13	2.99	-2.72	-0.25	-7.16	-0.83	-10.59	-14.40
1951	-9.37	-1.15	1.89	0.99	4.11	0.85	6.46	6.77	-0.76	0.93	2.89	4.67	-15.92	-4.80	0.04	-1.58	-5.22	-0.92
1952	1.87	5.34	5.77	3.92	6.38	6.03	3.84	5.88	6.26	4.77	5.44	4.72	3.60	2.46	4.21	-0.36	-3.06	-8.66
1953	-1.29	1.42	1.99	4.98	6.28	5.16	2.61	3.49	5.07	6.21	1.66	4.98	5.99	6.58	-17.96	1.73	3.09	-1.68
1954	2.28	4.52	5.96	6.02	7.64	6.43	6.02	0.04	2.88	3.75	-10.22	-15.49	-5.73	-3.73	-0.07	-0.20	-0.61	-10.12
1955	1.64	3.60	5.36	3.77	-1.98	3.76	5.60	4.13	5.40	5.99	6.52	7.25	1.33	3.50	5.44	2.69	-12.26	-3.15
1956	5.08	-0.30	2.86	5.50	5.75	5.50	4.68	1.14	4.26	3.40	-2.96	3.42	-2.17	-0.72	-9.85	-3.53	-1.57	1.60
1957	4.30	3.87	4.26	3.30	4.03	5.52	6.62	7.89	7.54	7.05	3.14	1.54	4.15	-14.64	-4.74	-3.07	-28.98	-21.09
1958	3.25	3.60	0.83	3.92	1.80	3.22	5.98	6.31	-16.03	1.69	4.61	-2.22	0.13	0.81	-0.87	2.03	0.19	-10.43
1959	-0.40	1.23	-0.84	4.38	6.47	7.28	7.69	8.26	7.77	7.21	8.37	6.48	5.52	3.72	6.20	7.13	6.79	5.89
1960	2.85	4.20	4.92	6.52	4.43	1.28	6.24	6.07	6.85	1.90	2.16	2.66	-4.23	-11.80	-14.34	-5.90	-2.68	-2.26
1961	-7.53	0.27	0.58	2.70	5.24	5.62	5.55	3.59	6.76	6.37	-8.84	1.11	3.71	0.19	-1.58	-9.35	0.35	-0.71
1962	-8.24	-0.09	3.54	3.99	3.25	0.21	6.32	6.99	6.91	6.60	-6.75	-8.34	-1.24	2.52	3.48	-0.56	-7.31	0.44
1963	3.14	2.32	2.74	1.96	-0.09	2.25	6.83	1.87	2.53	-1.73	2.51	6.03	2.30	-10.13	-18.30	-12.12	1.26	-2.77
1964	1.94	1.57	-2.94	0.26	4.38	4.43	0.38	-5.33	0.99	4.30	3.68	4.64	1.28	-1.24	4.96	-0.49	-1.52	1.09
1965	1.91	-6.13	-2.63	-17.45	2.61	4.78	4.31	-2.06	4.44	-2.36	-2.39	-10.80	-4.30	3.62	-8.07	-18.77	-2.21	1.11
1966	-1.70	-6.39	-1.96	1.50	5.76	5.84	7.42	-2.59	-18.52	-0.15	-10.74	-6.72	-4.99	4.10	0.45	1.60	-1.27	1.81
1967	-1.36	1.45	4.70	4.68	-2.60	-5.50	3.42	6.35	4.52	5.76	6.30	6.50	6.17	-3.41	4.25	0.12	-7.40	0.84
1968	2.83	5.44	4.07	0.02	-0.69	4.17	3.93	3.86	0.30	-12.63	-1.80	3.47	-3.88	-27.78	0.15	2.73	-3.71	-22.37
1969	4.02	-1.29	-2.46	0.10	-5.13	3.42	2.00	6.45	6.05	3.92	5.51	6.83	7.93	5.56	-21.43	1.18	3.86	3.73
1970	-8.24	-1.19	-2.27	2.35	4.55	5.86	8.06	8.00	7.15	5.62	1.76	0.76	4.25	4.13	5.35	4.60	-5.85	1.96
1971	3.61	3.62	3.54	6.07	3.42	-3.87	4.04	-14.10	-1.40	5.46	6.83	1.03	2.61	3.77	1.32	4.76	4.85	0.55
1972	1.19	-0.52	3.07	3.50	1.19	0.43	3.27	4.85	1.71	-3.84	4.67	1.89	-0.80	-2.63	3.70	1.34	-5.39	1.06
1973	0.40	0.70	0.50	-3.69	1.16	-0.50	0.03	6.06	6.74	7.72	1.07	0.07	2.64	5.81	4.50	4.80	3.26	-7.83
1974	5.37	5.84	4.04	5.60	6.47	3.71	-0.14	4.68	5.89	-1.86	-2.12	3.40	2.65	-0.27	4.12	-6.60	0.77	-14.21
1975	-9.75	-3.96	1.09	1.63	3.98	6.29	5.74	6.23	-6.08	2.99	4.91	4.95	7.06	3.72	0.70	3.30	-1.21	-6.45
1976	4.59	5.60	6.34	6.98	7.22	4.91	7.33	5.86	7.62	8.38	8.29	5.58	6.66	7.62	7.73	0.37	-4.58	-0.96
1977	-4.16	-0.41	1.17	1.24	0.46	6.21	4.78	5.62	6.09	7.66	5.99	1.82	2.34	-1.16	-21.26	-0.14	2.49	2.73
1978	2.55	-1.13	0.61	-7.29	0.13	4.60	4.75	5.71	-4.49	-13.40	0.78	4.41	3.74	3.15	-1.35	-1.36	1.24	-7.41
1979	-0.30	1.81	-8.85	-6.40	1.20	-10.72	0.27	-8.75	1.85	4.75	4.20	4.87	2.47	-0.95	-2.53	1.00	2.22	1.62
1980	-4.80	1.26	1.70	5.45	7.34	6.21	6.22	5.00	-0.57	-14.97	-14.07	1.23	4.31	2.79	0.01	1.17	1.69	2.01
1981	1.80	4.43	2.78	-0.93	3.80	-5.89	-0.86	1.67	-3.30	3.05	3.26	-2.05	3.03	2.20	3.90	2.16	-4.36	0.22
1982	0.98	3.24	4.27	2.82	4.86	5.59	7.46	1.62	-1.06	4.40	6.44	6.21	5.65	2.11	0.12	1.87	3.02	-0.84
1983	-7.69	-1.69	-11.11	-8.42	-3.75	-3.85	2.13	6.35	5.54	6.25	7.52	6.89	4.02	5.79	5.62	-3.14	-44.42	-2.67
1984	-0.29	2.03	5.68	4.32	2.06	-6.38	-3.45	3.52	3.01	4.66	-16.53	2.42	1.72	4.95	4.93	-9.69	-7.10	-17.10
1985	-5.68	-10.83	-0.45	0.15	0.07	4.17	4.08	0.31	-5.54	4.21	4.29	-8.04	-5.34	-6.51	-0.05	-1.35	-0.48	1.02
1986	-0.69	-1.64	-3.51	-5.03	2.99	3.37	-5.46	5.39	6.33	6.40	7.14	3.97	6.07	5.63	-12.59	-2.96	-3.81	0.93

Tabel 37. Decadewaarden in $m^3.s^{-1}$ van de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing in het totale studiegebied zoals berekend voor de bodemgebruikssituatie 1983 met beregening en de meteorologische omstandigheden van de jaren 1937 tot en met 1986

JAAR	DECADE																	
	APR			MEI			JUN			JUL			AUG			SEP		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1937	-7.95	-17.73	-23.69	-0.79	-9.02	8.36	8.90	8.09	10.98	9.99	12.12	6.94	14.07	-5.44	0.00	1.69	-17.12	-14.82
1938	5.37	5.27	6.99	10.26	10.86	11.81	14.13	16.41	16.99	7.26	4.75	13.10	8.82	1.50	10.16	9.11	6.11	6.29
1939	-7.06	2.97	-0.12	0.15	-11.14	8.94	17.47	10.43	19.69	15.54	14.24	0.39	1.85	9.63	5.61	10.62	-17.94	1.09
1940	-4.94	-4.95	-3.12	4.08	10.40	6.16	15.37	1.76	12.00	4.99	0.14	0.57	11.34	10.32	-9.69	6.75	-27.72	-14.83
1941	-0.93	-1.36	6.54	9.03	12.14	1.94	8.28	15.61	18.82	19.07	17.70	15.57	-3.46	-12.87	-8.92	4.50	1.18	6.63
1942	0.84	10.17	14.53	14.14	11.49	6.85	14.48	5.80	15.46	7.29	-43.82	-4.92	3.01	3.34	10.18	6.62	7.32	-0.05
1943	4.23	8.76	9.03	6.27	13.43	8.74	-12.15	-10.65	4.09	6.23	10.24	15.24	-2.40	3.41	-1.83	5.56	6.40	-1.28
1944	3.38	4.09	7.04	10.32	7.30	12.92	3.01	8.58	13.02	8.47	9.09	7.92	15.58	13.59	9.14	-17.06	2.12	-11.69
1945	5.34	8.34	-9.55	-17.04	5.37	-42.15	2.21	11.14	7.65	8.93	14.82	10.38	1.51	7.09	5.29	6.73	5.20	-27.82
1946	4.09	5.89	7.26	13.94	10.28	8.47	-6.05	-13.07	3.29	14.07	8.32	8.43	5.91	-25.08	-12.47	-0.62	-11.91	-6.33
1947	-13.35	3.19	7.09	9.07	-1.76	12.31	11.65	14.36	17.40	13.09	12.83	17.46	11.55	19.44	19.78	16.82	15.33	7.00
1948	-0.01	8.04	7.64	7.12	12.36	8.37	8.75	8.40	-13.21	-12.11	-22.21	9.12	1.52	1.80	9.18	7.88	7.17	6.03
1949	-0.43	6.75	4.30	9.13	9.47	1.96	10.71	10.42	16.03	16.39	15.81	17.61	14.14	18.39	15.33	12.99	6.65	4.09
1950	1.45	-2.90	-16.79	-13.18	2.47	-3.19	13.68	14.24	-5.73	5.67	9.08	7.79	-4.52	0.46	-13.69	-2.13	-21.09	-42.10
1951	-35.38	-9.10	0.94	-0.30	4.35	0.89	13.53	13.45	-2.15	3.71	6.07	10.53	-25.62	-10.37	-1.39	-3.10	-10.04	-2.82
1952	-2.37	7.38	8.91	4.26	12.41	11.20	8.22	11.75	13.90	9.27	12.15	9.58	8.39	6.28	9.55	0.97	-4.44	-18.04
1953	-4.26	0.82	2.07	8.02	11.59	9.00	5.09	8.17	10.05	13.99	4.69	11.87	13.10	15.04	-28.48	3.98	9.79	-6.07
1954	1.56	7.03	10.60	11.02	15.85	10.65	11.79	0.31	5.92	8.90	-15.91	-29.27	-11.21	-9.73	-5.67	-2.48	-1.61	-25.45
1955	0.44	5.43	9.05	6.24	-6.15	6.00	11.41	7.10	11.47	13.11	12.19	15.90	4.61	9.44	13.14	7.10	-20.43	-4.59
1956	7.02	-1.89	4.85	10.51	10.32	11.30	9.07	3.93	10.14	8.47	-2.00	9.57	-1.93	0.82	-16.05	-6.02	-2.70	3.02
1957	4.89	4.78	7.25	5.51	6.34	9.63	13.51	17.33	16.24	14.63	7.25	5.30	8.97	-22.04	-7.34	-6.67	-64.09	-39.17
1958	3.36	5.27	0.43	6.43	3.27	6.03	12.74	13.98	-24.62	3.44	9.71	-1.24	2.10	3.13	0.12	4.79	1.68	-16.26
1959	-3.80	0.94	-5.23	6.41	11.74	14.19	15.73	17.93	14.79	15.93	18.66	13.86	10.15	8.76	14.26	16.03	14.46	12.26
1960	3.46	6.84	8.39	13.31	7.33	2.55	13.54	12.58	14.95	5.16	6.63	6.82	-2.87	-18.91	-32.24	-22.27	-10.66	-12.35
1961	-23.74	-4.07	-1.98	3.68	8.33	9.64	11.27	6.13	14.37	13.48	-14.69	2.42	7.33	0.93	-1.65	-19.58	0.82	-1.85
1962	-23.52	-3.86	4.68	6.00	5.28	-0.22	13.44	14.62	13.98	13.96	-8.06	-11.72	-0.43	6.06	7.40	-0.29	-15.12	-0.03
1963	3.17	1.32	3.31	1.81	-2.05	3.32	13.71	2.41	3.21	-1.58	5.64	13.20	4.99	-14.87	-43.43	-33.23	-1.75	-9.30
1964	0.49	0.73	-10.74	-2.51	4.63	11.90	0.52	-9.07	1.91	9.09	6.87	10.55	2.75	-4.06	9.65	-0.16	-0.94	2.83
1965	-0.10	-19.71	-11.69	-42.89	0.77	6.60	7.68	-2.87	9.38	-2.76	-3.38	-18.25	-7.02	7.48	-17.90	-43.99	-12.33	-1.44
1966	-7.47	-22.85	-10.02	0.06	8.91	9.65	14.80	-4.52	-32.73	-2.22	-20.43	-19.57	-15.10	6.25	-0.34	2.81	-2.46	3.22
1967	-8.91	-0.46	6.66	7.32	-5.28	-15.41	5.05	12.51	8.16	12.64	12.13	13.67	12.38	-4.91	9.60	1.29	-10.78	1.98
1968	2.55	6.81	6.58	-1.98	-3.08	6.82	7.14	8.91	1.34	-20.67	-4.34	5.66	-10.58	-38.58	-4.11	1.66	-10.96	-98.23
1969	4.00	-6.37	-11.60	-2.04	-14.21	4.10	2.23	12.10	10.48	7.32	11.91	14.71	17.14	10.67	-34.09	2.56	8.00	7.03
1970	-21.68	-6.23	-8.20	2.77	6.79	10.07	17.44	17.17	14.40	10.78	4.07	2.92	8.87	9.08	12.14	-9.65	-10.27	3.82
1971	4.34	5.32	5.26	10.54	6.55	-7.29	7.35	-29.06	-4.34	11.06	13.77	2.09	4.65	7.34	3.39	10.69	10.08	1.85
1972	0.19	-2.21	4.95	5.10	1.40	0.50	4.39	9.86	2.98	-6.09	10.35	-0.73	-4.84	-6.50	6.22	1.02	-13.20	0.24
1973	-1.12	0.28	0.37	-8.99	1.35	-0.95	0.22	12.97	14.49	16.99	2.94	2.23	6.77	13.44	9.72	10.68	7.89	-11.45
1974	7.59	9.79	6.37	10.16	12.43	8.09	0.43	10.71	12.27	-1.95	-2.57	7.97	9.09	-0.04	8.59	-13.25	0.56	-31.82
1975	-29.63	-14.38	-1.44	0.26	4.55	10.49	9.70	12.97	-8.93	6.04	10.13	10.77	15.34	8.13	2.66	7.82	-2.00	-11.54
1976	6.97	9.33	12.29	13.63	14.30	9.90	16.30	12.22	18.08	19.96	18.83	13.12	13.94	17.69	17.08	3.41	-6.17	0.14
1977	-15.74	-5.29	-0.70	-0.63	-1.61	10.67	8.56	10.39	12.42	14.31	12.73	4.27	7.02	-0.69	-33.29	-0.20	4.93	5.14
1978	1.99	-6.55	-2.65	-15.93	-2.25	7.17	9.73	11.62	-6.85	-23.19	1.61	9.52	7.48	7.64	-0.04	-0.16	3.53	-11.92
1979	-8.38	-0.06	-21.38	-19.66	-1.06	-27.48	-1.95	-19.89	1.71	8.93	6.75	9.92	3.03	-0.67	-4.79	2.06	4.48	2.86
1980	-15.92	0.25	1.34	9.05	14.75	11.24	12.12	10.50	1.05	-24.38	-27.33	2.72	8.50	5.60	8.99	4.19	4.11	4.13
1981	-2.17	5.60	0.39	-10.61	2.95	-15.10	-4.42	1.97	-6.90	6.05	5.93	-1.61	7.44	4.79	9.03	6.36	-8.00	0.43
1982	-1.84	4.38	6.55	4.59	8.91	10.42	14.09	3.54	-0.40	10.85	14.14	13.69	10.35	5.60	2.27	5.13	7.60	-0.31
1983	-26.47	-12.30	-39.17	-30.11	-20.46	-14.05	0.81	11.89	9.71	12.86	15.60	13.55	9.70	12.83	10.92	-2.22	-79.82	-7.42
1984	-6.62	0.65	8.79	6.60	2.47	-13.55	-12.26	5.97	6.30	8.82	-26.62	5.56	3.61	10.66	11.05	-19.71	-15.69	-41.48
1985	-14.40	-28.20	-4.12	-3.10	-4.30	6.25	7.04	0.19	-8.90	9.15	8.56	-12.98	-10.71	-13.55	-1.05	-2.87	-0.71	1.86
1986	-6.83	-8.97	-9.67	-11.65	4.23	5.59	-10.19	11.21	13.51	13.28	13.28	8.42	13.88	11.70	-21.16	-5.38	-7.72	0.98

De hoogste waarden die in de tabellen 31 tot en met 37 voorkomen, zijn samengebracht in Tabel 38.
In deze tabel zijn eveneens soortgelijke waarden opgenomen voor het bodemgebruik 1983 en 2000, respektievelijk zonder en met beregening.
De sommen van de hoogste waarden, die voor de zes waterschappen afzonderlijk zijn berekend, stemmen niet overeen met de hoogste waarden die voor het totale studiegebied zijn vastgesteld. Dit komt enerzijds omdat de in de tabel vermelde waarden niet alle voor hetzelfde zomerhalfjaar en/of dezelfde decade zijn berekend en anderzijds omdat het totale studiegebied betrekking heeft op een groter oppervlak dan die van de zes beschouwde waterschappen.

Tabel 38. Maxima van de reeksen decadewaarde van de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing

Waterschap	Bodemgebruik 1983		Bodemgebruik 2000
	zonder beregening	met beregening	met beregening
	($m^3.s^{-1}$)	($m^3.s^{-1}$)	($m^3.s^{-1}$)
Goeree-Overflakkee	1,58	2,04	2,18
De Brielse Dijkring	1,15	1,50	1,58
IJsselmonde	0,56	1,73	1,95
De Groote Waard	1,15	2,59	2,58
Krimpenerwaard	3,54	3,58	3,63
Albl.w./Vijfh.landen	7,76	8,84	9,24
Totale studiegebied	15,82	19,96	20,72

Uit Tabel 38 kan een eerste indruk worden verkregen welk percentage van de aanvoer wordt gebruik voor beregening. Voor het totale studiegebied is dat voor bodemgebruik 1983 21%, hetgeen neerkomt op 0,32 $mm.d^{-1}$ voor een oppervlakte voor peilbeheer van 111 075 ha. De berekeningen voor de bodemgebruikssituatie 2000 leiden in het algemeen tot een geringe toename van de aanvoerbehoefte.

In de tabellen 31 tot en met 37 is voor elk zomerhalfjaar de maximum waarde van de aanvoerbehoefte opgezocht. Van de 50 maximum waarden die

aldus uit elke tabel zijn afgelezen, zijn de tien hoogste opgenomen in Tabel 39. Het merendeel van de in Tabel 39 vermelde waarden hoort bij de zomers van de jaren 1976, 1941, 1949, 1947, 1959, 1970, 1939, 1957, 1944 en 1945.
De bovenstaande reeks komt slechts gedeeltelijk overeen met de reeks jaren die bekend staat vanwege een droge tot zeer droge zomer. Dit komt voort uit het feit dat zelfs het optreden van een betrekkelijk korte periode van droogte tot een hoge aanvoerbehoefte kan leiden.
De volgorde in de reeks is gebaseerd op een rangschikking van de genoemde tien jaren naar grootte van de maximum waarden van de aanvoerbehoefte.

Tabel 39. Tien hoogste waarden van de maxima, die de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing in de zomerhalfjaren bereikt
Tussen haakjes het jaar van voorkomen

Waterschap	Hoogste maxima ($m^3.s^{-1}$)									
Goeree-Overfl.	1,52 (1938)	1,53 (1942)	1,56 (1953)	1,57 (1955)	1,63 (1944)	1,69 (1941)	1,70 (1949)	1,73 (1959)	2,02 (1947)	2,04 (1976)
Brielse Dijkring	1,13 (1973)	1,13 (1945)	1,16 (1942)	1,18 (1949)	1,19 (1939)	1,20 (1959)	1,20 (1944)	1,26 (1941)	1,47 (1947)	1,50 (1976)
IJssel-monde	1,22 (1949)	1,25 (1969)	1,31 (1957)	1,32 (1945)	1,33 (1970)	1,35 (1939)	1,37 (1959)	1,61 (1947)	1,61 (1941)	1,73 (1976)
Groote Waard	1,95 (1957)	1,98 (1970)	1,99 (1949)	1,99 (1944)	2,00 (1973)	2,07 (1939)	2,07 (1945)	2,16 (1941)	2,42 (1976)	2,59 (1947)
Krimp. waard	3,16 (1969)	3,21 (1957)	3,21 (1939)	3,21 (1938)	3,26 (1949)	3,35 (1947)	3,40 (1970)	3,46 (1959)	3,54 (1976)	3,58 (1941)
Alblw. Vijfh.	7,66 (1977)	7,72 (1973)	7,77 (1959)	7,86 (1949)	7,89 (1938)	7,89 (1957)	7,93 (1969)	8,06 (1970)	8,38 (1976)	8,84 (1941)
Studie-gebied	16,99 (1973)	16,99 (1938)	17,33 (1957)	17,44 (1970)	17,47 (1939)	17,61 (1949)	18,66 (1959)	19,07 (1941)	19,78 (1947)	19,96 (1976)

Ter oriëntatie zijn in de tabellen 40 en 41 de jaren opgesomd met een neerslaghoeveelheid kleiner dan 300 mm in de periode april tot en met september.

Tabel 40. Neerslag per decade voor de maanden mei t/m augustus voor de jaren met een neerslagsom in de periode april t/m september kleiner dan 300 mm voor station Dirksland

Jaar	Neerslag april t/m september (mm)	Neerslag per decade (mm)											
		mei			juni			juli			augustus		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1976	209.7	2	5	16	3	20	9	0	3	18	5	0	15
1947	218.7	12	28	3	32	15	5	24	18	2	12	0	0
1959	234.2	9	0	1	6	0	31	15	7	33	49	20	5
1949	257.1	5	9	35	15	11	0	0	19	1	20	7	13
1938	257.7	8	13	15	11	0	2	28	24	12	58	13	7
1982	277.3	17	6	12	0	41	38	1	15	2	42	24	24
1980	287.8	1	0	3	16	15	30	67	53	7	4	7	23
1941	299.9	5	3	32	33	5	0	3	8	29	64	54	25

Tabel 41. Neerslag per decade voor de maanden mei t/m augustus voor de jaren met een neerslagsom in de periode april t/m september kleiner dan 300 mm voor station Barendrecht

Jaar	Neerslag april t/m september (mm)	Neerslag per decade (mm)											
		mei			juni			juli			augustus		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1959	205.2	5	2	3	5	0	16	23	01	28	18	31	3
1949	227.2	4	6	38	9	9	0	1	9	2	28	38	3
1938	237.8	0	6	5	18	0	2	44	28	7	24	38	3
1976	239.8	2	6	28	4	23	15	0	6	34	9	0	4
1947	255.4	7	46	1	11	5	2	18	33	11	33	0	0
1982	293.8	20	10	13	1	45	40	6	10	9	16	36	30
1941	299.1	4	6	38	14	3	0	0	7	15	80	55	39

In de besproken tabellen (31 t/m 37) is niet de aanvoerbehoefte verwerkt in verband met de permanente doorspoeling in een aantal deelgebieden (Tabel 19). Tevens is de lozing in en onttrekking aan een aantal deelgebieden nog niet in rekening gebracht. In Tabel 42 is aangegeven met welk debiet de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing dient te worden vermeerderd, indien tevens rekening wordt gehouden met permanente doorspoeling en lozingen en onttrekkingen.

Tabel 42. Debieten betreffende permanente doorspoeling en lozingen (negatief) en onttrekking

Waterschap	$m^3.s^{-1}$
Goeree-Overflakkee	1,50
De Brielse Dijkring	1,43
De Groote Waard	-0,05
IJsselmonde	0,15
Krimpenerwaard	0,02
Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	-0,01
Totale studiegebied	3,04

8.3. AANVOERBEHOEFTE PER BODEMGEBRUIKSVORM

In Tabel 43 is een opsplitsing naar bodemgebruiksvorm opgenomen van de maximum waarden van de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing die in Tabel 38 zijn weergegeven. De aanvoerbehoefte van een bepaalde gebruiksvorm, uitgedrukt in $mm.d^{-1}$, blijkt niet voor elk waterschap dezelfde waarde te bereiken. Dit houdt voornamelijk verband met verschillen in kwelintensiteit, infiltratiemogelijkheden en de bodemfysische eigenschappen. Vanwege de geringe verschillen in aanvoerbehoefte voor de bodemgebruikssituatie 1983 en 2000 (Tabel 38) is in Tabel 43 alleen de situatie 1983 weergegeven.

Tabel 43. *Verdeling van de maximum waarden van de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing in de verschillende waterschappen over de verschillende bodemgebruiksvormen voor de bodemgebruikssituatie 1983 met beregening*

Bodemgebruiksvorm		Goeree-Overflakkee			De Brielse Dijkring			IJsselmonde			De Groote Waard		
code	omschrijving	opp. ha	aanvoerbehoefte $m^3.s^{-1}$	aanvoerbehoefte $mm.d^{-1}$	opp. ha	aanvoerbehoefte $m^3.s^{-1}$	aanvoerbehoefte $mm.d^{-1}$	opp. ha	aanvoerbehoefte $m^3.s^{-1}$	aanvoerbehoefte $mm.d^{-1}$	opp. ha	aanvoerbehoefte $m^3.s^{-1}$	aanvoerbehoefte $mm^3.d^{-1}$
1	stedelijk gebied	2725	0	0	4225	0	0	6875	0	0	5100	0	0
2	duinen	725	0	0	1150	0	0	-	-	-	-	-	-
3	recreatief terrein	525	0,02	0,33	800	0,03	0,32	175	0,01	0,49	575	0	0
4	open water	650	0,44	5,85	1150	0,80	6,01	250	0,18	6,22	875	0,56	5,53
5	grasland	1900	0,12	0,55	5025	0,16	0,28	1425	0,17	1,03	3900	0,49	1,09
6	granen	6075	0,45	0,64	3100	0,11	0,31	1000	0,08	0,69	9025	0,32	0,31
7	aard., bieten, voll. tuinbouw	9525	0,88	0,80	3400	0,30	0,76	2675	1,21	3,91	11025	1,22	0,96
8	glastuinbouw	-	-	-	175	0,10	4,94	125	0,07	4,84	25	0,01	3,46
9	bloembollen	350	0,13	3,21	-	-	-	50	0,02	3,45	-	-	-
Permanente doorspoeling, lozingen en onttrekkingen			1,50			1,26			0,04			-0,05	
Totaal		22475	3,54		19025	2,76		12575	1,78		30525	2,55	

Bodemgebruiksvorm		Krimpenerwaard			Alblasserw./Vijfheerenl.			Studiegebied		
code	omschrijving	opp. ha	aanvoerbehoefte $m^3.s^{-1}$	aanvoerbehoefte $mm.d^{-1}$	opp. ha	aanvoerbehoefte $m^3.s^{-1}$	aanvoerbehoefte $mm.d^{-1}$	opp. ha	aanvoerbehoefte $m^3.s^{-1}$	aanvoerbehoefte $mm.d^{-1}$
1	stedelijk gebied	2550	0	0	6450	0	0	28325	0	0
2	duinen	-	-	-	-	-	-	1875	0	0
3	recreatief terrein	475	0,14	2,55	1250	0,23	1,59	4000	0,42	0,91
4	open water	1025	0,63	5,31	2350	1,51	5,55	6525	4,52	5,97
5	grasland	9725	2,81	2,50	28725	7,04	2,12	52800	10,22	1,67
6	granen	-	-	-	125	0,03	2,07	19625	0,96	0,42
7	aard., bieten, voll. tuinbouw	-	-	-	125	0,04	2,76	27400	3,48	1,10
8	glastuinbouw	-	-	-	-	-	-	325	0,18	4,79
9	bloembollen	-	-	-	-	-	-	400	0,15	3,24
Permanente doorspoeling, lozingen en onttrekkingen			0,02			-0,01			2,76	
Totaal		13775	3,60		39025	8,84		141275	22,69	

In Tabel 44 zijn de resultaten van de onderhavige studie vergeleken met die uit het Voortgezet Onderzoek Kanaal Waddinxveen-Voorburg (1981). Hoewel hieraan geen duidelijke conclusies kunnen worden verbonden, zonder hierbij tevens de gekarteerde gebiedskenmerken en de wijze van berekening te betrekken, zijn niettemin een aantal significante verschillen aan te geven. Voor de bodemgebruiksgroepen (recreatief terrein, grasland) en (granen, aardappelen, bieten, vollegrondstuinbouw) wordt in deze studie respektievelijk een lagere aanvoerbehoefte berekend van 0.8 en 0.4 mm.d^{-1}. Voor bloembollen wordt een hogere aanvoerbehoefte berekend, hetgeen kan worden toegeschreven aan de aanname dat bloembollen voor 100% worden beregend.

De bovengenoemde geringere aanvoerbehoefte voor een aantal bodemgebruiksvormen hebben tot gevolg dat de totale wateraanvoerbehoefte in deze studie 25 à 30% lager uitkomt dan wanneer wordt uitgegaan van de aanvoerbehoefte per bodemgebruiksvorm in de voortgezette kanaalstudie.

8.4. GEVOELIGHEIDSANALYSE

De berekende aanvoerbehoefte voor peilbeheer is min of meer afhankelijk van de invoergegevens, zoals de gekarteerde gebiedskenmerken, het beregeningsniveau en de op te geven parameterwaarden. Tot deze laatste kunnen onder andere worden gerekend de gewasfactoren en pF_A-waarden; aangezien hiervoor algemeen geaccepteerde waarden zijn gebruikt, is voor deze factoren een gevoeligheidsanalyse achterwege gelaten. De aandacht is geconcentreerd op de gekarteerde gebiedskenmerken en voor het beregeningsniveau mede op de ontwikkelingen in het bodemgebruik naar het jaar 2000.
De bergingsmogelijkheden van het oppervlaktewater zijn buiten beschouwing gelaten. De afvoer van het neerslagoverschot vanaf de (gedeeltelijk) verharde oppervlakken vindt weliswaar intern plaats, maar voor de waterschappen met een relatief groot oppervlakte stedelijk gebied, zoals IJsselmonde en het Eiland van Dordrecht is de waterhuishouding zo ingericht dat dit water extern wordt afgevoerd.

Tabel 44. Verdeling over de gebruiksvormen van de maximum waarden van de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing voor Rijnland, Woerden, Delfland en Schieland (bodemgebruikssituatie 1978) en voor de Hollandse Eilanden en Waarden (bodemgebruikssituatie 1983)

Bodemgebruiksvorm		Rijnland, Woerden, Delfland, Schieland			Hollandse Eilanden en Waarden		
code	omschrijving	opp. ha	aanvoerbehoefte $m^3.s^{-1}$	aanvoerbehoefte $mm.d^{-1}$	opp. ha	aanvoerbehoefte $m^3.s^{-1}$	aanvoerbehoefte $mm.d^{-1}$
1	stedelijk gebied	58475	0	0	30200	0	0
2	duinen						
4	open water	12800	9,2	6,2	6525	4,5	6,0
3	recreatief terr.	72225	19,7	2,4	56800	10,6	1,6
5	grasland						
6	granen	23950	3,4	1,2	47025	4,4	0,8
7	aard., bieten, voll.tuinbouw						
8	glastuinbouw	5575	3,1	4,7	325	0,2	4,8
9	bloembollen	3200	0,3	0,8	400	0,2	3,2
Permanente doorsp., lozingen en onttrekkingen			-0,7			2,8	
Totaal		176225	35,0		141275	22,7	

8.4.1. Gevoeligheid voor wijzigingen in de gekarteerde gebiedskenmerken

Bodemgebruik

Voor de bodemgebruikssituatie 1983 is er van uitgegaan, dat deze op grond van de meitelling en bodemstatistiek voldoende betrouwbaar is vastgesteld. Met betrekking tot de ontwikkeling in het bodemgebruik tot het jaar 2000 is rekening gehouden met een omzetting van 2500 ha gras en bouwland; 1325 ha voor stadsuitbreiding, industrie en wegen; 1075 ha voor bos en recreatie, 75 ha voor de uitbreiding van het glastuinbouwareaal en 25 ha voor een groter wateroppervlak. De invloed hiervan op de waterbehoefte voor peilbeheer is, gezien het relatief klein oppervlak dat hierbij is betrokken, van weinig betekenis.
Bij een eventueel extra uitbreiding van het stedelijk gebied is verondersteld dat hiervoor de gebruiksvormen (code 5 t/m 7) naar evenredigheid worden ingekrompen.
Op basis van dit uitgangspunt is berekend dat per 100 ha extra uitbreiding de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing in het jaar 2000 terug zal lopen met 0,014 $m^3.s^{-1}$.
Uit Tabel 43 blijkt dat een uitbreiding van de oppervlakte open water, glastuinbouw en bloembollen leidt tot een toenemende waterbehoefte. Een toename in oppervlak voor deze gebruiksvorm leidt respectievelijk per 100 ha tot een hogere aanvoerbehoefte van respectievelijk 0,056; 0,032 en 0,023 $m^3.s^{-1}$.

Bodemprofiel, kwelintensiteit, polderpeil en infiltratieweerstand

De gevoeligheid van deze vier gebiedskenmerken is als volgt onderzocht. Allereerst is voor de zes waterschappen de meest voorkomende combinatie van de gekarteerde gebiedskenmerken bepaald. Op grond van praktisch identieke combinaties zijn de waterschappen in twee groepen ingedeeld:

Groep 1: Goeree-Overflakkee, Brielse Dijkring, De Groote Waard en IJsselmonde
Groep 2: Krimpenerwaard, Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden.

Voor de gevoeligsheidanalyse is Goeree-Overflakkee als representatief waterschap voor groep 1 genomen en de Krimpenerwaard voor groep 2.

De wateraanvoerbehoefte is voor beide waterschappen opnieuw berekend over de beschouwde 50 jaar zonder beregening, maar nu voor de meest voorkomende combinatie. Dit betekent dat aan alle vakken dezelfde combinatie van codes is toegekend. Hierna zijn de berekeningen herhaald, waarbij afwisselend één gebiedskenmerk over één klasse is gevarieerd met uitzondering van de infiltratieweerstand voor de Krimpenerwaard. Voor dit waterschap zijn hiervoor meer extreme waarden gebruikt (Tabel 45).
Voor de gebiedskenmerken kwelintensiteit, polderpeil en infiltratieweerstand is hiervoor een directe keuze van de gewenste klasse mogelijk, omdat tussen deze kenmerken en de wateraanvoerbehoefte in meer of mindere mate een relatie aanwezig is. Voor de bodemprofielen is dat minder duidelijk, derhalve is voor het droge jaar 1976 de aanvoerbehoefte berekend voor de 10 onderscheiden bodemfysische eenheden in de meest voorkomende combinatie.
Op grond van de resultaten van deze berekeningen is een keuze gemaakt voor een gunstiger en minder gunstig bodemprofiel.

In Tabel 45 zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven. De aanvoerbehoefte voor de meest voorkomende combinatie (gewogen) is in grootte-orde gelijk aan die voor de oorspronkelijke vakkenfile (midden). Dit gegeven onderbouwt de gevolgde methode betreffende de gevoeligheidsanalyse van de gebiedskenmerken.
Een gunstig bodemprofiel - in het algemeen goede capillaire eigenschappen voor de vochtleverantie vanuit het grondwater - leidt voor Goeree-Overflakkee en de Krimpenerwaard tot een extra aanvoerbehoefte van respectievelijk 0,10 en 0,14 mm.d^{-1} in een 10% jaar. Bij een ongunstig bodemprofiel neemt de aanvoerbehoefte af met respectievelijk 0,42 en 0,31 mm.d^{-1}.
Het verlagen van de kwel met een klasse leidt voor Goeree-Overflakkee en de Krimpenerwaard tot een toename van de aanvoerbehoefte met respectievelijk 0,13 en 0,20 mm.d^{-1} in een 10% jaar. Het verhogen van de kwel leidt tot een vermindering van respectievelijk 0,07 en 0,14 mm.d^{-1}. Afwijkingen in het polderpeil hebben voor de Krimpenerwaard een veel grotere invloed op de aanvoerbehoefte dan voor Goeree-Overflakkee.

Uit Tabel 45 kan worden afgeleid dat een afwijking in peil van ± 0,10 m voor de Krimpenerwaard leidt tot een verandering in de aanvoerbehoefte van ± 0,3 mm.d^{-1} en voor Goeree-Overflakkee van ± 0,1 mm.d^{-1}.

Tabel 45. Gevoeligheidsanalyse van de gebiedskenmerken bodemprofiel, kwelintensiteit, polderpeil en infiltratieweerstand voor Goeree-Overflakkee en de Krimpenerwaard

		Goeree-Overflakkee					Krimpenerwaard				
Variabele	Niveau	Omschrijving	m^3.s^{-1}		mm.d^{-1}		Omschrijving	m^3.s^{-1}		mm.d^{-1}	
			W_{10}*	W_{35}*	W_{10}*	W_{35}*		W_{10}*	W_{35}*	W_{10}*	W_{35}*
Bodemprofiel	gunstig	bodemfys.eenh. 0	1,73	1,98	0,79	0,90	bodemfys.eenh. 5	3,59	3,79	2,76	2,92
	midden	" " 6	1,53	1,66	0,69	0,75	" " 9	3,40	3,52	2,62	2,71
	gewogen[2]	- -	1,38	1,57	0,63	0,71	- -	3,38	3,51	2,60	2,70
	ongunstig	bodemfys.eenh. 2	0,59	0,65	0,27	0,30	bodemfys.eenh. 2	3,00	3,23	2,31	2,49
Kwel (mm.d^{-1})	laag	-0,25 - 0	1,81	1,89	0,82	0,86	-0,50 - -0,25	3,67	3,77	2,82	2,90
	midden	0 - 0,25	1,53	1,66	0,69	0,75	-0,25 0	3,40	3,52	2,62	2,71
	gewogen	- -	1,38	1,57	0,63	0,71	-	3,38	3,51	2,60	2,70
	hoog	0,25 - 0,50	1,36	1,55	0,62	0,70	0 - 0,25	3,23	3,35	2,48	2,58
Polderpeil	hoog	85 - 115	2,00	2,34	0,94	1,00	0 - 25	4,37	4,64	3,37	3,56
(cm-mv)	midden	115 - 145	1,53	1,66	0,69	0,75	25 - 55	3,40	3,52	2,62	2,71
	gewogen	-	1,38	1,57	0,63	0,71	-	3,38	3,51	2,60	2,70
	laag	145 - 175	1,00	1,08	0,45	0,49	55 - 85	2,49	2,91	1,92	2,24
Infiltratie-	laag	600 - 800	2,02	2,19	0,92	1,00	0 - 100	5,26	5,77	4,05	4,44
weerstand(d)	midden	800 - 1200	1,53	1,66	0,69	0,75	100 - 225	3,40	3,52	2,62	2,71
	gewogen	-	1,38	1,57	0,63	0,71	-	3,38	3,51	2,60	2,70
	hoog	1200 - 2000	1,04	1,12	0,47	0,50	275 - 425	2,23	2,32	1,71	1,78

De meest voorkomende variabele: voor Goeree-Overflakkee bodemgebruikscode 7: aardappelen, bieten, etc.
voor Krimpenerwaard bodemgebruikscode 5: grasland, etc.

[2] De werkelijk voorkomende variabele

W_{10}* Maximale wateraanvoerbehoefte in een 10% jaar binnen een betrouwbaarheidsinterval van 90%

W_{35}* Idem voor een 35% jaar

Betreffende de infiltratieweerstand is dezelfde tendens aanwezig als voor het polderpeil. Voor de Krimpenerwaard leidt verlaging van de infiltratieweerstand tot een verhoging van de aanvoerbehoefte met 1,43 mm.d^{-1} en verhoging van de infiltratieweerstand tot een vermindering van de aanvoerbehoefte met 0,91 mm.d^{-1}. Voor Goeree-Overflakkee bedragen de corresponderende afwijkingen respektievelijk +0,23 en -0,22 mm.d^{-1}.

8.4.2. Gevoeligheid voor wijzigingen in de toepassing van beregening met oppervlaktewater

In Tabel 22 is een prognose gegeven over het percentage beregend of bevloeid oppervlak voor een aantal gebruiksvormen in het jaar 2000. Bij de toekomstige omvang in paragraaf 4.8.2. zal, in geval een langjarig gemiddeld vochttekort voor met name bodemgebruikscode 7 leidt tot een opbrengstdepressie van 10% of meer, een bijstelling van het percentage beregend oppervlak plaatsvinden (zie paragraaf 4.8.2.). Deze bijstelling heeft betrekking op de waterschappen in groep 1 (zie paragraaf 8.4.1.).

Voor de bepaling van het langjarig gemiddeld vochttekort is als basis de relatieve verdamping in het 10% jaar 1975 genomen. Uit een relatie tussen het optredend vochttekort en het procent jaar kan worden afgeleid dat bij een langjarig gemiddeld vochttekort van 10% het vochttekort in een 10% jaar 25% bedraagt. Dit komt overeen met een relatieve verdamping van 75%. Voor Goeree-Overflakkee is voor de relatieve verdamping in 1975 voor het meest ongunstige bodemprofiel (code 2) een waarde berekend van 88%. Dit resultaat houdt in dat het criterium, om een eventuele aanpassing van het beregend oppervlak te overwegen, niet wordt bereikt.

Een eventueel onjuist gegeven prognose over het toekomstig beregend oppervlak betekent, dat voor elke 100 ha die meer of minder wordt beregend, de aanvoerbehoefte globaal 0,03 m^3.s^{-1} groter of kleiner wordt.

8.5. CONCLUSIES

- De maximum decadewaarde van de aanvoerbehoefte voor IJsselmonde wordt voor bijna 70% bepaald door de toepassing van beregening; voor het totale studiegebied is dit percentage ruim 20%.

- De maximum decadewaarde van de aanvoerbehoefte voor de bodemgebruikssituatie in het jaar 1983 en het jaar 2000 vertoont als gevolg een enigszins hoger percentage beregend oppervlak een geringe toename (4%).

- In het jaar 1976 wordt overwegend de maximum decadewaarde van de aanvoerbehoefte aangetroffen.

- Het debiet van de permanente doorspoeling van het Zuiderdiep op Goeree-Overflakkee en het Brielse Meer op Voorne-Putten is ongeveer gelijk aan het debiet voor peilbeheersing op grond van de maximum decadewaarde van de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing.

- De lager berekende maximum waarde van de aanvoerbehoefte voor het totale studiegebied in $mm.d^{-1}$ ten opzichte van de aanvoerbehoefte voor Rijnland, Woerden, Delfland en Schieland zou voor een belangrijk deel kunnen worden toegeschreven aan een lager percentage beregend oppervlak.

- Op grond van de meestvoorkomende combinatie van de gebiedskenmerken kan het studiegebied worden opgesplitst in een westelijk deel met overwegend akkerbouw: Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten, De Groote Waard, IJsselmonde en een oostelijk deel met overwegend grasland: Krimpenerwaard, Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden.

- De maximum waarde van de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing bedraagt voor het westelijk deel, met uitzondering van IJsselmonde, rond 0,9 $mm.d^{-1}$ en voor het oostelijk deel 2,3 tot 2,7 $mm.d^{-1}$. Voor IJsselmonde bedraagt de maximum waarde 2,6 $mm.d^{-1}$ als gevolg van het relatief hoger percentage beregend oppervlak.

- De gevoeligheid voor wijzigingen in de meest relevante gebiedskenmerken op de berekende aanvoerbehoefte is voor het oostelijk deel aanzienlijk groter dan voor het westelijk deel.

- Op grond van een berekende relatieve verdamping van 88% in een 10% jaar (1975) voor Goeree-Overflakkee is er geen aanleiding voor een bijstelling van het percentage beregend oppervlak voor het westelijk deel.

9. TOETSING VAN BEREKENDE AANVOER-BEHOEFTE VOOR PEILBEHEERSING

9.1. ALGEMEEN

In het beschreven onderzoek wordt per decade de totale aanvoer (positief) of afvoer (negatief) zowel per waterschap als voor de deelgebieden berekend. Dit zijn veelal bemalingseenheden of combinaties daarvan, ofwel watervoorzieningsgebieden.

In de jaarverslagen van de waterschappen wordt in toenemende mate aandacht besteed aan het kwantificeren van ingelaten en uitgemalen hoeveelheden. Gedetailleerde informatie over met name ingelaten hoeveelheden ontbreekt veelal. Daardoor kan een toetsing van berekende aan- en afvoeren met gemeten waarden slechts voor een enkel waterschap voor een beperkt aantal jaren worden uitgevoerd.

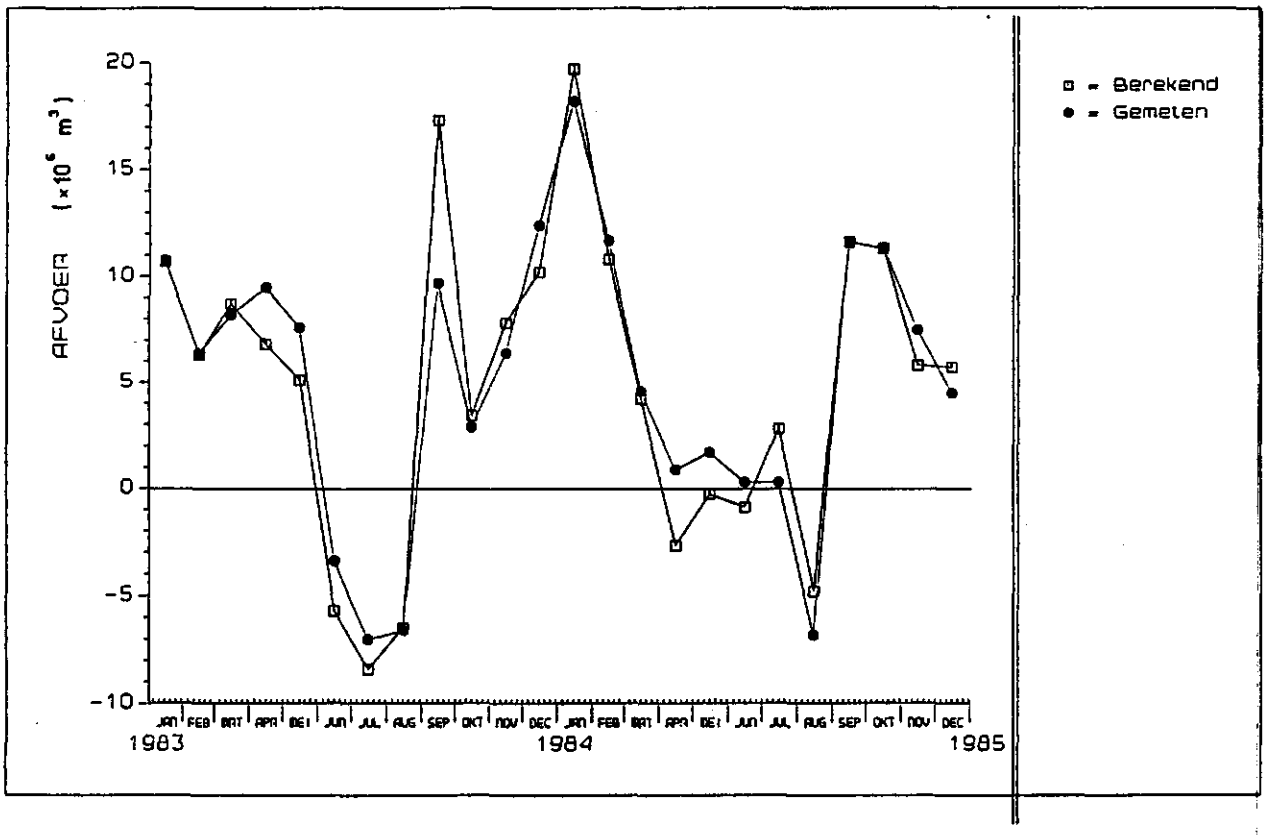
9.2. TOETSINGSMETHODE

De hoeveelheid water die een gebied voor peilbeheersing gebruikt, komt overeen met het verschil tussen inlaat en lozing. Als deze hoeveelheid voldoende is om de waterbehoefte voor peilbeheersing volledig te dekken, dan moet die hoeveelheid gelijk zijn aan de waarde die het model berekent. Dit blijkt niet altijd het geval te zijn, omdat bij de berekening van de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing de stedelijke gebieden buiten beschouwing zijn gelaten. Om een correcte toetsing mogelijk te maken, is het dus noodzakelijk om de vakken stedelijk gebied (Tabel 21), die intern lozen, in de berekeningen te betrekken.

Bij de berekeningen met het stromingsmodel is het stedelijk gebied volgens een kunstgreep in HYMUST opgenomen (zie paragraaf 11.5.1.). Voor de bepaling van de kwantitatieve bijdrage van het stedelijk gebied in de waterbalans is dezelfde procedure gevolgd

Zoals reeds opgemerkt zijn gegevens betreffende zowel gemeten inlaten als afvoeren sporadisch beschikbaar.

Voor het Waterschap Krimpenerwaard waren over een tweetal jaren de gewenste gegevens voorhanden. In Fig. 15 zijn de gemeten en berekende debieten met elkaar vergeleken. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de aan- en afvoer van het stedelijk gebied apart is berekend. Uit Tabel 21 volgt dat 102 vakken -ofwel 2550 ha stedelijk gebied- intern loost op de polderwateren. Voor 60% van het oppervlak hiervan -ofwel voor 61 vakken- zijn voor de meestvoorkomende combinatie van gebiedskenmerken berekeningen uitgevoerd, waarbij het gemiddelde van de kwelklasse een factor 1,7 hoger is genomen. Er blijkt een zeer redelijke overeenstemming aanwezig.



Figuur 15. Gemeten en berekende debieten voor het Waterschap Krimpenerwaard

In de periode 1978-1982 heeft een Werkgroep Watervoorziening Landbouw (HAMAKER en SLIJKHUIS, 1987) gegevens verzameld met betrekking tot de water- en zouthuishouding van twee poldergebieden op Goeree-Overflakkee tijdens perioden met inlaat van zoet water uit het Haringvliet in het zomerhalfjaar. Voor de jaren 1981 en 1982, waarvoor de gegevens

zijn bewerkt, werd voor de infiltratie gemiddeld in orde van grootte een waarde verkregen van 0,1 à 0,2 mm.d.$^{-1}$.

Uit Tabel 31 wordt voor de periode juni tot en met augustus voor beide jaren een gemiddelde aanvoerbehoefte berekend van 0.25 mm.d^{-1}.
Hoewel de vergelijkbare gegevens beperkt zijn, geeft de overeenkomst tussen de gemeten en berekende aanvoerbehoefte voor de Krimpenerwaard (representatief voor het oostelijk deel) en Goeree-Overflakkee (representatief voor het westelijk deel) een onderbouwing van de onderzoeksresultaten.

10. FREQUENTIE-ANALYSE VAN DE AANVOER-BEHOEFTE VOOR PEILBEHEERSING

10.1 ALGEMEEN

De uitkomsten van de berekeningen van de wateraanvoerbehoefte voor peilbeheersing - bodemgebruikssituatie 1983 met beregening - zijn gebruikt voor het vervaardigen van frequentieoverzichten.

Uit de Tabellen 31 tot en met 37, waarin voor de verschillende waterschappen en het totale studiegebied de decadesommen van de wateraanvoerbehoefte zijn vermeld, is de grootste decadewaarde van elk doorgerekend kalenderjaar geselecteerd. Dit leverde voor de waterschappen en het totale studiegebied een reeks van 50 aanvoermaxima op. Deze zijn in de hierna te beschrijven frequentie-analyse als basismateriaal gebruikt.

10.2. FREQUENTIEVERDELING VAN DE AANVOERMAXIMA

10.2.1. Algemeen

Door per jaar op te zoeken wat de maximale berekende wateraanvoerbehoefte in een decade is geweest en deze gegevens statistisch te analyseren, kan de vraag over de vereiste dimensionering van de watertransportmiddelen en de maatgevende aanvoerbehoefte worden beantwoord.
De reeks van N=50 maxima geeft namelijk informatie over de frequentie waarin aanvoerhoeveelheden van verschillende grootte zijn voorgekomen en, onder gelijkblijvend regime, ook in de toekomst weer zullen voorkomen.

Het kiezen zonder meer van het grootste jaarmaximum over de 50-jarige periode als maatgevende waarde voor de aanvoer en dimensionering is weinig bevredigend. Het liefst zal men op objectieve wijze een maatgevende of kritieke waarde vaststellen. Voor maxima kan hiervoor gebruik worden gemaakt van de kansverdeling van extreme waarden waarvoor theo-

retische modellen beschikbaar zijn. Opgemerkt wordt dat in de analyse geen correctie is aangebracht op de laatste decade van de maanden mei, juli en augustus, die uit 11 dagen bestaan.

10.2.2. De kritieke waarde voor de wateraanvoerbehoefte

De kritieke waarde W_T voor de wateraanvoerbehoefte W zal men zo groot kiezen, dat gemiddeld een overschrijding van W_T niet vaker dan 1x in reeksen van een vooraf vastgesteld aantal jaren te verwachten valt. Een dergelijke reeks van jaren wordt de herhalingperiode genoemd, in symbolen: T. De relatie tussen T en de overschrijdingskans (1-p) is:

$$1 - p = \frac{1}{T}$$

Veel gebruikte waarden zijn: T = 10, 35, 50 en 100 jaar,
of (1-p) = 10, 2,9 , 2 en 1%.
Een voorbeeld van een op deze grootheden gebaseerde uitdrukking is:

$$P(\underline{W} > W_T) = 1 - p$$

waarin: P = de kans dat de uitdrukking in het argument ( ) waar is
$\underline{W}$ = stochastische grootheid die waarden aanneemt op basis van een kansverdeling
W_T = te kiezen kritieke waarde van W, die al of niet overschreden wordt
T = herhalingsperiode (jaren)
p = numerieke waarde van de onderschrijdingskans ($0 \leq p \leq 1$)

Stelt men van te voren T en dus ook p vast, dan is na een statistische analyse uit bovengenoemde uitdrukking te bepalen welke waarde W_T men als kritieke waarde moet kiezen. De statistische analyse houdt in dat het functionele verband tussen W_T en p in algemene vorm $p = f(W_T)$ wordt vastgesteld.

10.2.3. Het interval van de kritieke waarde

De kritieke waarde W_T wordt uit een steekproef bepaald en is dus zelf ook een grootheid waarvan de optredende waarden door een kansverdeling worden bepaald. Dit wordt weer door onderstreping ($\underline{W}_T$) aangegeven.
De situatie kan zich dus voordoen dat $\underline{W}_T$ door toevallige steekproefvariaties (de 50 maxima uit de jaren 1937 tot en met 1986) te laag uitvalt, wat aanleiding tot zowel een te lage aanvoerbehoefte als een onderdimensionering van transportmiddelen geeft en aanleiding tot opbrengstvermindering is, doordat niet voldoende water op tijd kan worden aangevoerd.
Valt $\underline{W}_T$ te hoog uit dan wordt tot een te grote aanvoerbehoefte en overdimensionering geconcludeerd. Dit heeft een te hoge investering in transportmiddelen tot gevolg, maar is tot op dit niveau geen aanleiding tot het optreden van schade aan gewassen.

Een objectieve benadering voor $\underline{W}_T$ is het hanteren van een intervalschatting en een bovengrens W_T^* te kiezen, zodanig dat de kans dat het interval de werkelijke waarde niet bevat, klein is, bijvoorbeeld 5%.
In symbolen:

$$P(\underline{W}_T > W_T^*) = 1 - p' = 0{,}05$$

Hier geldt dat bij een gekozen waarde van 1-p' uit statistische analyse een waarde voor W_T^* volgt. De analyse houdt in het vaststellen van het verband tussen W_T^* en p' met als algemene vorm:

$$p' = g\ (W_{T*})$$

10.3. GEBRUIKTE KANSVERDELINGEN

In eerdere onderzoekingen (Kwantitatieve Waterbehoefte Van De Hoogheemraadschappen Delfland En Schieland, 1979) is het verband tussen p en W_T in de betrekking $p = f\ (W_T)$ weergegeven met:

$$P(\underline{W} < W_T) = p = e^{-e^{-y}}$$

waarin de relatie tussen de gestandaardiseerde variabele y en de te analyseren variabele W kan worden weergegeven door de lineaire betrekking:

$$y = \alpha\ (W_T - u) \text{ of } W_T = \frac{y}{\alpha} + u$$

waarin: u = niveau parameter
$1/\alpha$ = schaal parameter

De kansverdeling in $P(\underline{W} < W_T) = p$ is, uitgezet op zogenaamd Gumbelpapier, voor te stellen door een rechte door het punt (p; W) = (0,37; u) met hellingstangens ter grootte van $1/\alpha$. Zie Fig. 12 in De Kwantitatieve Waterbehoefte Van De Hoogheemraadschappen Delfland En Schieland (1979). De formule (keuze van de as-indeling) voor deze rechte is:

$$W_T = u - \frac{1}{\alpha} \ln(-\ln p)$$

waarin: $-\ln(-\ln p)$ door de hulpvariabele x vervangen kan worden

In het huidige onderzoek blijken de uitgezette maxima aanleiding te zijn een meer algemene verdeling van extremen te kiezen waarin met de afbuiging naar een asymptotische waarde van de wateraanvoerbehoefte W voor toenemende waarden voor de herhalingsperiode T rekening wordt gehouden. De formule voor deze verdeling met 3 parameters is (VAN MONTFORT, 1984):

$$P(\underline{W} < W_T) = p = e^{-(1-\theta y)^{1/\theta}} \quad \begin{cases} \theta > 0, & -\infty < y < \frac{1}{\theta} \\ \theta = 0, & -\infty < y < \infty \end{cases}$$

met weer als gestandaardiseerde variabele:

$$y = \alpha\ (W_T - u) \text{ of } W_T = \frac{y}{\alpha} + u$$

waarin: θ = vorm parameter

Met $\theta = 0$ wordt $p = e^{-e^{-y}}$ op grond van de eigenschap:

$$\lim_{n \to \infty} (1 - \frac{y}{n})^n = e^{-y}$$

zodat de kansverdeling weer door een rechte wordt bepaald.
Met $\theta > 0$ heeft W_T voor $T \to \infty$ een limiet W_∞ waarin:

$$\lim_{T \to \infty} p = 1 - \frac{1}{T} = 1$$

hetgeen betekent dat $\underline{W}$ altijd (namelijk $p = 1$) kleiner is dan W_∞.
Verder is dan $(1 - \theta y)^{1/\theta} = 0$ of $\theta y = 1$, hetgeen resulteert in:

$$\frac{1}{\theta} = \alpha\ (W_\infty - u) \quad \text{of} \quad W_\infty = u + \frac{1}{\alpha\theta}$$

De limietwaarde van W heeft hier de betekenis van een hoeveelheid water, die het theoretische maximum is van de hoeveelheid die in het betrokken gebied, gezien zijn hydrologische eigenschappen, per decade het gewas ten goede kan komen.

De parameters μ, α en θ hebben een duidelijke meetkundige betekenis (Fig. 16). De kanscurve gaat steeds door het punt $(p, W_T) = (\frac{1}{e}, u)$, onafhankelijk van de waarde van α, θ en W_∞.
De hellingstangens heeft in dit punt de waarde $1/\alpha$. De asymptoot wordt gevonden als betrekking tussen de parameters, namelijk $W_\infty = u + \frac{1}{\alpha\theta}$ voor $p = 1$, terwijl $\frac{1}{\theta}$ de lengte is van het lijnstuk dat door de verticaal door $p = 1/e$ en de raaklijn in het punt $(1/e, u)$ van de asymptoot $W = W_\infty$ wordt afgesneden. Dit wordt gemeten langs de as voor de hulpvariabele x die de kansverdeling $p = \exp(-e^{-y})$ lineariseert met de substitutie $x = -\ln(-\ln p)$. De algemene formule voor de hellingstangens van de raaklijn is:

$$\frac{d\,W}{d\,x} = \frac{1}{\alpha}\left[\ \ln\frac{1}{p}\ \right]^{\theta}$$

Voor de modale waarde geldt:

$$W_{mod.} = u + \frac{1}{\alpha\theta}\left[\ 1 - (1 - \theta)^{\theta}\right]$$

en verder is:

$$P\ (\underline{W} < W_{mod.}) = e^{\theta}/_{e} \approx 0{,}368\ (1 + \theta + \tfrac{1}{2}\theta^2)$$

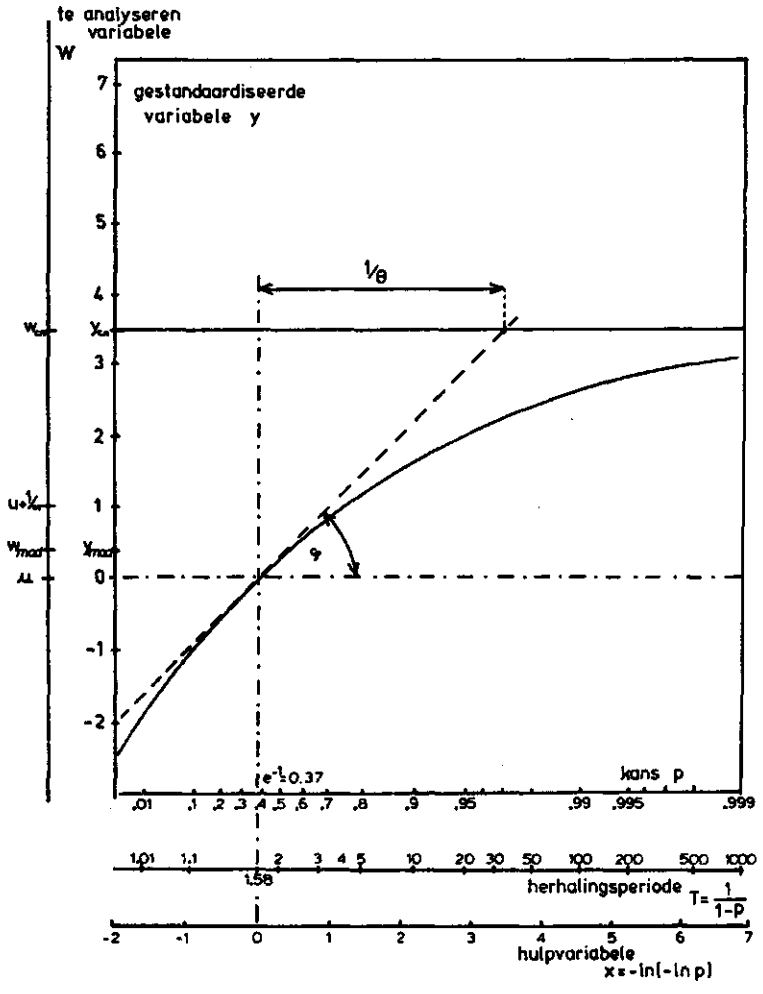


Fig. 16. Schematische voorstelling van de variabelen en parameters zoals die voorkomen in de gegeneraliseerde kansverdeling van extreme waarden met $\theta > 0$

10.4. VASTGESTELDE KANSVERDELINGEN

10.4.1. Algemeen

Voor het berekenen van een betrouwbaarheidsinterval ter bepaling van W_T^* uit:

$$P(\underline{W}_T > W_T^*) = 1 - p'$$

is voor de betrekking p = g(w_T*) gebruik gemaakt van de normale verdeling die als asymptotische verdeling voor steekproefuitkomsten optreedt bij grote steekproeven (N > 30).

De geselecteerde maxima voor de waterschappen en het totale studiegebied werden aangepast aan de gegeneraliseerde kansverdeling. De uitkomsten van de berekeningen, de parameterwaarden, zijn weergegeven in Tabel 46.

Tabel 46. Parameterwaarden van de best passende kansverdeling (bodemgebruikssituatie 1983 met beregening)

Gebied	Parameter voor			Limiet W_∞	Toetsing vorm parameter	
	Niveau u	Schaal $1/\alpha$	Vorm θ			
	$m^3.s^{-1}$			$m^3.s^{-1}$	t_θ	$1/\theta$
Goeree-Overflakkee	1,179	0,279	0,202	2,560	2,40	4,95
Voorne-Putten	0,875	0,205	0,225	1,786	3,04	4,44
Groote Waard	1,483	0,320	0,158	3,508	1,69	6,33
IJsselmonde	0,952	0,245	0,204	2,153	2,55	4,90
Krimpenerwaard	2,677	0,482	0,484	3,673	5,35	2,07
Albl.w.+Vijfh.landen	6,596	1,134	0,468	9,019	6,10	2,14
Studiegebied	13,741	2,886	0,393	21,085	4,45	2,54

Wanneer statistisch wordt getoetst in welke gevallen de vormparameter θ significant van nul afwijkend is (op een 95% betrouwbaarheidsniveau, zodat t_θ > 1,65), blijkt dat dit, met uitzondering van de Groote Waard, steeds duidelijk het geval is. De resultaten worden daarom op basis van deze kansverdeling gepresenteerd. In Bijlage 20 zijn de uitgangsgegevens (jaarmaxima over 1937 tot en met 1986, bodemgebruikssituatie 1983 met beregening) uitgezet op Gumbel-kansverdelingspapier.

Tevens zijn ingetekend:
- de best passende kansverdeling met 3 parameters;
- het theoretisch maximum W_{∞};
- het 90% betrouwbaarheidsinterval voor W_T bij gegeven waarde van T voor T = 10, 35, 50 en 100 jaar (de verticale lijnstukken).

Sterk significant is de waarde van de vormparameter voor de twee oostelijk gelegen gebieden: de Krimpenerwaard, de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden. De kromming van de curve op het gekozen grafiekpapier is hier sterk en de maximale waarde W_{∞} wordt reeds bij een waarde van T = 35 tot op minder dan 5% benaderd.

10.4.2. Tabellarische presentatie van de aanvoerbehoefte

Aangezien het verschil tussen de berekende aanvoerbehoefte voor peilbeheersing (inclusief beregening) voor het bodemgebruik in de jaren 1983 en 2000 minimaal is, is in Bijlage 20 volstaan met het weergeven van de gegeneraliseerde kansverdeling van de extreme waarden voor het bodemgebruik in 1983. Als basis hiervoor hebben gediend de decadewaarden van de aanvoerbehoefte in de tabellen 31 tot en met 37.

Numerieke resultaten van de uitkomsten voor de wateraanvoerbehoefte voor de in paragraaf 8.2. onderscheiden drie situaties zijn weergegeven in Tabel 47. Steeds is voor herhalingsperioden van T = 10 en T = 35 jaar de waterbehoefte W_T vermeld, die in nieuwe elkaar niet overlappende reeksen van steeds T jaar naar verwachting gemiddeld 1 x in zulke reeksen zullen worden overschreden. Hierbij is rekening gehouden met steekproefvariaties door een waarde W_T^* te kiezen die aangeeft dat er slechts een kleine kans (5%) bestaat dat de werkelijke waarde hiermee onderschat wordt. De waarde van W_T^* wordt in de tabel zowel in $m^3.s^{-1}$ als in $mm.d^{-1}$ gegeven.

De waarden voor 1983 en 2000 met beregening verschillen slechts weinig, zoals op grond van de eerder berekende aanvoerbehoefte per decade was te verwachten. Voor het waterschap IJsselmonde is het verschil het grootst en bedraagt ruim 10% in beide gevallen.

Tabel 47. Maximale decadewaarden wateraanvoerbehoefte voor peilbeheer voor herhalingsperioden T is 10 en 35 jaar volgens bodemgebruik in respectievelijk 1983 en 2000 volgens bovengrens intervalschatting (B=0, geen beregening; B=1, met beregening)

Gebied	Jaar	Opp. (ha)	B	$m^3.s^{-1}$		$mm.d^{-1}$	
				W_{10}*	W_{35}*	W_{10}*	W_{35}*
Goeree-Overflakkee	1983	19025	0	1,382	1,565	0,628	0,711
	1983	19025	1	1,782	2,021	0,810	0,918
	2000	18900	1	1,880	2,141	0,859	0,979
Voorne-Putten	1983	13650	0	0,950	1.106	0,601	0,700
	1983	13650	1	1,305	1,467	0,826	0,929
	2000	13275	1	1,403	1,565	0,913	1,019
Groote Waard	1983	25425	0	1,005	1,153	0,342	0,392
	1983	25425	1	2,214	2,537	0,752	0,862
	2000	25175	1	2,204	2,525	0,756	0,867
IJsselmonde	1983	5700	0	0,518	0,559	0,785	0,847
	1983	5700	1	1,480	1,689	2,243	2,560
	2000	5550	1	1,644	1,882	2,559	2,930
Krimpenerwaard	1983	11225	0	3,376	3,512	2,599	2,703
	1983	11225	1	3,424	3,558	2,635	2,739
	2000	11150	1	3,471	3,613	2,690	2,800
Alblasserwaard en	1983	32575	0	7,415	7,697	1,967	2,042
Vijfheerenlanden	1983	32575	1	8,384	8,723	2,224	2,314
	2000	32400	1	8,748	9,113	2,323	2,430
Merwelanden	1983	775	0	0,059	0,069	0,658	0,769
	1983	775	1	0,059	0,069	0,658	0,769
	2000	775	1	0,059	0,069	0,658	0,769
Tiengemeten	1983	650	0	0,026	0,030	0,346	0,400
	1983	650	1	0,026	0,030	0,346	0,400
	2000	650	1	0,026	0,030	0,346	0,400
Lopikerwaard	1983	1575	0	0,279	0,297	2,191	2,333
(gedeeltelijk)	1983	1575	1	0,346	0,370	2,718	2,906
	2000	1550	1	0,372	0,401	2,922	3,150
Tieler- en Culem-	1983	475	0	-0,002	0,001	-0,036	0,018
borgerwaard (ged.)	1983	475	1	-0,002	0,001	-0,036	0,018
	2000	350	1	-0,001	0,000	-0,036	0,018
Studiegebied	1983	111075	0	14,710	15,702	1,144	1,221
	1983	111075	1	18,691	19,874	1,454	1,546
	2000	109775	1	19,439	20,654	1,530	1,625

De waarden voor de aanvoerbehoefte in $m^3.s^{-1}$ voor W_{35}* (bodemgebruik 1983 met beregening) zijn praktisch gelijk aan de maximumwaarden in Tabel 38. Dit biedt de mogelijkheid om op basis van Tabel 43 en de aanvoerbehoefte zonder beregening in Tabel 47, nader te specificeren waarvoor het aangevoerde water is gebruikt (Fig. 17).

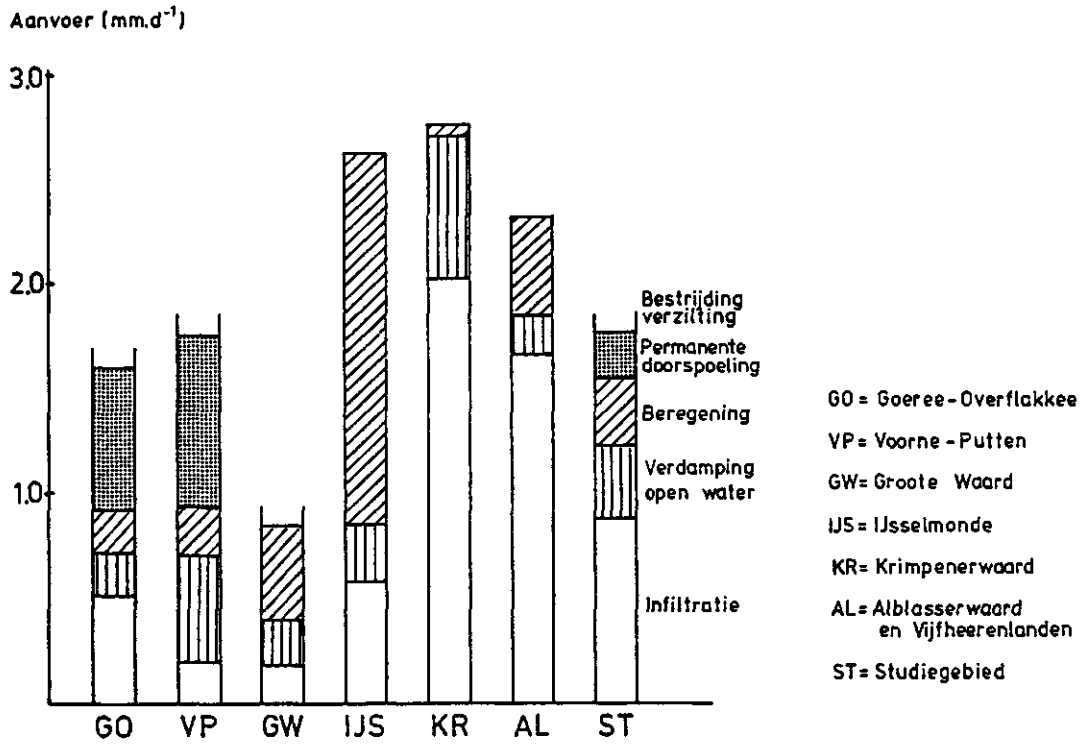


Fig. 17 Verdeling van de wateraanvoer voor W_{35}* voor de bodemgebruiks-situatie 1983 met beregening

In de figuur is voor Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten, Groote Waard en het studiegebied aan de bovenzijde van de kolommen een gedeelte opengelaten om aan te geven, dat voor deze gebieden nog niet de aanvoer voor de verzitingsbestrijding is verdisconteerd. Opvallend in Fig. 17 is het gebruik van het aangevoerde water voor:

- permanente doorspoeling op Goeree-Overflakke en Voorne-Putten, respectievelijk het Zuiderdiep en het Brielse Meer
- beregening op IJsselmonde

- infiltratie in de Krimpenerwaard, de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden

Voor Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten, Groote Waard en IJsselmonde is de infiltratie vanuit het oppervlaktewater naar de kavels van geringe betekenis.

10.4.3. Decade met maximumwaarde van de aanvoerbehoefte

Voor elk van de onderscheiden gebieden is nagegaan hoe vaak de grootste aanvoerbehoefte tijdens een zomerhalfjaar voor de bodemgebruikssituatie 1983, met beregening, in een gegeven decade voorkomt. De resultaten zijn vastgelegd in histogrammen, elk van de histogrammen is op 100 herleid en geeft dus het procentuele aantal malen dat een jaarmaximum in een bepaalde decade is voorgekomen.

Het beeld is grillig en hoewel steeds een piek valt waar te nemen (Fig. 18), zal de algemene conclusie moeten zijn, dat in alle decaden tussen twee grensdata, met hoge relatieve frequentie van 80% of meer, het maximum valt te verwachten. Een samenvatting van deze grensdata volgt in Tabel 48.

Tabel 48. Tendensen van in welke decade het grootste aantal jaarmaxima valt te verwachten en in welke aaneengesloten reeks decaden deze aantallen relatief het grootst zijn

Gebied	Modus		Binnengrenzen		
	Decade	Relat. freq.(%)	Van	t/m	Totale relatieve freq. (%)
Goeree-Overflakkee	juli III	20	juni II	aug. II	84
Voorne-Putten	juni I	20	juni I	aug. I	82
Groote Waard	juni I	14	juni I	aug. I	80
IJsselmonde	juni III	16	juni I	aug. I	90
Krimpenerwaard	juni II	16	mei II	juli III	82
Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	juni II	14	mei II	juli III	80
Studiegebied	juni I	14	juni I	juli III	72

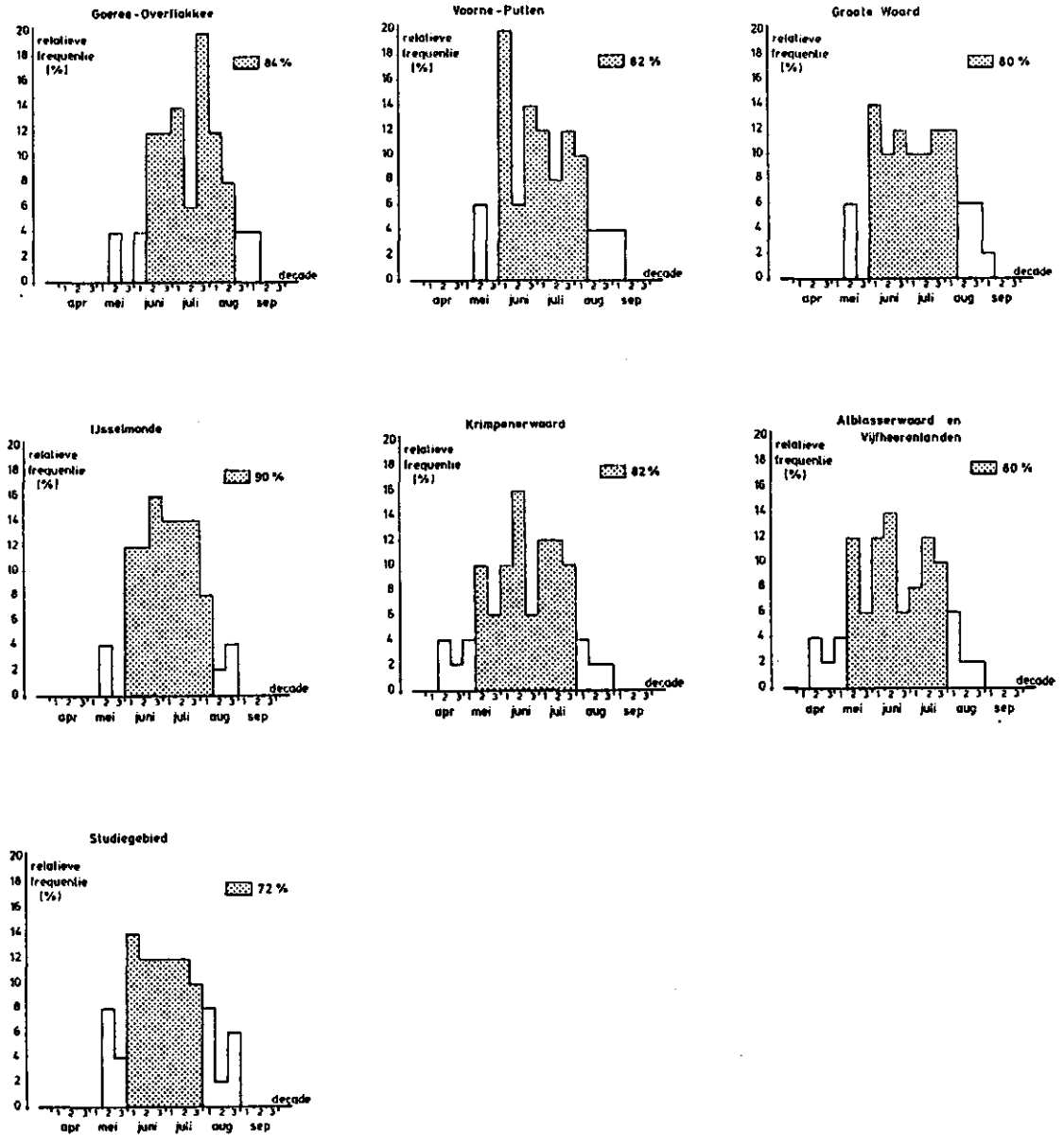


Fig. 18. Histogrammen van de relatieve frequentie (%) waarmee jaarmaxima van de wateraanvoerbehoefte (bodemgebruik 1983, beregening 1985) in een bepaalde decade zijn voorgekomen (1937 tot en met 1986)

10.5. CONCLUSIES

- Voor de wateraanvoerbehoefte W voor peilbeheersing voor een herhalingsperiode van T jaar dient te worden uitgegaan van de maximale waarde W_T* voor de aanvoerbehoefte binnen een 90% betrouwbaarheidsinterval.

- De maximale waarde voor de wateraanvoerbehoefte W_T* voor peilbeheersing voor de bodemgebruikssituatie 1983 bij een herhalingsperiode van T = 35 jaar binnen een 90% betrouwbaarheidsinterval is praktisch gelijk aan de maximum decadewaarde van de aanvoerbehoefte in de periode 1937 t/m 1986.

- Van de maximale waarde voor de wateraanvoerbehoefte W_{35}* (T = 35 jaar) voor peilbeheersing voor de bodemgebruikssituatie 1983 bedraagt de infiltratie vanuit het oppervlaktewater naar de kavels 0,2 tot 0,6 mm.d^{-1} in de waterschappen, die in het westelijk deel zijn gelegen. Voor Goeree-Overflakkee is de waarde hiervoor 0,5 mm.d^{-1}, die kan voorkomen (zie paragraaf 8.5) in het jaar 1976. Voor het berekenen van de effecten van peilbeheersing op de gewasopbrengsten zijn de jaren (1971 t/m 1980 met en zonder wateraanvoer doorgerekend. Voor het jaar 1976 neemt de relatieve verdamping bij wateraanvoer toe met 5% en voor de tien doorgerekende jaren met gemiddeld 1%. Er kan dan ook worden gesteld, dat het effect van infiltratie bij peilbeheersing op de gewasopbrengst niet noemenswaardig is. Peilbeheersing biedt de mogelijkheid voor beregening. De toepassing hiervan hangt nauw samen met het bodemgebruik (IJsselmonde) en de optredende vochttekorten (zie paragraaf 4.8.2.).
  In de waterschappen Krimpenerwaard, de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, die in het oostelijk deel van het studiegebied zijn gelegen, bedraagt de infiltratie 1,7 tot 2,2 mm.d^{-1}. Voor deze twee waterschappen levert de infiltratie vanuit het oppervlaktewater in belangrijke mate een bijdrage aan de vochtvoorziening van de gewassen. Als neveneffect van de peilbeheersing kan hier worden genoemd het verminderen van klink.

- De limietwaarde W_∞ voor de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing is voor de waterschappen Goeree-Overflakkee, De Brielse Dijkring en de

Groote Waard 0,2 tot 0,3 mm.d^{-1} hoger dan de waarde voor W_{35}*. Voor de Krimpenerwaard, De Alblasserwaard en de Vijheerenlanden is het verschil gelijk aan of minder dan 0,1 mm.d^{-1}, terwijl het verschil het grootst is voor IJsselmonde, namelijk 0,7 mm.d^{-1}. De uiteenlopende afwijkingen kunnen worden toegeschreven aan de wijze waarop de vochtvoorziening van de gewassen plaatsvindt. Voor de Krimpenerwaard, de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden wordt door infiltratie vanuit het oppervlaktewater in belangrijke mate een bijdrage geleverd aan de vochtvoorziening van de gewassen. Het effect van droge en natte jaren komt hierdoor relatief minder tot uiting dan voor Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en de Groote Waard, waar het bodemprofiel de belangrijkste bijdrage levert. Bij een hoog percentage beregend oppervlak, zoals op IJsselmonde, is het effect het grootst.

- De maximum decadewaarde voor de aanvoerbehoefte is met een relatieve frequentie van 80% of meer te verwachten in de periode tussen de eerste decade van mei en de derde decade van augustus.

11. BESCHRIJVING VAN HET MODEL Z O U T (verzilting)

11.1. ALGEMEEN

In Fig. 11 in paragraaf 6.3 is op vereenvoudigde wijze de verzilting van het oppervlaktewater, als gevolg van het voorkomen van zoute kwel, geïllustreerd. Hieruit blijkt dat de mate waarin de verzilting zich gedurende een jaar voor een aantal gebruiksvormen manifesteert, niet alleen worden bepaald door de kwelintensiteit en het zoutgehalte van de kwel, maar tevens samenhangt met het afvoerproces van het neerslagoverschot. In relatief droge jaren zal de zoutbelasting op jaarbasis op het oppervlaktewater lager zijn dan in relatief natte jaren. Voor de berekening van de zoutbelasting, aangeduid als een chloridebelasting, van het oppervlaktewater is het model ZOUT ontwikkeld (HAMAKER, 1988). Het model werkt evenals HYMUST met tijdstappen van een decade en berekent de chloridebelasting in eerste instantie op vakniveau. De per vak per decade berekende belasting wordt vervolgens over alle tot een bepaald deelgebied of tot een bepaald knooppunt behorende vakken gesommeerd. De sommatie per deelgebied kan worden gebruikt bij het opstellen van chloridebalansen voor deelgebieden of combinaties daarvan. De sommatie per knooppunt dient als invoer bij het stromingsmodel voor het berekenen van de doorspoelingsbehoefte. De lozing van chloride op het oppervlaktewater bij afvoer van overtollige neerslag en/of kwel vanuit de kavels wordt als een positieve belasting gezien. De onttrekking van chloride aan het oppervlaktewater bij infiltratie en/of beregening wordt als een negatieve belasting beschouwd. Deze is echter niet opgenomen in het model ZOUT. Bij het stromingsmodel zal naderhand de negatieve belasting per knooppunt in rekening worden gebracht. In tegenstelling met de rekenresultaten van HYMUST waar aan aanvoer voor peilbeheer (infiltratie) een positieve waarde en aan afvoer (drainage) een negatieve waarde wordt toegekend, is de chlorideafvoer naar het oppervlaktewater in het model ZOUT positief.

De berekening van de chloridebelasting op vakniveau is alleen van belang voor die delen in het studiegebied waar zoute kwel voorkomt. Dit is voornamelijk het geval op Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en in het zuidelijk deel van de Hoeksche Waard.

De methode van berekening van de chloridebelasting is afhankelijk van het bodemgebruik en het voorkomen van kwel of wegzijging. Op basis daarvan zal na enige algemene informatie over de invoer van het model ZOUT in afzonderlijke paragrafen de berekeningsmethode worden besproken.

11.2. INVOERGEGEVENS VAN HET ZOUTMODEL

De invoergegevens op vakniveau hebben betrekking op:
- aanvoer van water voor peilbeheer zonder beregening in een decade
- kwelintensiteit
- chloridegehalte van de kwel

Voor de vakken met bodemgebruikscode 3, 5, 6, 7, of 9 kunnen gegevens betreffende de aanvoer voor peilbeheer worden verkregen uit de op blokniveau uitgevoerde berekening met HYMUST (Tabel 28). Voor de berekening van de chloridebelasting wordt alleen gebruik gemaakt van negatieve waarden voor de aanvoer (drainage).

Voor de vakken met bodemgebruikscode 2 (duinen) wordt geen chloridebelasting berekend aangezien de aanvoerbehoefte nihil wordt geacht, terwijl de chloridebelasting voor open water (code 4) en glastuinbouw (code 8) op een directe wijze wordt berekend.

Uit Tabel 25 volgen de gegevens over de kwelintensiteit en het chloridegehalte van de kwel. De corresponderende waarden voor de relevante coden volgen uit Tabel 4 en 12.

11.3. VAKKEN MET BODEMGEBRUIKSCODE 4 (open water)

Voor vakken met kwel wordt de chloridebelasting berekend volgens:

$$Z = K\ C_K\ 10^{-2}$$

waarin: Z = chloridebelasting in een decade (kg.ha^{-1})
K = kwel in een decade (mm)
C_K = chloridegehalte van de kwel (mg.l^{-1})

De chloridebelasting op het oppervlaktewater heeft een permanent karakter en wordt bepaald door de kwelintensiteit en het chloridegehalte van de kwel. Deze gegevens kunnen worden ontleend aan de vakkenfile (Tabel 25) en Tabel 4.

11.4. VAKKEN MET BODEMGEBRUIKSCODE 8 (glastuinbouw)

In paragraaf 7.2.4. is aangegeven dat voor de watervoorziening van de gewassen gebruik wordt gemaakt van oppervlaktewater. Om accumulatie van chloride in de wortelzone te beperken, wordt meer water in de kassen verstrekt dan voor de gewasverdamping nodig is. Er wordt vanuit gegaan dat de doorspoeling, uitgedrukt als het quotiënt van de hoeveelheid water die uit de wortelzone naar het grondwater percoleert en de verstrekte hoeveelheid constant is. Een constante fractie van het onttrokken oppervlaktewater percoleert via de wortelzone en bereikt in 'ingedikte' vorm het grondwater. Bij de vakken glastuinbouw met kwel - wegzijging komt niet voor (Tabel 48) - moet het chloride dat via percolatie het grondwater bereikt ook via de drains tot afvoer komen. De relevante vergelijking voor de berekening van de chloridebelasting wordt:

$$Z = K\ C_K\ 10^{-2} + E_a\ C_p\ 10^{-2}$$

waarin: E_a = werkelijke gewasverdamping in een decade (mm)
(voor berekening E_a zie paragraaf 7.2.4.)
C_p = chloridegehalte oppervlaktewater (mg.l^{-1})

Op basis van de eisen die de glastuinbouw stelt aan de kwaliteit van het voor de watervoorziening van glasteelten gebruikte water wordt in het model ZOUT gerekend met C_p = 200 mg.l^{-1}.

11.5. VAKKEN MET BODEMGEBRUIKSCODE 1, 3, 5, 6, 7 of 9 (stedelijk gebied, recreatief terrein, grasland, bouwland en vollegrondstuinbouw)

11.5.1. Vakken met kwel

De wateraanvoerbehoefte voor peilbeheersing is voor code 1 (stedelijk gebied) gelijk aan nul gesteld. Bij de naderhand uit te voeren berekeningen met het stromingsmodel dienen zowel de kwantitatieve als kwalitatieve aspecten van het stedelijk gebied te worden betrokken. Hiervoor is in HYMUST een kunstgreep ingevoerd, waarbij aan bodemgebruikscode 1 code 5 (grasland) is toegekend. Verder is 60% van de oppervlakte per vak beschouwd voor de berekeningen met HYMUST. Voor de overige gebiedskenmerken zijn de volgende codes aangehouden of aanpassingen verricht:

SOIL : code 6 (meest voorkomend)
SEEP : code vakkenfile: 1.7 x gemiddelde per klasse
LEVEL: code 5 (meest voorkomend, praktijk gegeven)
RESIS: code 2 (taxatie)
DIST : code 1 (niet van toepassing)
C10 : code 0
C20 : code 0
C30 : code vakkenfile

} Tabel 25, definitie C10, C20, C30

Gezien de gegevens in Tabel 49 ligt het voor de hand dat de modellering van de chloridebelasting door de vakken met kwel veel aandacht heeft gekregen. De berekening op vakniveau omvat de volgende stappen:

- berekening van de chloridebelasting per jaar, uitgaande van de met het model HYMUST berekende totale afvoer van het neerslagoverschot, van de kwel K en het chloridegehalte van de kwel C_K
- berekening van de verdeling van de chloridebelasting op jaarbasis over de decaden met afvoer.

Tabel 49. Aantallen vakken voor de onderscheiden vormen van bodemgebruik met kwel of wegzijging

Bodemgebruik	Goeree-Overflakkee		Voorne-Putten	
	aantal vakken	% van totaal	aantal vakken	% van totaal
1,3,5,6,7,9 (kwel)	825	91,8	624	82,0
1,3,5,6,8,9 (wegzijging)	19	2,1	38	5,0
4 (kwel)	24	2,7	15	2,0
4 (wegzijging)	2	0,2	31	4,1
8 (kwel)	-	-	7	0,9
8 (wegzijging)	-	-	-	-
2	29	3,2	46	6,0
Totaal	899	100,0	761	100,0

11.5.1.1. De chloridebelasting per jaar

Gerekend over een reeks van jaren kan de gemiddelde zoutbelasting per jaar worden berekend volgens:

$$\overline{Z}' = \overline{K}\, C_K\, 10^{-2}$$

waarin: $\overline{Z}'$ = over een reeks van jaren gemiddelde chloridebelasting (kg.ha-¹)

$\overline{K}$ = over een reeks van jaren gemiddelde kwel (mm)

C_K = chloridegehalte van de kwel (mg.l-¹)

De chloridebelasting Z'_j per jaar voor een jaar j kan groter of kleiner zijn dan de belasting $\overline{Z}'$.
Hierbij is vooral de grootte van het neerslagoverschot van belang (Fig. 19).

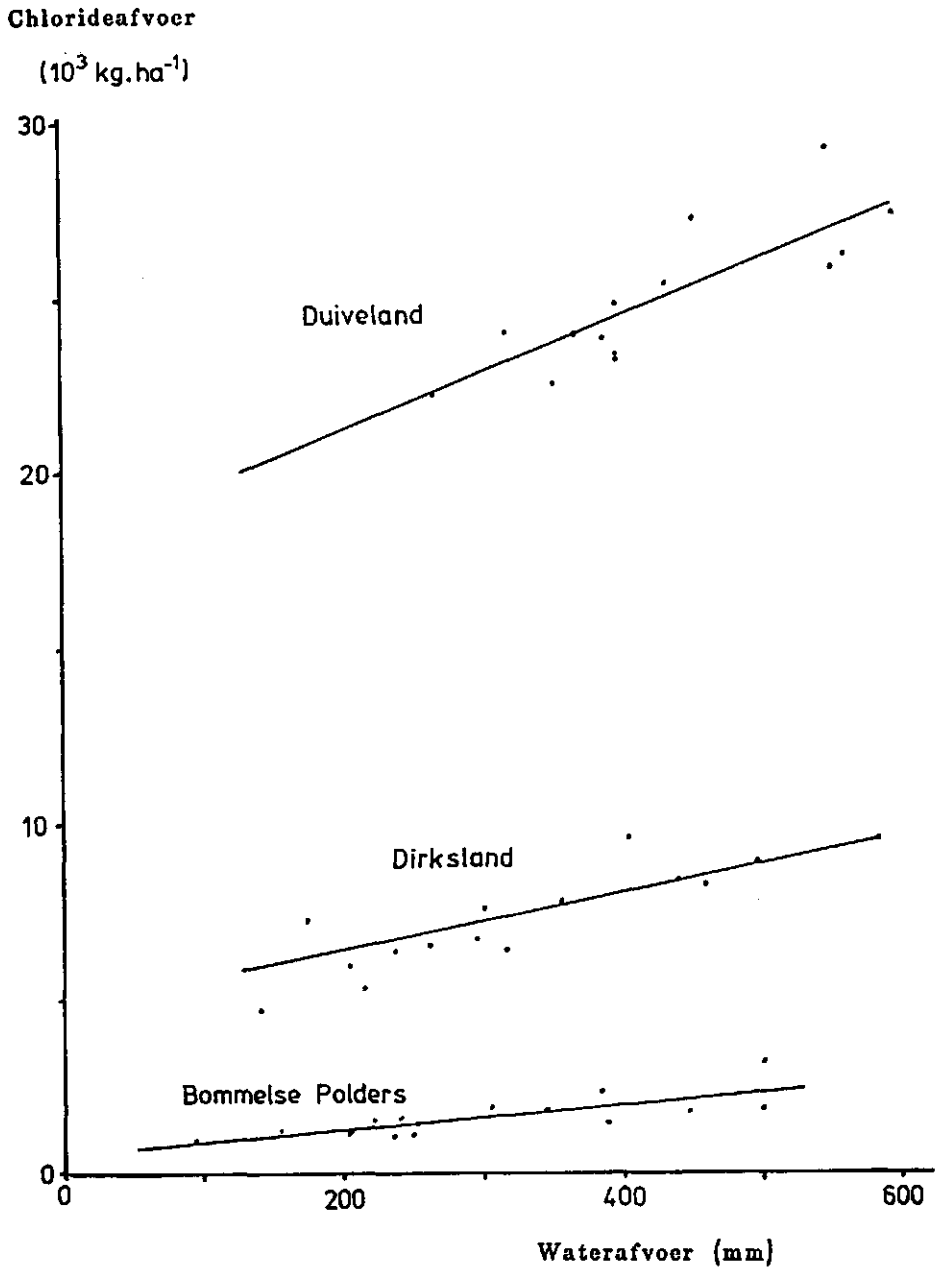


Fig. 19. De chlorideafvoer in afhankelijkheid van de waterafvoer voor drie poldergebieden voor de jaren 1958 tot 1974

Door HAMAKER (1988) is uit de water- en chloridebalansen voor de drie poldergebieden de volgende vergelijking voor de berekening van de chlorideбelasting op vakniveau afgeleid:

$$Z'_j = \bar{Z}' + 1{,}35 \cdot 10^{-2}\, \bar{Z}'^{0.71} (I'_j - \bar{I}') \qquad \text{(empirische relatie)}$$

waarin: Z'_j = chloridebelasting op het oppervlaktewater in jaar j (kg.ha^{-1})

$\bar{Z}'$ = gemiddelde chloridebelasting per jaar voor de periode 1958-1974 (kg.ha^{-1})

I'_j = waterafvoer vanuit de kavels in jaar j (mm)

$\bar{I}'$ = gemiddelde waterafvoer per jaar voor de periode 1958-1974 (mm)

j = nummert het jaar (j = 1958, 1959, ..., 1974)
(Het jaar loopt van de eerste decade van juli tot en met de derde decade van juni, hiermee wordt bereikt dat een aaneengesloten neerslagoverschotperiode wordt beschouwd)

Wanneer er van wordt uitgegaan dat bovengenoemde vergelijking van toepassing is voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten voor de in deze nota beschouwde periode van 1937-1986 omvat de procedure voor berekening van de chloridebelasting Z'_j voor een gegeven vak en jaar de volgende stappen:

- berekening van de gemiddelde chloridebelasting $\bar{Z}'$ op basis van de aan de vakkenfile ontleende kwel $\bar{K}$, welke gelijkgesteld is aan de waarde voor K uit het hydrologisch onderzoek en chloridegehalte C_K (Tabel 25 en 4)
- berekening van de gemiddelde afvoer $\bar{I}'$
- berekening van de afvoer I'_j voor het desbetreffende jaar
- berekening van Z'_j met bovenstaande relatie

11.5.1.2. De chloridebelasting per decade

De verdeling van de chloridebelasting Z'_j per jaar over de decaden hangt nauw samen met het afvoerproces van het neerslagoverschot. In het algemeen zal bij een toename van de afvoer per decade een naar verhouding groter deel van die afvoer via ondiepe grondwaterstroming plaatsvinden. Dit heeft een daling van het chloridegehalte van het afgevoerde water bij een toename van de afvoer tot gevolg. Eén en ander blijkt duidelijk uit de water- en chloridebalansen van de in de vorige paragraaf genoemde poldergebieden. Op basis van het voorgaande is de chloridebelasting als volgt gemodelleerd:

$Z = I\ C_K\ 10^{-2}$ voor $0 < I \leq K$

$Z = Z_{max}\ [\ 1 - e^{-\alpha(I - K)}] + K\ C_K\ 10^{-2}$ voor $I > K$

waarin: Z = chloridebelasting in een decade ($kg.ha^{-1}$)
Z_{max} = maximale chloridebelasting voor $I \rightarrow \infty$ ($kg.ha^{-1}$)
I = afvoer in een decade (mm)
K = kwel in een decade (mm)
α = parameter op vakniveau

Voor opeenvolgende perioden van 36 decaden (hydrologische jaren) geldt:

$$\sum_{i=1}^{36} Z_i = Z'_j$$

waarmee het verband is gelegd tussen de chloridebelasting Z per decade en de belasting Z´ per jaar.
Door combinatie van deze betrekking met die voor Z'_j uit paragraaf 11.5.1.1. wordt een vergelijking verkregen voor Z als functie van K, C_K, I, Z_{max} en α (HAMAKER, 1988). Op vakniveau zijn K en C_K bekend, de berekening van Z'_j is in de vorige paragraaf behandeld, terwijl I als resultaat van de berekeningen met HYMUST wordt verkregen. Tussen de grootheden Z_{max} en α bestaat de volgende relatie:

$$Z_{max} = \frac{C_K}{\alpha}\ 10^{-2}$$

De bepaling van de onbekende parameter α vindt via "trial and error" plaats en wel zodanig dat een sluitende chloridebalans per jaar wordt verkregen.

In eerste instantie wordt α op vakniveau berekend voor opeenvolgende perioden van 36 decaden, waarna α wordt gemiddeld over de doorgerekende reeks van jaren. De gemiddelde α-waarde wordt opgenomen in de vakkenfile.

De chloridebelasting op vakniveau per decade voor de beschouwde reeks van jaren kan nu worden berekend, waarbij gebruik wordt gemaakt van K, C_K en α uit de vakkenfile en I als rekenresultaat van HYMUST.

11.5.2. Vakken met wegzijging

Het aantal vakken met wegzijging is blijkens Tabel 49 beperkt. Verder is de chloridebelasting per vak gering in vergelijking met de belasting door vakken met kwel. Beide factoren houden in dat de chloridebelasting van het oppervlaktewater door deze vakken nauwelijks van belang is. Er is dan ook gebruik gemaakt van vereenvoudigde rekenprocedure. Voor decaden met afvoer is de chloridebelasting berekend met de vergelijking:

$$Z = I\ C_d\ 10^{-2} \qquad \text{voor } I > 0$$

waarin: Z = chloridebelasting in een decade ($kg.ha^{-1}$)
I = afvoer in een decade (mm)
C_d = chloridegehalte van de afvoer ($mg.l^{-1}$)

Er is gerekend met een constante waarde voor C_d = 100 $mg.l^{-1}$. Dit houdt in dat geen rekening is gehouden met accumulatie- en uitspoelingseffecten en plaatsafhankelijke invloeden.

11.6. BEREKENING VAN DE CHLORIDEBELASTING OP DEELGEBIEDSNIVEAU

De chloridebelasting op deelgebiedsniveau wordt verkregen door sommatie van de belasting van alle tot een bepaald deelgebied behorende vakken.

Deze bewerking is opgenomen in het model ZOUT (HAMAKER, 1988). De invoergegevens die voor de uitvoering van de berekening noodzakelijk zijn, staan op twee files, namelijk:
- een aangepaste vakkenfile
- een HYMUST inputfile

De aangepaste vakkenfile is met uitzondering van kolom 8 t/m 12 identiek aan de file in Tabel 25. De afwijkende kolommen betreffen voor:
- kolom 8: code voor verschil winter- en zomerpeil (PEIL)
- kolom 9: code voor het chloridegehalte van de kwel
- kolom 10: nummer van het deelgebied
- kolom 11: nummer van het blok waartoe het vak behoort
- kolom 12: waarde parameter α

De vakkenfile is gesorteerd volgens de codering voor
USE - SOIL - SEEP - LEVEL - RESIS - PEIL.
Deze eigenschappen zijn bepalend voor de waterhuishouding van het vak. Alle vakken met dezelfde codering voor de zojuist genoemde gebiedskenmerken worden in de berekeningen met HYMUST tot één blok gerekend.

In de HYMUST inputfile op blokniveau - in volgorde bloknummers en sortering gebiedskenmerken gelijk aan die voor de vakkenfile - heeft de eerste regel betrekking op het bloknummer en de bij dit nummer behorende gebiedskenmerken. Verder is de file voor elk blok opgebouwd uit 3 kolommen waarbij is aangegeven in:
- kolom 1: jaartal
- kolom 2: decadenummer
- kolom 3: afvoer c.q. infiltratie/beregening

De uitvoering van de berekening kan als volgt worden voorgesteld. Er wordt begonnen met het inlezen van het bloknummer van het eerste vak op de vakkenfile. Voor dit bloknummer worden vervolgens van de HYMUST inputfile per decade waarden ingelezen voor I en wordt de chloridebelasting per decade berekend met het chlorideconcentratie C_K en de waarde α voor het betreffende vak en de vergelijkingen in paragraaf 11.5.1.2.

De berekende chloridebelasting wordt per decade bijgeschreven voor het deelgebied waartoe het eerste vak behoort. Voor de volgende vakken wordt de rekenprocedure herhaald, zodat uiteindelijk voor elk jaar van de beschouwde periode per decade de chloridebelasting per deelgebied wordt berekend voor de vakken met bodemgebruikscode 1, 3, 5, 6, 7 of 9. Voor de totale chloridebelasting per deelgebied dient de chloridebelasting voor code 4 (open water) en code 8 (glastuinbouw) met kwel, alsmede voor code 1, 3, 5, 6, 7 of 9 met wegzijging nog in rekening te worden gebracht. De wijze van berekening hiervan is in de voorgaande paragrafen behandeld. In het algemeen is de bijdrage van deze berekeningen aan de totale chloridebelsting van weinig betekenis.

In bijlage 21 tot en met 26 is voor de jaren 1975 tot en met 1980 voor Goeree Overflakkee en Voorne-Putten per deelgebied de chloridebelasting gepresenteerd. De betreffende periode is gekozen vanwege het voorkomen van een aantal specifieke jaren. In de bijlagen is tevens de lozing en onttrekking, ofwel drainage en infiltratie, weergegeven.
In de wintermaanden vindt overwegend alleen afvoer uit de kavels plaats, terwijl in de zomer. naast infiltratie, afvoer kan voorkomen. Er wordt op gewezen dat de uit bijlage 21 tot en met 26 af te leiden aanvoerbehoefte in de zomerhalfjaren voor de betrokken jaren niet exact dezelfde is als in de tabellen 31 en 32, omdat in de rekenresultaten in de bijlagen de beregening buiten beschouwing is gelaten en daarentegen het stedelijk gebied bij de berekeningen is betrokken.
In de bijlagen staan voor de deelgebieden 101 en 103 (Goeree-Overflakkee) uitsluitend nullen vanwege het feit dat deze gebieden geheel uit droog natuurlijk terrein bestaan.

In Fig. 20 is voor een tweetal specifiele jaren de chloridebelasting voor Voorne-Putten weergegeven. In het droge jaar 1976 vindt in de zomer praktisch geen afvoer meer plaats en dientengevolge daalt de chloridebelasting tot een minimum. In 1980 komt duidelijk het effect van een natte zomer tot uiting.

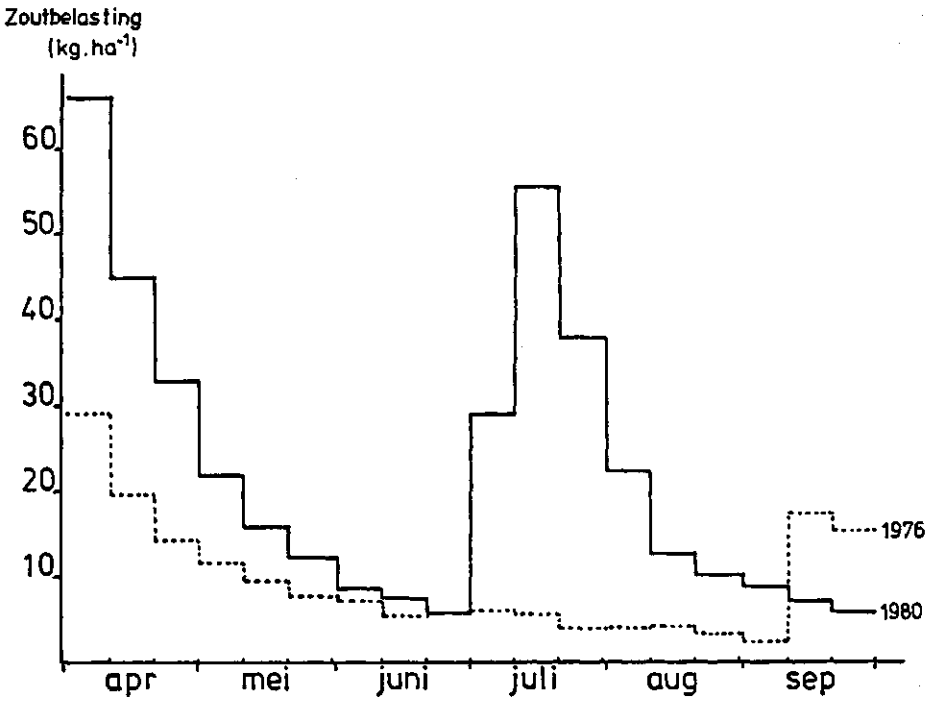


Fig. 20. De chloridebelasting op Voorne-Putten voor de jaren 1976 en 1980

In paragraaf 4.3.6. is aangegeven dat het chloridegehalte van de kwel in de Hoeksche Waard op een vereenvoudigde wijze is benaderd.
De chloridebelasting op deelgebiedsniveau is op dezelfde wijze berekend als voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten.

11.7. Conclusies

- De chloridebelasting op het oppervlaktewater, die primair wordt bepaald door de kwel en het chloridegehalte hiervan, hangt nauw samen met de grootte en verdeling van het neerslagoverschot.

- In droge zomers dient, als gevolg van een weliswaar geringe afvoer vanuit de kavels naar het oppervlaktewater, nog rekening te worden gehouden met een zekere chloridebelasting en wel met name in die gebieden waar het chloridegehalte van de kwel relatief hoog is. In natte zomers of perioden daarvan ligt de chloridebelasting op een aanmerkelijk hoger niveau.

12. DE WATERAANVOERBEHOEFTE VOOR BESTRIJDING VAN DE VERZILTING (doorspoeling)

12.1. ALGEMEEN

In Fig. 12 in paragraaf 6.4 is aangegeven op welke wijze het chloridegehalte in het oppervlaktewater samenhangt met de chloridebelasting vanuit de kavels en de doorspoeling van het desbetreffende leidingvak. Verzilting van het polderwater vindt plaats op Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en in de Hoeksche Waard, waardoor ten aanzien van beregening vanuit het oppervlaktewater voor een aantal bodemgebruiksvormen beperkingen ontstaan. Door het inlaten van water met een relatief laag chloridegehalte en de leidingen door te spoelen kan het chloridegehalte van het oppervlaktewater worden verlaagd. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van een oppervlaktewatermodel waarin de specifieke aspecten betreffende de doorspoeling zijn opgenomen. Het stromingsmodel SIMWAT (simulatie waterbeweging in netwerken) is hiervoor uitgebreid met een berekening van de zoutbeweging (QUERNER, 1986; 1988). Berekeningen zijn uitgevoerd voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten. Voor de Hoeksche Waard is de wateraanvoerbehoefte voor doorspoeling benaderd op grond van de resultaten van de berekeningen voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten.
In paragraaf 4.3.7 zijn reeds de gegevens summier besproken. welke nodig zijn voor de hydrologische modellering. Als invoer van het oppervlaktewatermodel is verder gebruik gemaakt van de resultaten van de modellen HYMUST en ZOUT.

12.2. BESCHRIJVING VAN HET OPPERVLAKTEWATERMODEL

12.2.1. Algemeen

Het hydrologisch model HYMUST levert per decade en per vak van 25 ha de drainage of de infiltratie. Het zoutmodel geeft voor drainage de bijbehorende zoutbelasting (Bijlage 21 t/m 26). Met deze gegevens en specifieke gebiedskenmerken wordt de waterbeweging en het verloop van

de zoutgehalten in het oppervlaktewater berekend. Het oppervlaktewater wordt hierbij geschematiseerd om de relevante processen die de water- en zoutbeweging beinvloeden op de juiste wijze te beschrijven (QUERNER, 1988).

12.2.2. De waterbeweging

De opzet van het simulatiemodel voor peilbeheer en doorspoeling is om met behulp van zo'n model de waterbehoefte en de waterverdeling van een gebied te simuleren. Een model van een netwerk dat het waterlopen-patroon voorstelt, is in staat om het water te verdelen in tijden van waterbehoefte en water te verzamelen in tijden van wateroverschot.
Dit is meestal een gevarieerd proces in de tijd, waarbij gemalen voor een zekere periode werken en/of inlaten open staan.
Voor het berekenen van de zoutgehalten in het oppervlaktewater is een kortere tijdstap noodzakelijk dan het tijdsinterval van een decade bij de in het voorgaande behandelde modellen. Er is gekozen voor een niet-stationair model, waarbij het mogelijk is om de capaciteit van gemalen ook daadwerkelijk in de berekeningen op te nemen. Voor het simuleren van de waterbeweging in open leidingen wordt gebruik gemaakt van de continuïteitsvergelijking:

$$\frac{\delta Q}{\delta x} + \frac{\delta A}{\delta t} = 0$$

en de bewegingsvergelijking:

$$\frac{\delta Q}{\delta t} + \frac{\delta}{\delta x}\left(\alpha \frac{Q|Q|}{A}\right) + g\,A\,\frac{\delta h}{\delta x} + g\,A\,I = 0$$

waarin: Q = het debiet in een waterloop ($m^3.s^{-1}$)
h = de waterdiepte (m)
A = het doorstroomoppervlak (m^2)

α = een coëfficient afhankelijk van de snelheidsverdeling over het oppervlak -
g = versnelling van de zwaartekracht (m.s^{-2})
I = helling van de energielijn -
x = afstand in x-richting (m)
t = tijd (s)

Met de twee bovengenoemde vergelijkingen kan de waterbeweging op elke plaats en tijd worden berekend in een netwerk van waterlopen bij gegeven randvoorwaarden. De vergelijkingen kunnen niet analytisch opgelost worden maar wel bij benadering, in de vorm van uitkomsten op een beperkt aantal plaatsen en een zeker tijdsinterval.

Het stromingsmodel moet voor de aan- en afvoer van water voor peilbeheer en doorspoeling een niet-permanente waterbeweging simuleren. Omdat een lange periode doorgerekend wordt, is een zo groot mogelijke tijdstap wenselijk. Door het langzaam veranderen van de aan- en afvoer kan voor de waterbeweging het effect van de versnelling van de zwaartekracht en een niet-uniforme stroomverdeling worden verwaarloosd. Zodoende kunnen twee termen uit de bewegingsvergelijking worden verwaarloosd. Dit heeft het voordeel dat voor de te kiezen tijdstap in principe geen beperkingen gelden, anders dan bijvoorbeeld de beperking opgelegd door de capaciteit van een gemaal in relatie tot de berging in het systeem. Gedurende een tijdstap is het gemaal in werking. Bij een te grote tijdstap zal de waterstand lager worden dan het uitslagpeil.

Het waterlopenstelsel wordt geschematiseerd tot een stelsel van leidingen en knooppunten. In elk knooppunt kunnen meerdere leidingen samenkomen (Fig 21). In een knooppunt wordt een waterstand h berekend en voor een leiding volgt uit het waterstandsverschil tussen begin- en eindknooppunt een debiet Q. De formule van Manning kan in de laatste term van de bewegingsvergelijking gesubstitueerd worden, dit geeft voor het debiet:

$$Q_{ij} = \frac{R^{1\,1/3}\,A}{n^2\,L_{ij}\,|\,Q^*_{ij}\,|}\,(h_i - h_j)$$

waarin: R = hydraulische straal (m)
L = afstand begin- en eindknooppunt (m)
n = weerstandscoëfficiënt van Manning ($s.m^{-1/3}$)
i = nummert beginknooppunt (i = 1, ...)
j = nummert eindknooppunt (aanliggend) (j = 1, ...)

Dit resulteert in een niet-lineaire bewegingsvergelijking. Een lineaire relatie wordt verkregen door het debiet onder het deelteken te vervangen door het berekende debiet uit de vorige iteratie. De vergelijking kan dan geschreven worden als:

$$Q_{ij} = K_{ij} (h_i - h_j)$$

waar K_{ij} de ruwheid en afmetingen van een leidingvak weergeeft. Door gebruik te maken van de continuïteitsvergelijking kan een stelsel van vergelijkingen worden opgesteld, als:

$$\{ T \} = [K+B] \{ h \}$$

De vector {T} bevat alle bekende termen. De matrix [K+B] beschouwt men als de weerstands- en bergingsmatrix. Deze matrix omvat alle bijdragen van de stromingsweerstand tussen het beschouwde knooppunt (knooppunt i) en alle aanliggende knooppunten (knooppunt j) en de bergingscapaciteit van het knooppunt. Met behulp van matrixinversie wordt het stelsel van n vergelijkingen met n onbekenden opgelost. In verband met numerieke instabiliteit blijkt dat de tijdstap beperkt moet blijven tot drie á vier uur. In elk knooppunt is een uitwisseling met het grondwatersysteem mogelijk door middel van opgelegde drainage en/of infiltratie.

Voor de wateraanvoer voor peilbeheer wordt gebruik gemaakt van inlaten. In werkelijkheid is dit bijvoorbeeld een afsluitbare duiker die geheel of gedeeltelijk wordt open gezet. Het inlaatdebiet zal meestal zodanig zijn dat het streefpeil gehandhaafd blijft. In het model is het

inlaatdebiet Q een functie van de waterstand h in een bepaald knooppunt k van het netwerk volgens:

$$Q_{ij} = f\ (h_k)$$

Bij een bepaalde waterstand in een watervoorzieningsgebied zal er een hoeveelheid water ingelaten worden. Het model compenseert nu automatisch de waterstandsverlagingen in een periode met infiltratie, door water in te laten. Hiermee wordt de wateraanvoer voor peilbeheer nagebootst.

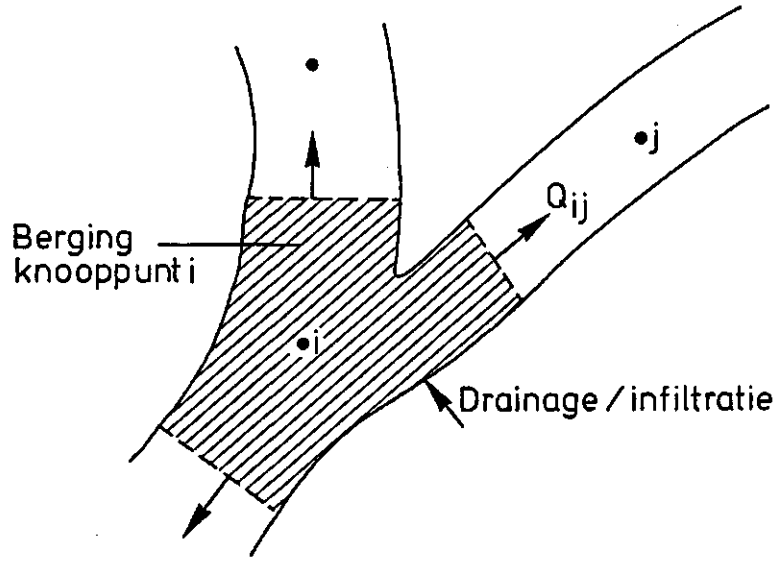


Fig. 21. Schematisatie van het waterlopensysteem in knooppunten en leidingen

12.2.3. De zoutbeweging

De berekening van het zouttransport is gebaseerd op de continuïteitsvergelijking voor het zout bij een bekende (berekende) waterbeweging. De bergingscapaciteit van de leidingen wordt in het model verondersteld voor te komen in de knooppunten. Het volume van de aanliggende leidingen wordt voor de helft aan het betreffende knooppunt toegekend. Het proces van afvoer via de sloten naar de grotere waterlopen wordt ten aanzien van de zoutbeweging in twee stappen onderverdeeld.

Ten eerste het slotenstelsel waar het water verzameld wordt. Dit slotenstelsel wordt door zijn groot aantal en ondergeschikt belang niet als leidingen in het model meegenomen, maar als berging eraan gekoppeld via een bergings-hoogte kromme (Fig. 22).

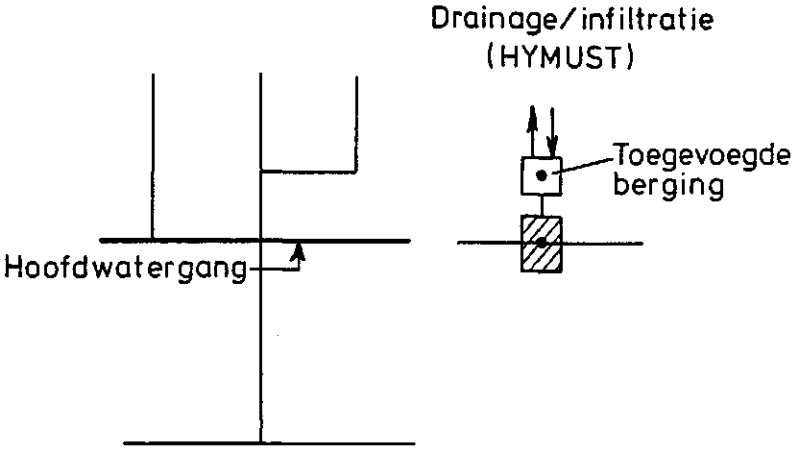


Fig. 22. Schematisatie van kleine waterlopen als toegevoegde berging ten behoeve van berekening zoutconcentraties

Het drainagewater komt voor de zoutbeweging eerst in dit reservoir alvorens in het knooppunt van het oppervlaktewater te komen. Verondersteld wordt dat in beide reservoirs een volledige menging optreedt. Bij doorspoelen van het leidingsysteem zal alleen de berging die in het knooppunt aanwezig is een verlaging van het chloridegehalte kunnen krijgen. Voor de toegevoegde berging kan dit alleen als er een uitwisseling van water is tussen de berging in het knooppunt en het slotenstelsel (infiltratie of peilverhoging).

Voor de kleinere waterlopen die als toegevoegde berging aan een knooppunt worden gekoppeld, alsook voor het knooppunt i met de berging van de aanliggende leidingen wordt de nieuwe concentratie C voor het volgende tijdstip berekend als:

$$C_i^{t+\Delta t} = \frac{C_i^t V_i + \Sigma_j C_j^t Q_{IN}}{V_i + \Sigma_j Q_{IN}}$$

Hierin is V_i de berging in het knooppunt i en/of de toegevoegde berging en Q_{IN} de inkomende hoeveelheid water in de tijdstap. Deze expliciete

benadering voor het berekenen van de concentratie is alleen mogelijk bij een niet te lange tijdstap. Met de expliciete berekeningsmethode wordt de concentratie in een bepaald knooppunt bepaald door de concentratie van de vorige tijdstap in de naburige knooppunten.

12.2.4 Invoergegevens van hydrologisch- en zoutmodel

Het model HYMUST berekent per vak en per decade drainage of infiltratie met de streefpeilen voor zomer- en winterperioden in het oppervlaktewater als uitgangspunt (OOSTINDIE EN VAN BAKEL, 1988).
Omdat het geen geïntegreerde modelberekeningen zijn, worden in dat model aspecten als wateropstuwing of verlagingen van de peilen niet meegenomen.
Elk vak is aan één van de knooppunten van het netwerk gekoppeld (Fig. 23). De per vak met het hydrologisch model berekende drainage of infiltratie, gesommeerd over alle tot één en hetzelfde knooppunt behorende vakken, is de invoer van het stromingsmodel. Voor de vakken met drainage wordt met het model ZOUT een chloridebelasting berekend (HAMAKER, 1988). Voor alle vakken met afvoer op een gegeven knooppunt wordt dit omgezet in een gemiddeld chloridegehalte. Hierbij wordt ook de totale drainage gegeven, waarop dit gehalte van toepassing is. Als er voor een gegeven knooppunt en tijdstap zowel vakken met infiltratie als vakken met afvoer zijn, dan heeft het chloridegehalte alléén betrekking op de vakken met afvoer.

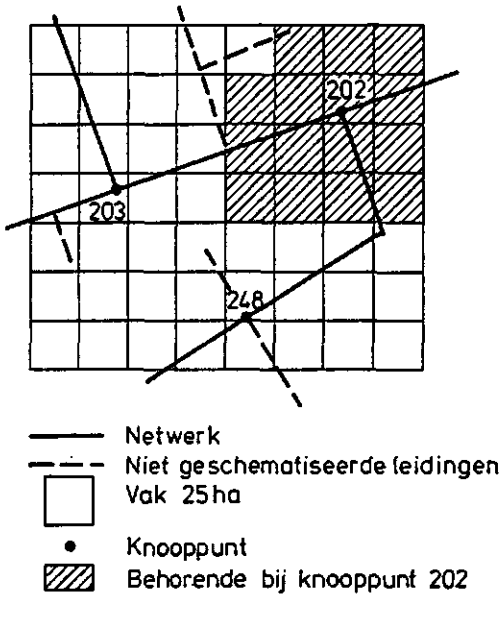


Fig. 23. Koppeling van vakken uit het hydrologisch model met knooppunten van het oppervlaktewaternetwerk

12.3. SCHEMATISATIE OPPERVLAKTEWATER

12.3.1. Algemeen

Voor de schematisatie van het oppervlaktewater in knooppunten en leidingen worden alleen die leidingen genomen die van belang zijn voor aan-, afvoer en doorspoeling. In paragraaf 4.3.7 is aangegeven welke gegevens hiervoor nodig zijn.
Met betrekking tot de specifieke hydraulische gegevens kan nog worden opgemerkt dat deze in het algemeen minder nauwkeurig zijn; door veldopnamen en mede uit literatuurgegevens zijn hiervoor aannemelijke waarden verkregen. Voor de maximale stroomsnelheid is 0,25 $m.s^{-1}$ aangehouden, op de stromingsweerstand zal naderhand worden teruggekomen.

12.3.2. Netwerken voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten

De belangrijkste waterlopen zijn in de netwerken opgenomen. In veel gevallen waar parallel lopende leidingen aanwezig zijn, is maar één leiding in het netwerk opgenomen. Vervangende waarden voor de afmeting van de dwarsdoorsneden zijn gebruikt indien dit noodzakelijk bleek.

Goeree-Overflakkee

Voor de schematisatie van de waterlopen is gebruik gemaakt van gegevens van het Waterschap Goeree-Overflakkee voor het gebied De Stelle.
In het gebied Flakkee is een ruilverkaveling in uitvoering.
In een groot deel, namelijk het westelijk gedeelte, zijn de plannen reeds uitgevoerd. Voor het oostelijk gedeelte is het voorgestelde ontwerp van de Landinrichtingsdienst gebruikt. In Bijlage 27 is het netwerk met zijn nummering van knooppunten en leidingen weergegeven.
Het gebied ten westen van Ouddorp is niet in de schematisatie opgenomen omdat daar geen doorspoeling mogelijk is.
Het netwerk van Goeree-Overflakkee is opgesplitst in drie regio's.
Elke regio bestaat weer uit een aantal watervoorzieningsgebieden van een of meerdere deelgebieden (Bijlage 28). Een berekening met het gehele netwerk van Goeree-Overflakkee zou te complex zijn en te veel geheugen

en rekentijd van de computer vragen. De regio's beinvloeden elkaar maar weinig. Zodoende zijn de berekeningen voor elke regio apart uitgevoerd.
Het Zuiderdiep is hierbij ook in de schematisatie betrokken. De invloed die het gebied Flakkee uitoefent op het Zuiderdiep wordt niet meegenomen in de berekeningen voor het gebied De Stelle. Het verversen van het Zuiderdiep, in werkelijkheid twee keer per week, is in de berekeningen vereenvoudigd tot een constant doorspoeldebiet.

Voorne-Putten

Voor de schematisatie van de waterlopen op Voorne-Putten is gebruik gemaakt van gegevens van het Waterschap De Brielse Dijkring. In Bijlage 29 is het gehanteerde netwerk met zijn nummering van knooppunten en leidingen weergegeven.
Het netwerk van Voorne-Putten bestaat eveneens uit drie regio's die geen invloed op elkaar uitoefenen met betrekking tot de verzilting. Vanwege de goede doorspoeling van het Brielse Meer en de Bernisse is er dan ook vanuit gegaan dat daar geen aanzienlijke verschillen in chloridegehalten zullen optreden. Zodoende zijn het Brielse Meer en de Bernisse niet in de schematisatie betrokken. De watervoorzieningsgebieden op Voorne-Putten voor peilbeheer en doorspoeling zijn in Bijlage 30 weergegeven.

12.3.3. De stromingsweerstand

Het waterdoorvoerend vermogen van een waterloop wordt bepaald door de aanwezigheid van ruwheden over het natte profiel, meestal in de vorm van waterplanten. De remmende werking wordt meestal uitgedrukt in de ruwheidsparameter kM bij toepassing van de formule van Manning of uitgedrukt in een k-waarde als de lengte van ruwheidselementen bij de formule van Chezy.
Als er in de waterloop veel vernauwingen voorkomen, dan hebben deze ook een remmende werking op het debiet. Intree- en uittreeverliezen veroorzaken een waterstandsverschil over een duiker, die de afvoergolf afremt. In de waterlopen zijn veel duikers. In het stromingsmodel is het onmogelijk om al deze duikers apart in beschouwing te nemen.

Daarom is de ruwheidsparameter kM verlaagd met een zeker bedrag om de weerstand van deze duikers te verdisconteren. Dit is alleen gedaan voor de kleinere waterlopen die een bodembreedte hebben tot 2,0 m, daar is de invloed van de duikers ook merkbaar.

Gedurende het groeiseizoen neemt de vegetatie toe en wordt de stromingsweerstand groter. Door regelmatig onderhoud wordt de toename van de stromingsweerstand beperkt. De variatie van de stromingsweerstand in relatie tot de vegetatieontwikkeling en het onderhoud is niet in beschouwing genomen. Er is aangenomen dat een zekere stromingsweerstand wordt nagestreefd. Afhankelijk van de stroomsnelheid wordt de vegetatie platgedrukt, waarbij de weerstand verandert. Ook dit effect is niet meegenomen. Er is voor het groeiseizoen en daarbuiten gerekend met twee verschillende waarden voor de stromingsweerstand volgens Tabel 50.

De waterdiepte heeft ook een invloed op de groei van de vegetatie. Kleinere waterlopen zullen relatief gezien een hogere stromingsweerstand hebben doordat het natte oppervlak zeer snel wordt gereduceerd door vegetatie. De verhouding waterdiepte - bodembreedte heeft meestal een nauw verband. Zodoende is bij een zekere bodembreedte een constante ruwheidsparameter gekozen (Tabel 50).

De stromingsweerstand is primair van invloed op het debiet en de daaruitvolgende waterstanden. Het effect van een variatie in de stromingsweerstand kan gevolgen hebben voor het chloridegehalte. Door een kleinere of grotere stromingsweerstand zal een afvoergolf zich respectievelijk sneller of langzamer voortbewegen. Dit zou dus een variatie in het chloridegehalte kunnen opleveren die vrijwel te verwaarlozen is. Zodoende is verder aan een nauwkeuriger vaststelling van de stromingsweerstand verder geen aandacht besteed.

Tabel 50. Stromingsweerstand k-Manning voor de dwarsprofielen, afhankelijk van bodembreedte en seizoen (inclusief weerstand duikers)

Bodembreedte (m)	Stromingsweerstand kM zomer	winter
0,70	15	23
1,10	17	26
1,25	17	26
1,50	17	26
1,80	19	28
2,00	21	30
2,50	24	33
3,00	28	33
3,50	28	33
4,00	28	33
6,00	30	36
> 6,00	34	37

12.3.4. Watervolume poldersloten

Voor het afvoerverloop en de doorspoeling is het van groot belang om de waterhoeveelheden in het systeem nauwkeurig te weten. Bij de schematisatie van het oppervlaktewatersysteem wordt een beperkt aantal waterlopen in beschouwing genomen. Het zijn in principe die waterlopen die voor de aan-, afvoer en doorspoeling van belang zijn. De niet-geschematiseerde waterlopen zijn gekoppeld aan de knooppunten van het netwerk (paragraaf 12.2.3.). Voor de netwerken van Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten wordt van de gemodelleerde waterlopen ongeveer 2% als open water beschouwd. Voor het landbouwgebied wordt uitgegaan van een totaal oppervlakte open water van 2 - 4%. Bij de berekeningen is er vanuit gegaan dat ongeveer 3,5% open water aanwezig is. Er wordt zodoende een zeker bergend vermogen toegevoegd aan het netwerk om het watervolume van de niet-geschematiseerde waterlopen in rekening te brengen. Per vak van 25 ha is een bergings-hoogte kromme vastgesteld die uitgaat van een oppervlak van 1,5% bij een diepte van 1,20 m beneden maaiveld (QUERNER, 1988).

12.4. OPZET VAN BEREKENINGEN MET DOORSPOELING

12.4.1. Algemeen

De aanpak van de berekeningen voor doorspoelen is indicatief. Dit houdt in dat niet alle mogelijke varianten zijn doorgerekend, maar een beperkt aantal. Voor het doorspoelen zijn immers zeer veel varianten mogelijk, zoals bijvoorbeeld alternatieve inlaatpunten, variatie in doorspoelregime (lage intensiteit lang of kort met een hoge intensiteit), een variatie in de intensiteit over het seizoen, enz. Voor het gebied De Stelle op Goeree-Overflakkee is in eerste instantie een aantal berekeningen uitgevoerd om de invloed van bepaalde aspecten te kwantificeren .

12.4.2. Berekeningsscenario's

Per watervoorzieningsgebied zijn voor de doorspoeling twee regimes gekozen, namelijk:

A - continu doorspoelen over het gehele seizoen
(10 april - 10 september)

B - gefaseerd doorspoelen, 3 keer per seizoen met een duur van 20 dagen
(10-30 april, 1-20 juni, 20 juli-10 augustus)

Voor de twee regimes zijn een zestal berekeningen uitgevoerd met een doorspoelintensiteit van 0, 0,05 , 0,10 , 0,20 , 0,30 en 0,40 $l.s^{-1}.ha^{-1}$. De wateraanvoer voor peilbeheer is in de berekeningen automatisch meegenomen.
De drie perioden van doorspoelen bij regime B vallen aan het begin van de drie perioden die voor de wateraanvoer voor peilbeheer zijn onderscheiden. De resultaten van deze berekeningen moeten ook aangeven of het mogelijk is om een bepaalde periode met doorspoelen te stoppen, zonder dat hierdoor een niet acceptabele verhoging van het chloridegehalte van het oppervlaktewater optreedt.
Elke berekening begint de eerste decade van januari en loopt tot en met de eerste decade van september. Als startwaarde is een chloridegehalte van 500 $mg.l^{-1}$ voor het oppervlaktewater aangehouden.

Het voorjaar wordt dan bij de berekeningen gebruikt voor het verkrijgen van werkelijk optredende gehalten.
Voor de verschillende scenario's - continu of gefaseerd doorspoelen met intensiteiten van 0 tot 0,40 $l.s^{-1}.ha^{-1}$ - en per watervoorzieningsgebied worden de chloridegehalten over het seizoen bepaald. Hiervoor is het knooppunt bij gemaal of stuw genomen waar het water het watervoorzieningsgebied verlaat (Bijlage 27 en 29). Per watervoorzieningsgebied hebben de resultaten, die in tabellen zijn verwerkt, betrekking op de periode 30 april tot 10 september dan wel op verschillende data (QUERNER, 1988).

12.4.3. Keuze weerjaren

Met het hydrologisch model zijn 50 jaren doorgerekend (1937 t/m 1986). Voor doorspoeling is dit ten aanzien van de benodigde rekentijd een onmogelijke zaak. Er is dan ook een beperkt aantal weerjaren geselecteerd die vanuit hydrologisch oogpunt nogal extreem zijn. Verwacht wordt dat dit ook de minimale en maximale doorspoelbehoefte zal opleveren. De periode 1975 tot en met 1980 is hiervoor gekozen. Hierin komt voor een 10% droog jaar als 1975; een extreem droog jaar als 1976; een jaar zonder bijzondere weerkenmerken als 1977; 1979 met veel neerslag in het voorjaar en 1980 met veel neerslag in de zomer. Voor De Bilt zijn de neerslaggegevens over de periode 1975 tot en met 1980 in Tabel 51 weergegeven.

Tabel 51. Maandsom neerslag in mm over periode 1975 tot en met 1980 voor De Bilt in de geselecteerde reeks weerjaren

Jaar	Maand											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1975	88	18	73	61	34	86	25	42	65	13	97	34
1976	100	17	31	10	25	53	45	15	64	43	59	69
1977	70	96	42	62	60	39	63	97	13	57	167	50
1978	67	23	81	38	24	71	64	41	71	25	32	108
1979	57	57	98	80	133	80	34	57	28	49	74	127
1980	68	55	74	54	13	92	147	64	41	85	83	127
Gem. De Bilt	64	49	47	51	54	65	76	88	71	72	73	73

12.4.4. Chloridegehalte ingelaten water voor peilbeheersing en doorspoeling

Het water dat ingelaten wordt voor Goeree-Overflakkee komt hoofdzakelijk uit het Haringvliet. De huidige plannen voor de ruilverkaveling Flakkee voorzien in een geringe wateraanvoer vanuit het Volkerak voor Flakkee-oost.
Het chloridegehalte in het Haringvliet is hoofdzakelijk afhankelijk van de Rijnafvoer. Bij een Bovenrijnafvoer van 2200 $m^3.s^{-1}$, die gemiddeld 50% van de tijd wordt over- of onderschreden, is het inkomende chloridegehalte circa 150 $mg.l^{-1}$. Daarentegen bij een afvoer van 980 $m^3.s^{-1}$, een afvoer die gemiddeld 20 dagen per jaar wordt onderschreden, bevat het inkomende water van het Haringvliet een chloridegehalte van 250 $mg.l^{-1}$. Bij de berekeningen is uitgegaan van een gehalte van 180 $mg.l^{-1}$, zonder een variatie in chloridegehalte over het seizoen en de gebruikte weerjaren.
Voor het Volkerak, dat deel uit zal maken van het toekomstig Zoommeer, is op lange termijn nog niet bekend wat het chloridegehalte zal worden. Het uitgangspunt is dan ook de 180 $mg.l^{-1}$, die voor het Haringvliet wordt gehanteerd.

Het water voor Voorne-Putten wordt ingelaten vanuit de Bernisse of het Brielse Meer. Door een grote doorspoeling van Bernisse en Brielse Meer vanuit het Spui en Oude Maas wordt het chloridegehalte daar zo laag mogelijk gehouden en het is dan ook afhankelijk van het gehalte van het ingelaten water. Voor de inlaat van de Bernisse is door Rijkswaterstaat het chloridegehalte berekend. Deze wijkt nauwelijks af van de gehalten in het Haringvliet. Zodoende is voor het ingelaten water voor geheel Voorne-Putten ook een chloridegehalte gehanteerd van 180 $mg.l^{-1}$.

12.4.5. Normstelling chloridegehalte en periode

In paragraaf 4.6.1 is het toelaatbare chloridegehalte van het polderwater bij de onderscheiden vormen van bodemgebruik behandeld. De normen gelden alleen als er water onttrokken wordt voor beregening uit het oppervlaktewater. Tijdens die perioden moet het gehalte aan een zekere norm voldoen. Met het model HYMUST is voor de beschouwde periode

1937 tot en met 1986 voor Goeree-Overflakkee de aanvang van beregening bepaald. Een procentuele verdeling van die aanvang, gedifferentieerd naar decade is weergegeven in Tabel 52. Uit deze tabel blijkt dat na de twaalfde decade er een waterbehoefte voor beregening is in ongeveer 80% van de beschouwde 50 jaren, voor een of meer vakken. Er is dan ook vanuit gegaan dat van decade 13 tot decade 25 (1 mei tot 1 sept.) het oppervlaktewater aan de normstelling moet voldoen.
Voor de glastuinbouw op Voorne-Putten zou in feite gedurende het gehele jaar aan de normstelling moeten worden voldaan. Er is echter geen berekening voor deelgebieden met glastuinbouw in het winterhalfjaar uitgevoerd, omdat het in deze studie met name gaat om de wateraanvoerbehoefte in het zomerhalfjaar.

Tabel 52. Eerste decade van elk jaar waarin beregening op Goeree-Overflakkee aanvangt
(resultaten model HYMUST voor periode 1937 t/m 1986)

Aanvang in decade	Aantal jaren (%)
≤ 10	5
11	7
12	7
13	8
14	10
15	6
16	27
17	17
18	3
≥ 19	10
Totaal	100%

12.4.6. Oppervlakte voor peilbeheersing en doorspoeling

Bij de huidige infrastructuur is het voor een aantal gebieden niet mogelijk om water aan te voeren voor peilbeheer. Dit zijn bijvoorbeeld

de hoger gelegen gebieden binnen de ruilverkaveling De Stelle bij Ouddorp en ten noorden van Goedereede. Bij doorspoelen wordt maar in een beperkt aantal leidingen het water ververst, nl. de route van doorspoelen en de direct aanliggende leidingen. Deze krijgen een verlaging van het chloridegehalte. De intensiteit van doorspoeling is zodoende gerelateerd aan dit gebied. Met name bij wateraanvoer (infiltratie) wordt in een groter gebied het water ververst. Per watervoorzieningsgebied zijn in Tabel 53 het effectieve oppervlak waar peilbeheer moge-

Tabel 53. Oppervlakte per watervoorzieningsgebied voor peilbeheer en effectief oppervlak doorspoelen

Watervoorzieningsgebied	Goeree-Overflakkee		Voorne-Putten	
	peilbeheer (ha)	doorspoelen (ha)	peilbeheer (ha)	doorspoelen (ha)
1,1	975	300	1325	1100
1,2	200	200	100	100
1,3	825	480	400	400
1,4	550	550	350	350
1,5	325	275	500	400
1,6	425	425	1050	700
1,7	300	260	225	225
1,8			200	150
1,9			1150	800
1,10			600	450
1,11			775	600
1,12			900	800
2,1	3275	2175	825	750
2,2	1950	1600	750	500
2,3	375	280	1500	1100
2,4	900	900	500	400
2,5	675	525	425	300
2,6	875	600	275	200
2,7	300	225		
2,8	2225	1950		
3,1	1325	1025	1075	800
3,2	1225	975	425	350
3,3	1975	1650	75	50
3,4	600	600	500	400
3,5			475	425
3,6			600	600
3,7			600	550
Totaal	19300	14995	15600	12500

lijk is en het oppervlak voor doorspoelen aangegeven. Het oppervlak voor peilbeheer is niet zondermeer te vergelijken met de hiervoor gebruikte waarde bij de berekeningen met HYMUST omdat het stedelijk gebied bij de berekeningen is betrokken en een aantal deelgebieden niet in de schematisatie van het oppervlaktewater is opgenomen.

12.5. RESULTATEN VAN BEREKENINGEN MET DOORSPOELING

12.5.1. Invloed toegevoegde berging

Uitgangspunt van de berekeningen is 3,5% open water bij een peil van 1,2 m beneden maaiveld. Hiervan is 2% in het netwerk inbegrepen, zodat 1,5% als toegevoegde berging aan de knooppunten is toegekend. Berekeningen zijn uitgevoerd met zowel de toegevoegde berging gehalveerd als anderhalf keer zo groot. Dit geeft een indicatie van de gevoeligheid van deze berging op de resultaten.
Hiervoor is het gebied De Stelle op Goeree-Overflakkee genomen en is gebruik gemaakt van het weerjaar 1977 (QUERNER, 1988).
Het chloridegehalte is bij halvering van de toegevoegde berging in het voorjaar gemiddeld 15% hoger dan wanneer deze anderhalf keer zo groot wordt genomen, in het najaar is het chloridegehalte ongeveer 0 - 10% lager. In het voorjaar gaat het chloridegehalte van het drainagewater omhoog (intensiteit drainage neemt af). Bij een geringe berging is het effect van de concentratie-verhoging snel merkbaar. In het najaar neemt het chloridegehalte af en is dit bij een kleinere berging sneller merkbaar. De resultaten tonen zeker aan dat een nauwkeurigere vaststelling van de berging niet noodzakelijk wordt geacht.

12.5.2. Verloop chloridegehalte na stoppen doorspoeling

Het verloop van het chloridegehalte na een periode met doorspoeling hangt af van hydrologische kenmerken. Bij afwatering alleen is er een chloridebelasting op het oppervlaktewater. Zodoende zijn parameters zoals drainageweerstand, bodemfysische eigenschappen (vochthoudend vermogen, capillaire opstijging, kwel/wegzijging, enz.) van groot belang in samenhang met de meteorologische omstandigheden.

Een tweetal berekeningen is uitgevoerd: de eerste berekening stopt met doorspoelen op 1 juli, bij de tweede loopt de doorspoeling door tot begin september. Zo is in Fig. 24 het verloop van het chloridegehalte gegeven voor de watervoorzieningsgebieden 1.3 en 1.7 op Goeree-Overflakkee (1975 en 1980). Als na het beëindigen van doorspoelen op 1 juli infiltratie blijft overheersen, dan verandert het chloridegehalte nauwelijks, zie watervoorziengsgebied 1.3 voor 1975.
Voor hetzelfde gebied geeft het weerjaar 1980 een verhoging van het chloridegehalte. Bij het continueren van de doorspoeling is er een kortstondige verhoging: stopt de doorspoeling, dan loopt het gehalte sterk omhoog. Voor gebied 1.7 geven beide weerjaren na het stoppen van de doorspoeling een verhoging van het chloridegehalte.

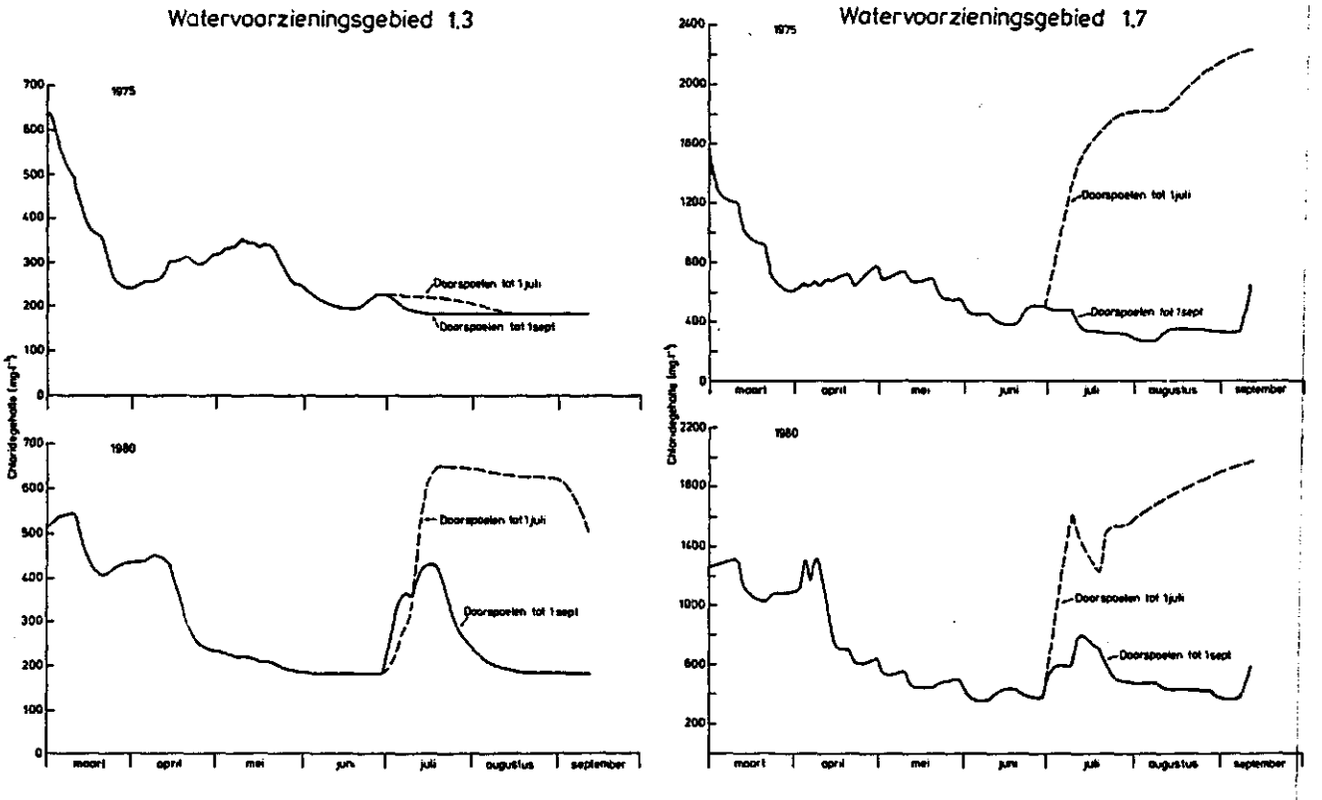


Fig. 24. Verloop chloridegehalte voor watervoorzieningsgebied 1.3 en 1.7 op Goeree-Overflakkee (doorspoeling 0,1 $l.s^{-1}.ha^{-1}$) (weerjaar; 1975 en 1980)

12.5.3. Resultaten doorspoeling

De opzet van de berekeningen is zodanig geweest dat niet alle mogelijke varianten zijn doorgerekend. De resultaten geven een indicatie van de totale wateraanvoer voor de verziltingsbestrijding. Het is niet de bedoeling geweest om voor het operationele beheer resultaten te geven. Met de totale wateraanvoer kan het operationele beheer gevoerd worden, maar door nauwkeuriger afwegen van de doorspoeling kan een nog beter rendement worden verwezenlijkt.

Ook van belang bij het gebruik van de resultaten is dat er geen terugkoppeling is van stromingsmodel naar hydrologisch model. Zodat het effect van bijvoorbeeld een onderbemaling de berekeningsresultaten sterk zal beinvloeden. Het hydrologisch model werkt immers met constante peilen voor het oppervlaktewater. De resultaten van die berekening zijn weer invoergegevens voor het stromingsmodel. In werkelijkheid zal door onderbemaling de drainage toenemen en zodoende ook de chloridebelasting. Indien onderbemaling wordt toegepast om hierna zoet water in te laten, zal het effect van zo'n onderbemaling maar een zeer beperkte invloed hebben op het chloridegehalte.

Soms kan het chloridegehalte bij een doorspoeling van 0,05 $l.s^{-1}.ha^{-1}$ (0,4 $mm.d^{-1}$) nagenoeg gelijk of soms iets hoger zijn dan bij alleen aanvoer voor peilbeheer. De maximale aanvoer voor peilbeheer is in dat geval namelijk in dezelfde orde van grootte.
Door een iets grotere uitwisseling binnen een gebied bij geringe doorspoeling geeft dit soms een iets hoger chloridegehalte. Bij deze doorspoeling zal vaak zeer weinig aan echte doorspoeling gerealiseerd worden, maar wordt in de zomerperiode het meeste water voor peilhandhaving gebruikt.

12.5.4. Scenario's voor doorspoeling

De resultaten van de in paragraaf 12.4.2. aangegeven berekeningsscenario's hebben betrekking op een viertal perioden van doorspoelen. Het maximaal voorkomend chloridegehalte in een periode, dan wel het chlori-

degehalte op bepaalde data, geeft een inzicht in het effect van de verschillende scenario's voor doorspoeling. Per watervoorzieningsgebied en per weerjaar zijn de chloridegehalten voor continue (regime A) en gefaseerde doorspoeling (regime B) als volgt gepresenteerd:

A - maximale chloridegehalte in de periode 30 april tot 10 september
A1 - chloridegehalte op 1 juni
B - maximale chloridegehalte in de periode 30 april tot 10 september
B1 - chloridegehalte op 30 april
B2 - chloridegehalte op 20 juni
B3 - chloridegehalte op 10 augustus

De chloridegehalten zijn berekend voor een doorspoelintensiteit van 0 tot 0,40 $l.s^{-1}.ha^{-1}$ en gelden zoals reeds eerder opgemerkt voor het lozingspunt van de watervoorzieningsgebieden (QUERNER, 1988).

Regime A

Het continue doorspoelen is voor vele gebieden met hoge zoute kwel de enige mogelijkheid om de normen te handhaven. In sommige gebieden blijken deze dan ook nog niet haalbaar te zijn. Dit komt voornamelijk voor in de jaren met een hoge neerslag in de zomer.
De invloed van de zes weerjaren komt goed tot uiting in Fig. 25. Hier is voor watervoorzieningsgebied 1.7 op Goeree-Overflakkee het maximaal chloridegehalte in de periode 30 april tot 10 september uitgezet tegen de doorspoelingsintensiteit. Een jaar als 1976 heeft minder doorspoeling nodig om aan een zekere norm te voldoen.
Na 50 dagen doorspoelen (A1) is het chloridegehalte in het algemeen acceptabel. Volgt er een droge periode dan zal weinig doorspoeling hierna nodig zijn. Zijn er daarentegen weer regenrijke perioden, dan loopt het gehalte snel omhoog naar de waarde zonder doorspoeling (zie paragraaf 12.5.2.).

Regime B

Ten aanzien van dit regime is gebleken dat in de periode zonder doorspoeling het chloridegehalte snel hoger wordt. Dit houdt voornamelijk verband met hydrologische en meteorologische omstandigheden.

In een droge zomer, zoals 1976 of ook 1975, moet veel water worden aangevoerd en is de afvoer uit de kavels naar het oppervlaktewater gering. Bij zulke situaties is het mogelijk om de doorspoeling een tijd te stoppen. In een natte zomer, zoals 1980, treden droge perioden met aanvoer en natte perioden met afvoer op. Dit geeft een chloridebelasting over het gehele groeiseizoen en vergt dus veel doorspoelen.
Na 20 dagen doorspoelen (B1 - B3) blijkt een redelijk gehalte haalbaar te zijn. Aan het begin van het seizoen is het chloridegehalte wel aanmerkelijk hoger dan later in het seizoen.

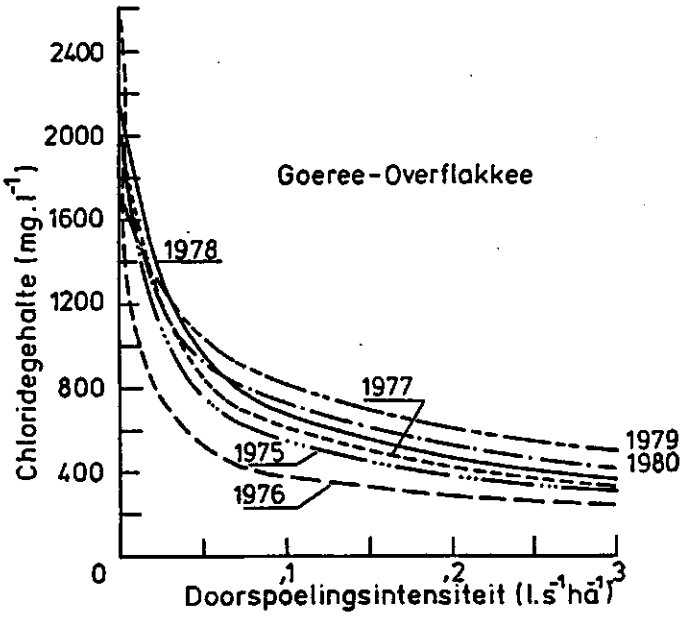


Fig. 25. Maximaal chloridegehalte uitgezet tegen de doorspoelintensiteit voor watervoorzieningsgebied 1.7 op Goeree-Overflakkee (continu doorspoelen)

12.5.5. Totale wateraanvoer voor bestrijding verzilting

Voor het vaststellen van de normen waaraan het oppervlaktewater kwalitatief dient te voldoen wordt verwezen naar paragraaf 4.6.1 en Tabel 18. Voor alle watervoorzieningsgebieden op Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten is de berekende concentratie in Tabel 54 gegeven. Met deze concentraties als uitgangspunt is de maximale doorspoelbehoefte berekend bij continu doorspoelen, gebruikmakend van de in de voorgaande paragraaf uitgevoerde berekeningen.

Tabel 54. Gemiddeld chloridegehalte per watervoorzieningsgebied, voor bepaling doorspoelbehoefte, rekening houdend met de bodemgebruiksvorm en een wegingsfaktor

Watervoorzienings-gebied	Goeree-Overflakkee gemiddeld gehalte ($mg.l^{-1}$)	Voorne-Putten gemiddeld gehalte ($mg.l^{-1}$)
1,1	371	338
1,2	375	733
1,3	405	228
1,4	410	662
1,5	378	428
1,6	390	422
1,7	632	707
1,8		733
1,9		427
1,10		470
1,11		330
1,12		427
2,1	345	412
2,2	398	686
2,3	418	313
2,4	376	349
2,5	398	494
2,6	394	527
2,7	478	
2,8	373	
3,1	378	453
3,2	380	661
3,3	383	329
3,4	365	428
3,%		515
3,6		481
3,7		505

Dan nog komt het voor dat er gebieden zijn waar de norm niet haalbaar is omdat er een doorspoelintensiteit van meer dan 0,5 $l.s^{-1}.ha^{-1}$ nodig zou zijn.

De doorspoel-intensiteit is bij de berekeningen gerelateerd aan het effectieve oppervlak voor doorspoeling. Voor de totale waterbehoefte van een watervoorzieningsgebied wordt het gebied waar momenteel geen doorspoeling mogelijk is, hierbij betrokken. Uitgangspunt is dat deze oppervlakten met dezelfde hoeveelheid worden doorgespoeld.
In Tabel 55 is de totale waterbehoefte voor doorspoeling gegeven voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten. Voor Goeree-Overflakkee zijn de resultaten vaak maar voor een bepaald gedeelte van toepassing, daar elders vanwege de relatief hoge verzilting van het oppervlaktewater de in Tabel 54 aangegeven waarden voor het chloridegehalte bij een doorspoeldebiet van 0,5 $l.s^{-1}.ha^{-1}$ niet worden bereikt. Dit geeft soms variaties in doorspoelbehoefte als het percentage verandert, zoals bijvoorbeeld het voorjaar van 1979 te zien geeft. De waterbehoefte is afhankelijk van de weersomstandigheden. Voor de wateraanvoer voor peilbeheer geldt dit ook. Het verschil is dat naarmate het jaar droger is de doorspoeling afneemt, daarentegen neemt dan de aanvoer voor peilbeheer toe. Hierbij komt de vraag aan de orde hoeveel er nu werkelijk voor doorspoeling gereserveerd moet worden. In het voorjaar, eind april, zal de waterbeheerder met doorspoelen moeten beginnen om half mei als er beregening uit oppervlaktewater mogelijk is, water van goede kwaliteit te hebben. Van te voren is het onbekend wat voor weersomstandigheden er zullen optreden. Men heeft in het voorjaar twee tot vier weken nodig om aan de norm te voldoen. Zodoende zal men in de eerste periode ieder jaar in principe met de zelfde doorspoelintensiteit beginnen. Bij een droog voorjaar, zoals 1976, kan met minder doorspoeling worden aangevangen. Bij een nat voorjaar zal men met het doorspoelen later beginnen. De drainage moet immers afgenomen zijn, waardoor de belasting van chloride gering is. Uit Tabel 55 blijkt ook dat in het voorjaar de grootste doorspoeling nodig is, behalve dan 1980 waar in juli veel neerslag viel. Maar in zo'n natte periode is er geen vraag naar water voor peilbeheer en beregening en schort men de doorspoeling op tot er betere weersomstandigheden komen.

Voor een viertal extreme jaren zijn de resultaten uit Tabel 55 nog eens weergegeven in Fig. 26 voor Voorne-Putten. Uit een vergelijking met Fig. 20 blijkt een duidelijke relatie tussen de chloridebelasting en de aanvoerbehoefte voor doorspoeling. Uit Fig. 26 kan worden geconcludeerd dat de maximale wateraanvoer voor de verziltingsbestrijding

Tabel 55. Wateraanvoer voor bestrijding verzilting om aan de normen in Tabel 18 te voldoen
(indien niet het gehele gebied aan de norm voldoet, staat tussen haakjes het percentage dat wel aan de norm voldoet)

Goeree-Overflakkee

Dag	1975	1976	1977	1978	1979	1980
	mm.d^{-1}					
1 mei	1,39(86)*	0,27(90)	1,39(82)	1,66(77)	1,42(77)	0,80(86)
1 juni	1,13(86)	0,39	1,40(86)	1,36(86)	1,57(86)	0,37(90)
20 juni	0,55(90)	0,21	0,55(90)	0,54(90)	1,20(77)	0,25
20 juli	0,36(90)	0,16	0,27	1,25(86)	0,60(90)	1,68(87)
10 aug.	0,24	0,10	0,23	0,42(90)	0,30(90)	0,78(90)
10 sept.	0,16	0,08	0,72(97)	0,23	0,96(86)	0,22(90)

Voorne-Putten

Dag	1975	1976	1977	1978	1979	1980
1 mei	1,19	0,65	1,08	1,60	1,28	0,89
1 juni	0,77	0,32	0,95	1,09	1,24	0,37
20 juni	0,37	0,22	0,39	0,45	1,20	0,20
20 juli	0,27	0,14	0,21	1,24	0,54	1,26
10 aug.	0,24	0,13	0,18	0,52	0,30	0,80
10 sept.	0,20	0,09	0,79	0,23	0,82	0,27

*Het niet aan de norm kunnen voldoen betekent dat het gaat om een watervoorzieningsgebied dat meer dan 0,5 l.s^{-1}.ha^{-1} nodig heeft om wel aan de norm te voldoen

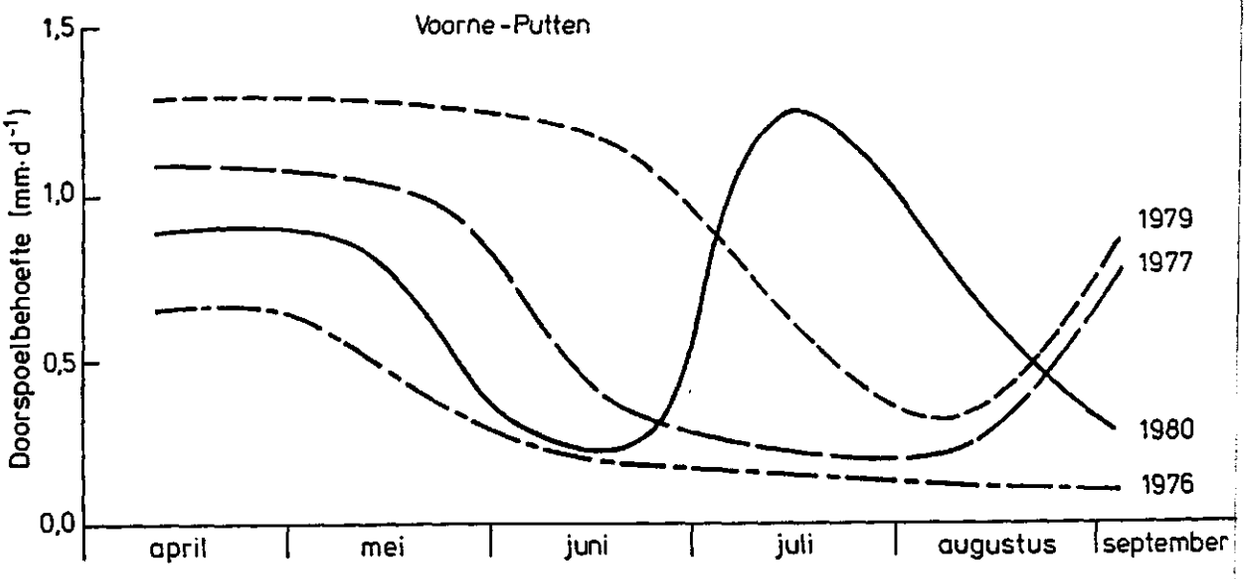


Fig. 26. Doorspoelbehoefte over het seizoen voor Voorne-Putten om aan de normen in Tabel 18 te voldoen

ligt tussen de 1,0 tot 1,2 mm.d^{-1}. Deze wateraanvoer voor doorspoeling ligt in dezelfde orde van grootte als de aanvoer voor peilbeheer en de bestrijding van de verzilting in een extreem droog jaar (QUERNER, 1988). Bij een benodigde doorspoeling groter dan ongeveer 1,2 mm.d^{-1} zijn het de relatief natte perioden waarin geen vraag naar water voor peilbeheer en beregening aanwezig is.

12.6. RICHTLIJNEN VOOR BEPALEN DOORSPOELBEHOEFTE

Met de resultaten van alle berekeningen als uitgangspunt, is onderzocht of hieruit algemene relaties zijn af te leiden. Gestreefd is de gewenste doorspoelintensiteit te koppelen aan een aantal kenmerken. Het belangrijkste kenmerk is het chloridegehalte van het drainagewater. Daarnaast zijn hydrologische- en gebiedskenmerken van belang. Bij de gebiedskenmerken is gekeken naar geometrie, lokatie ten aanzien van andere gebieden en peilfluctuaties. De invloed van hydrologische kenmerken is buiten beschouwing gelaten. Het gemiddelde chloridegehalte van het drainagewater is gekarakteriseerd door een zestal codes te definiëren. Het gemiddelde chloridegehalte voor de zes weerjaren opgesplitst in zomer- en winterperiode is berekend. Daarnaast is het patroon van de waterlopen gekarakteriseerd door de doorspoelingskenmerken. Deze kenmerken zijn bijvoorbeeld: doorgaande leiding voor doorspoeling; vertakkingen of parallel lopende waterlopen; wordt er water doorgevoerd naar andere gebieden (QUERNER, 1988). De gebruikte codes voor het chloridegehalte van het drainagewater zijn hieronder aangegeven.

Symbolen:

Code	Gemiddeld chloridegehalte drainagewater	
	zomer (mg.l^{-1})	winter (mg.l^{-1})
A	2500 - 3500	1000 - 1500
B	2000 - 2500	750 - 1250
C	1500 - 2000	500 - 1000
D	1000 - 1500	400 - 700
E	500 - 1000	300 - 500
F	250 - 500	150 - 300

Aan de watervoorzieningsgebieden zijn vervolgens de onderscheiden codes toegekend (QUERNER, 1988).

12.7. RESULTATEN

In een watervoorzieningsgebied waar het streefpeil gerealiseerd wordt door stuwen, geven de resultaten ten opzichte van gebieden met een gemaal, een verlaging van tussen de 0% en 15% in het maximale chloridegehalte. Bij een gemaal fluctueert het peil tussen in- en uitslagpeil. Hierdoor is er een grotere waterbeweging aanwezig tussen de doodlopende leidingen en de hoofdleidingen waarin het water bij doorspoeling wordt ververst. Door variaties in waterpeilen zal in werkelijkheid de drainage ook veranderen. Doordat de hydrologische berekeningen uitgaan van een constant peil worden ten aanzien van dit aspect de variaties in chloridebelasting verwaarloosd.

Voor het weerjaar 1977 zijn de resultaten van continu doorspoelen weergegeven in de Fig. 27.

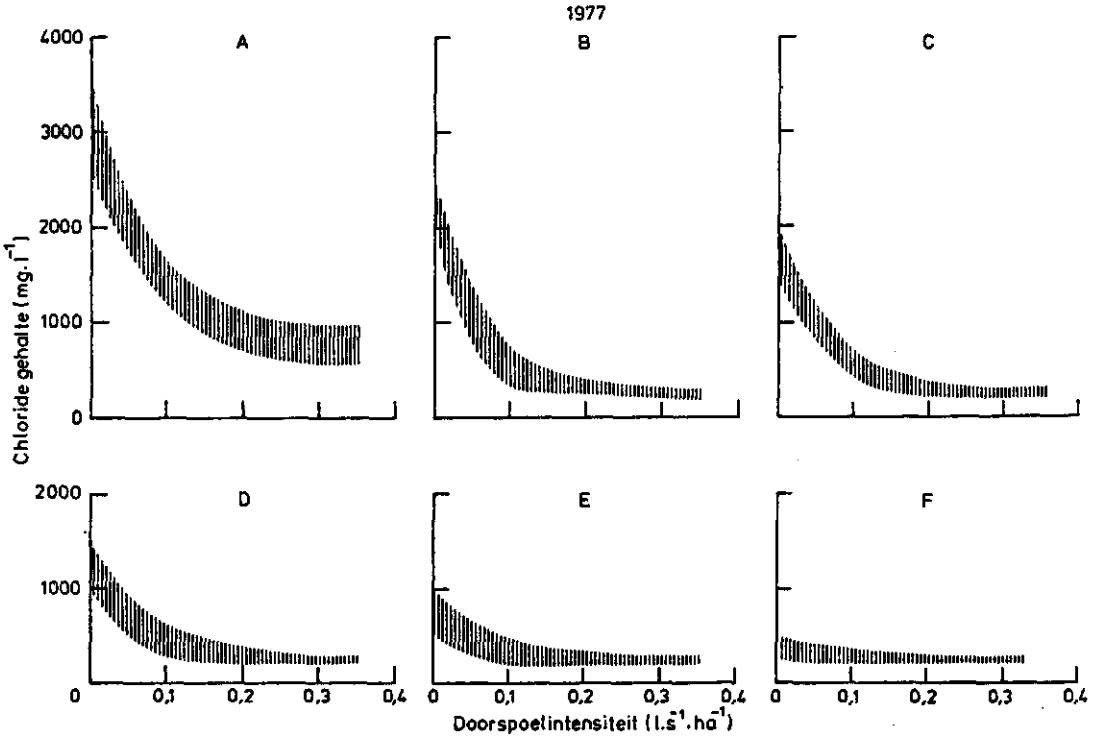


Fig. 27. Relatie doorspoelbehoefte maximum chloridegehalte als functie van de gemiddelde chloridebelasting in de zomerperiode, zoals weergegeven door de codes A tot F (continu doorspoelen begin mei tot half augustus)

Een rangschikking alleen naar indeling van het chloridegehalte geeft een variatie in het gehalte zoals de arcering aangeeft. Invloeden ten aanzien van doorvoer en aanvoer via andere gebieden vallen hier vaak ook binnen. Het is grotendeels afhankelijk van de situatie voor dat gebied.

Voor een benadering van de aanvoerbehoefte voor doorspoeling in de Hoeksche Waard is een vereenvoudigde procedure gevolgd, die in chronologische volgorde als volgt kan worden beschreven.

- selectie van deelgebieden waar rekening dient te worden gehouden met verzilting van het oppervlaktewater op grond van de kwel/infiltratie-kaart (Bijlage 9) en het chloridegehalte van de kwel (Bijlage 14)
- vaststelling van een norm voor het oppervlaktewater in relatie tot het bodemgebruik (paragraaf 4.6.1 en Tabel 18)
- berekening van het gemiddeld chloridegehalte van het drainagewater voor de zomer en winter voor de geselecteerde deelgebieden en toekenning van een code zoals in de vorige paragraaf is aangegeven.

Tabel 56. Aanvoerbehoefte voor doorspoeling in de Hoeksche Waard (1977)

Deelgebied	Chloridegehalte vlgs. norm ($mg.l^{-1}$)	Code	Doorspoeling ($l.s^{-1}.ha^{-1}$)	Oppervlak (ha)
1	385,7	E	0,12	150
2	600,0	D	0,08	150
3	387,7	E	0,12	950
4	360,6	E	0,13	450
5	378,5	E	0,12	950
8	374,7	E	0,13	1875
9	375,1	F	0,06	1925
10	361,3	E	0,13	350
11	377,4	F	0,06	375
12	367,7	F	0,06	1975
17	376,1	F	0,06	650
20	366,1	D	0,19	1300
21	415,6	F	0,04	725
27	366,4	E	0,13	1025
28	378,8	F	0,06	225
Gemiddeld			0,10	13075

In Tabel 56 zijn de geselecteerde deelgebieden aangegeven (voor locatie zie Bijlage 4) verder is het gemiddeld chloridegehalte vermeld waaraan het oppervlaktewater volgens de normstelling dient te voldoen alsmede het oppervlak voor doorspoeling van de beschouwde deelgebieden. Uit een arbitraire lijn door het gearceerde deel van Fig. 27 is voor de codes D, E en F de aanvoerbehoefte afgelezen voor de corresponderende normen.

12.8. DE MAATGEVENDE AANVOERBEHOEFTE VOOR PEILBEHEERSING EN BESTRIJDING VAN DE VERZILTING

Voor het verkrijgen van een indicatie over de maatgevende aanvoerbehoefte voor peilbeheersing en doorspoeling zijn de jaren 1975 t/m 1980 beschouwd (Tabel 57).

Tabel 57. Aanvoerbehoefte voor peilbeheer en doorspoeling

Jaar	"Droge Periode"				"Voorjaar"		
	Peilbeheersing (max. aanvoer) ($mm.d^{-1}$)	In decade	Doorspoeling ($mm.d^{-1}$)	Totale aanvoer ($mm.d^{-1}$)	Eerste dec. met aanvoer		Doorspoeling 15 d. ervoor ($mm.d^{-1}$)
Goeree-Overflakkee							
1975	0,61	aug. I	0,24	0,85	mei	II	1,26
1976	0,93	juli II	0,18	1,11	april	I	0,30*
1977	0,62	juli I	0,35	0,97	mei	III	1,40
1978	0,45	aug. II	0,42	0,87	mei	III	1,51
1979	0,32	juli III	0,30	0,62	juli	I	1,20
1980	0,48	juni II	0,25	0,73	mei	I	0,80*
Voorne-Putten							
1975	0,65	aug. I	0,27	0,92	mei	III	1,12
1976	0,95	juli I	0,19	1,14	april	II	0,74*
1977	0,67	juli I	0,32	0,99	mei	III	1,16
1978	0,43	juni I	0,86	1,29	mei	III	1,54
1979	0,26	juli III	0,34	0,60	juli	I	1,37
1980	0,49	mei II	0,23	0,72	mei	I	1,01*

*) 1 mei

Voor de betreffende jaren zijn de decaden geselecteerd met de maximale aanvoer voor peilbeheer. Voor deze decaden is de doorspoelintensiteit berekend, zodat de totale aanvoerbehoefte voor peilbeheer en doorspoeling in een droge periode wordt verkregen. Verder is in het voorjaar de eerste decade opgezocht waarin aanvoer voor peilbeheer optreedt en is de aanvoerbehoefte voor doorspoeling 15 dagen daarvoor berekend. De waarden in Tabel 57 hebben betrekking op het oppervlak voor peilbeheer zoals dat in Tabel 47 is aangegeven.

Uit Tabel 57 volgt als maximale waarde voor peilbeheersing voor Goeree-Overflakkee 0,93 mm.d^{-1} in het jaar 1976; deze waarde is praktisch gelijk aan die voor W_{35}* in Tabel 47. Voor zo'n jaar komt er bij de aanvoer voor peilbeheersing van 0,93 mm.d^{-1} nog eens 0,18 mm.d^{-1} bij voor de verziltingsbestrijding. Als indicatie voor de maatgevende aanvoerbehoefte voor peilbeheersing en bestrijding van de verzilting wordt dus een waarde verkregen van 1,11 mm.d^{-1} bij T = 35 jaar. Deze waarde ligt in dezelfde orde van grootte als de maximale aanvoer van de verziltingsbestrijding in het groeiseizoen. In het vroege voorjaar, wanneer nog geen water wordt ingelaten voor peilbeheersing, volgt als maximale waarde voor de doorspoeling uit Tabel 57 1,51 mm.d^{-1} (voorjaar 1978). Uit Tabel 55 blijkt dat deze waarde in de loop van het groeiseizoen niet meer wordt overschreden. Op grond van de keuze van de doorgerekende weerjaren (zie paragraaf 12.4.3.) kan de waarde van 1,51 mm.d^{-1} als maatgevend worden beschouwd voor de aanvoerbehoefte voor doorspoeling. Bij de berekeningen is tevens het stedelijk gebied volgens een bepaald criterium meegenomen (paragraaf 11.5.1). Uitgaande van de laatstgenoemde waarde komt de totale maximale aanvoerbehoefte voor een oppervlakte van 21 750 ha, inclusief een permanente doorspoeling van 1,5 m^3.s^{-1}, neer op 5,30 m^3.s^{-1}.
Voor Voorne-Putten volgt als indicatie voor de maatgevende aanvoerbehoefte voor peilbeheersing en doorspoeling uit Tabel 57 een waarde van 1,14 mm.d^{-1} bij T = 35 jaar. De maximale waarde voor de doorspoeling (voorjaar 1978) bedraagt 1,54 mm.d^{-1}. Dit leidt bij een oppervlakte van 17 875 ha, inclusief het stedelijk gebied, bij een permanente doorspoeling van 1,43 m^3.s^{-1}, tot een totale maximale aanvoerbehoefte van 4,62 m^3.s^{-1}.

Voor het beschouwde gebied in de Hoeksche Waard volgt uit Tabel 56 een gemiddelde waarde voor de doorspoeling van 0,1 $l.s^{-1}.ha^{-1}$ of 0,86 $mm.d^{-1}$. Uit een vergelijking van de wateraanvoer voor Voorne-Putten in 1977 op 1 mei in Tabel 55 met die voor de Hoeksche Waard en gebruikmakend van de maximale aanvoer voor doorspoeling op Voorne-Putten van 1,54 $mm.d^{-1}$ is voor de Hoeksche Waard (gedeeltelijk) als maximale waarde 1,23 $mm.d^{-1}$ verkregen. Indien deze waarde wordt omgerekend naar het oppervlak voor peilbeheer (22 400 ha) leidt dit tot 0,72 $mm.d^{-1}$. Deze waarde is lager dan de maatgevende aanvoer voor alleen peilbeheersing, voor W_{35}*: 0,91 $mm.d^{-1}$. In tegenstelling tot Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten is voor de Hoeksche Waard het voorjaar niet maatgevend voor de totale wateraanvoerbehoefte. Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat dit kan worden toegeschreven aan het feit dat een gedeelte van de Hoeksche Waard voor doorspoeling in aanmerking komt. Voor de Hoeksche Waard is derhalve een droge periode beschouwd. Uit Tabel 57 volgt dat voor het jaar 1976, dat bij benadering als maatgevend voor de aanvoer voor peilbeheer kan worden beschouwd, in grootteorde nog rekening dient te worden gehouden met een doorspoeling van 0,2 $mm.d^{-1}$. Omgerekend naar het oppervlak voor peilbeheer komt dit neer op 0,12 $mm.d^{-1}$ of 0,31 $m^3.s^{-1}$.
De totale maatgevende aanvoerbehoefte voor peilbeheersing en doorspoeling op Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en in de Hoeksche Waard is 3,81 $m^3.s^{-1}$ hoger dan alleen de aanvoerbehoefte voor peilbeheersing. Voor het gehele studiegebied is de maatgevende aanvoerbehoefte voor peilbeheersing voor de bodemgebruikssituatie 1983 bij T = 35 jaar: 19,87 $m^3.s^{-1}$ (Tabel 47). Voor de doorspoeling ter bestrijding van de verzilting op Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en de Hoeksche Waard is 3,81 $m^3.s^{-1}$ nodig en de permanente doorspoeling voor het gehele studiegebied bedraagt: 3,04 $m^3.s^{-1}$ (Tabel 42).
De totale maatgevende aanvoerbehoefte bij T = 35 kan worden gesteld op 26,72 $m^3.s^{-1}$.

12.9. CONCLUSIES

- De aanvoerbehoefte voor doorspoeling hangt nauw samen met het maximaal toelaatbare chloridegehalte, dat de diverse bodemgebruiksvor-

men voor beregening vanuit het oppervlaktewater hiervoor stellen aan het oppervlaktewater. Met als uitgangspunten de mate waarin beregening per bodemgebruiksvorm plaatsvindt en de opbrengstwaarde per oppervlakte-eenheid is per watervoorzienigsgebied een gemiddeld chloridegehalte van het oppervlaktewater vastgesteld.

- Het chloridegehalte als normstelling bedraagt voor Goeree-Overflakkee gemiddeld 350 tot 630 mg.l^{-1} en voor Voorne-Putten 230 tot 700 mg.l^{-1}.

- Begin mei dient de kwaliteit van het oppervlaktewater in de meeste jaren (80%) te voldoen aan de normstelling in verband met de aanvang van beregening. In de eerste helft van april dient dan met doorspoelen te worden begonnen. Bij een nat voorjaar kan dit tijdstip later liggen.

- In gebieden met een relatief laag chloridegehalte van het kwelwater (drainagewater) verandert in een droge zomer het chloridegehalte van het oppervlaktewater nauwelijks wanneer de doorspoeling wordt gestopt. Bij een relatief hoog chloridegehalte van het kwelwater treedt in een dergelijke situatie direct een verhoging op. Voor die gebieden is een continue doorspoeling nodig voor het handhaven van de gestelde normen.

- Op Goeree-Overflakkee komen gebieden voor waar, uitgezonderd droge zomers, met een maximale doorspoelingsintensiteit van 0,4 l.s^{-1}.ha^{-1} de kwalitatieve normstelling van het oppervlaktewater niet haalbaar is.

- De maximale aanvoer voor doorspoeling ligt veelal in het vroege voorjaar, in die periode is er nog geen of weining aanvoer voor peilbeheersing. Een vergelijkbare situatie doet zich voor in periode met veel neerslag in de zomer. Voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten bedraagt de maatgevende aanvoerbehoefte voor peilbeheersing en bestrijding van de verzilting in de periode mei t/m augustus 1,1 à 1,2 mm.d^{-1}, bij benadering dus 0,2 mm.d^{-1} hoger dan de aanvoerbehoefte voor alleen peilbeheersing. In het vroege voorjaar bedraagt de aanvoerbehoefte voor doorspoeling 1,5 à 1,6 mm.d^{-1}.

LIJST VAN NOTA'S VAN HET ICW
(betrekking hebbende op het onderzoek in de Zuidhollandse Eilanden en Waarden)

Werkgroep	Notanummer	
I	1664	J.A.J. DE GRAAF, 1985. Bodemfysische interpretatie van de bodemkundige gegevens van het zuidelijk deel van de provincie Zuid-Holland.
II	1864	E.P. QUERNER, 1988. Berekening doorspoelbehoefte voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten voor bestrijding verzilting.
III	1842	K. OOSTINDIE, P.J.T. VAN BAKEL, 1988. Gebruikershandleiding van het model voor peilbeheer HYMUST.
IV	1812	G. SLIJKHUIS, Ph. HAMAKER, 1987. Chlorideconcentraties van de kwel op Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en in de Hoeksche Waard.
V	1815	Ph. HAMAKER, G. SLIJKHUIS, 1987. Water- en zouthuishouding voor twee gebieden op Goeree-Overflakkee tijdens de zomerperioden van 1981 en 1982.
VI	1898	D. SLOTHOUWER, 1988. Het bodemgebruik in 1983 en 2000 in zuidelijk Zuid-Holland.
VII	1896	E. VAN REES VELLINGA, H.T.L. MASSOP, J.G. TE BEEST, 1988. Enkele geohydrologishe eigenschappen van het zuidelijk deel van de provincie Zuid-Holland.
VIII	--	H.T.L. MASSOP, 1988. Infiltratieweerstanden in het zuidelijk deel van de provincie Zuid-Holland.
IX	--	Ph. HAMAKER, 1988. Berekening zoutbelasting polderwateren voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten.
X	--	K.E. WIT, J.G. TE BEEST, 1988. Hydrologisch onderzoek in het zuidelijk deel van Zuid-Holland.

LITERATUUR

BLOEMEN, G.W., 1982. Bodemfysische interpretatie van de bodemkundige gegevens van het zuidelijk Peelgebied. Nota ICW 1374.

BOHEEMEN, P.J.M. VAN, 1977. Verschillen tussen drie berekeningswijzen van de open waterverdamping. Nota ICW 956.

BOHEEMEN, P.J.M. VAN en J.G.S. DE WILDE, 1979. De watervoorziening van land- en tuibouw in het droge jaar 1976. Regionale Studies ICW 15.

BUISHAND, T.A. en C. VELDS, 1980. Neerslag en verdamping. De Bilt: KNMI (Klimaat van Nederland; no. 1).

CBS, 1977. Beregenings-enquête 1976. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg.

CBS, 1984. Landbouwtelling, mei 1983. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg.

CBS, 1984. Bodemstatistiek 1983. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg/Heerlen.

CBS, 1984. Maandstatistiek van de landbouw, augustus 1984, blz. 24-30. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg.

CBS, 1986. Beregenings-enquête 1985. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg.

ERNST, L.F., 1962. Grondwaterstromingen in de verzadigde zone en hun berekening bij aanwezigheid van horizontale evenwijdige open leidingen. Versl. Landbouwk. Onderz. 67, 15. Pudoc, Wageningen.

GRAAF, R. DE, 1978. Onderzoek naar de waterhuishouding, in het bijzonder het waterverbruik bij een teelt van stooktomaten in 1977. Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas. Intern verslag nr. 36.

GRAAF, R. DE, 1979. Onderzoek naar de waterhuishouding, in het bijzonder het waterverbruik bij een teelt van komkommers in 1978. Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas. Intern verslag.

GRAAFF, J.A.J. DE, 1985.Bodemfysische interpretatie van de bodemkundige gegevens van het zuidelijk deel van de provincie Zuid-Holland. Nota ICW 1664.

GRAAFF, J.A.J. DE, 1985a. Fysische interpretatie van de bodemkundige gegevens rondom het Zoommeer. Nota ICW 1655.

HAMAKER, Ph. en R. DE GRAAF, 1978. Onderzoek naar de waterhuishouding bij de teelt van paprika's en komkommers in het najaar. Nota ICW 1030.

HAMAKER, Ph., 1988. Berekening zoutbelasting polderwateren voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten. Nota ICW (in voorbereiding).

HAMAKER, Ph. en G. SLIJKHUIS, 1987. Water- en zouthuishouding voor twee gebieden op Goeree-Overflakkee tijdens de zomerperioden van 1981 en 1982. Nota ICW 1815.

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING, 1979. Kwantitatieve waterbehoefte van de hoogheemraadschappen Delfland en Schieland. Nota ICW 1115.

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING, 1981. Voortgezet onderzoek Kanaal Waddinxveen-Voorburg. Nota ICW 1249.

LAAT, P.J.M. DE, 1980. Model for unsaturated flow above a shallow water table, applied to a regional sub-surface problem. Proefschrift Landbouwhogeschool, 126 pp.

LAAT. P.J.M. DE, 1985. A simulation model for unsaturated flow. Report series no. 16. International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering. 91 pp.

MASSOP, H.T.L., 1988. Infiltratieweerstanden in het zuidelijk deel van de provincie Zuid-Holland. Nota ICW (in voorbereiding).

MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT, 1984. De waterhuishouding van Nederland. Min. van V&W, Den Haag.

MONTFOORT, M.A.J. VAN, 1984. Statistics of Extremes, IHE, Delft.

OOSTINDIE, K. en P.J.T. VAN BAKEL, 1988. Gebruikershandleiding van het model voor peilbeheer HYMUST. Nota ICW 1842.

QUERNER, E.P., 1986. Simulation of flow in surface water systems. Note ICW 1746.

QUERNER, E.P., 1988. Berekening doorspoelbehoefte voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten voor bestrijding verzilting. Nota ICW 1864.

REES VELLINGA, E. VAN, H.T.L. MASSOP en J.G. TE BEEST, 1988. Enkele geohydrologische eigenschappen van het zuidelijk deel van de provincie Zuid-Holland. Nota ICW 1896.

REULING, Th.H.M., 1983. Gebruikshandleiding voor het model LAMOS. Landinrichtingsdienst, Utrecht.

RIJTEMA, P.E. en A.H. RYHINER, 1968. De lysimeters in Nederland (III). Aspecten van verdamping en resultaten van verdampingsonderzoek. Versl. en Meded. Hydrol. Comm. TNO 14: 86-149.

SLIJKHUIS, G. en Ph. HAMAKER, 1987. chlorideconcentraties van de kwel op Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en in de Hoeksche Waard. Nota ICW 1812.

SLOTHOUWER, D., 1988. Het bodemgebruik in 1983 en 2000 in zuidelijk Zuid-Holland. Nota ICW 1898.

STOL, Ph.Th., 1973. Een inleidende nota over stochastische simulatie. Nota ICW 746.

VALK, G.G.M. VAN DER, 1987. Interne mededeling ICW.

WERKGROEP LANDBOUWWATERVOORZIENING ZOMMEER, 1987. Watervoorziening voor de landbouw uit het Zoommeer.

WESSELING, J.G., G.W. BLOEMEN en W.A.J.M. KROONEN, 1984. Computerprogram "CAPSEV" to calculate:
I Soil hydraulic conductivity from grain size distribution
II Steady state waterflow in layered soil profiles.
Nota ICW 1500.

WIT, K.E., 1974. Hydrologisch onderzoek in Midden West-Nederland. Nota ICW 792.

WIT, K.E. en J.G. TE BEEST, 1988. Hydrologisch onderzoek in het zuidelijk deel van Zuid-Holland. Nota ICW (in voorbereiding).

WIT, K.E. en J.G. TE BEEST, 1988a. Berekening van kwelintensiteiten en hydraulische weerstanden. Nota ICW (in voorbereiding).

LIJST VAN BIJLAGEN

Bijlage	1	Overzichtskaart
Bijlage	2	Indeling in deelgebieden op Goeree-Overflakkee
Bijlage	3	Geschematiseerde begrenzing van de waterschappen
Bijlage	4	Ligging van de deelgebieden met geschematiseerde grenzen
Bijlage	5	Bodemgebruik 1983
Bijlage	6a	Lokatiekaart profielen
Bijlage	6b	Profielen
Bijlage	7a	kD-waardenkaart 1e watervoerend pakket
Bijlage	7b	kD-waardenkaart 2e watervoerend pakket
Bijlage	8a	Isohypsenkaart 1e watervoerend pakket (okt.85)
Bijlage	8b	Isohypsenkaart 2e watervoerend pakket (okt.85)
Bijlage	9	Kwel en infiltratie
Bijlage	10	Slootafstanden
Bijlage	11	Polderpeilen (zomer)
Bijlage	12	Afwijking winterpeil
Bijlage	13	Infiltratieweerstanden
Bijlage	14	Chlorideconcentratie kwelwater
Bijlage	15	Schema van de activiteiten met betrekking tot de indeling in bodemfysische eenheden
Bijlage	16	Bodemfysische eenheden, samengesteld uit bijbehorende enkelvoudige en samengestelde kaarteenheden met verschillende ondergronden
Bijlage	17	Bodemfysische eenheden
Bijlage	18	Vakken met beregening, bodemgebruikssituatie 1983, beregening 1985
Bijlage	19	Vakken met beregening, bodemgebruikssituatie 2000
Bijlage	20	Kansverdeling voor het maximum van de wateraanvoerbehoefte W voor peilbeheersing in een zomerhalfjaar volgens een gegeneraliseerde kansverdeling voor de bodemgebruikssituatie 1983, inclusief enkele 90%-betrouwbaarheidsintervallen voor waarden van W bij gegeven waarde van de herhalingsperiode T horizontaal: herhalingsperiode in jaren verticaal: maximale wateraanvoerbehoefte in $m^3.s^{-1}$

Bijlage 21 Afvoer vanuit kavels (lozing), infiltratie/beregening vanuit oppervlaktewater (onttrekking) en chloride-belasting van het oppervlaktewater (belasting) voor de deelgebieden op Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten voor het jaar 1975

Bijlage 22 Afvoer vanuit kavels (lozing), infiltratie/beregening vanuit oppervlaktewater (onttrekking) en chloride-belasting van het oppervlaktewater (belasting) voor de deelgebieden op Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten voor het jaar 1976

Bijlage 23 Afvoer vanuit kavels (lozing), infiltratie/beregening vanuit oppervlaktewater (onttrekking) en chloride-belasting van het oppervlaktewater (belasting) voor de deelgebieden op Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten voor het jaar 1977

Bijlage 24 Afvoer vanuit kavels (lozing), infiltratie/beregening vanuit oppervlaktewater (onttrekking) en chloride-belasting van het oppervlaktewater (belasting) voor de deelgebieden op Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten voor het jaar 1978

Bijlage 25 Afvoer vanuit kavels (lozing), infiltratie/beregening vanuit oppervlaktewater (onttrekking) en chloride-belasting van het oppervlaktewater (belasting) voor de deelgebieden op Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten voor het jaar 1979

Bijlage 26 Afvoer vanuit kavels (lozing), infiltratie/beregening vanuit oppervlaktewater (onttrekking) en chloride-belasting van het oppervlaktewater (belasting) voor de deelgebieden op Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten voor het jaar 1980

Bijlage 27 Schematisatie oppervlaktewater op Goeree-Overflakkee

Bijlage 28 Watervoorzieningsgebieden ten behoeve van peilbeheer en doorspoeling op Goeree-Overflakkee

Bijlage 29 Schematisatie oppervlaktewater op Voorne-Putten

Bijlage 30 Watervoorzieningsgebieden ten behoeve van peilbeheer en doorspoeling op Voorne-Putten