

32/446 (325) 2^e ex.

5

**Een geohydrologische systeembeschrijving van het noordelijke
deel van het herinrichtingsgebied Bergen-Schoorl**

**J.R. Mulder
J. Spoelstra**

Rapport 325

08 SEP. 1995

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1995

+ 4 krt
isn 5-76640P

REFERAAT

Mulder, J.R. en J. Spoelstra, 1995. *Een geohydrologische systeembeschrijving van het noordelijke deel van het herinrichtingsgebied Bergen-Schoorl*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 325; 128 blz.; 24 fig.; 18 tab.; 4 kaarten.

In 1993/94 is een geohydrologische systeembeschrijving van het noordelijk deel van het herinrichtingsgebied Bergen-Schoorl opgesteld op basis van abiotisch onderzoek: geologische opbouw en historische ontwikkeling, bodemopbouw, hoogteligging en geomorfologie, hydrologie en hydrochemie. Er zijn vier geohydrologische systemen onderscheiden: Hondsbossche systeem (zout, Noordzee, duinen en Hondsbossche Vaart); Binnenduinrandstelsysteem (zoet, duinen); Noordhollandsch Kanaalsysteem (vervuild, polders, duinen en Noordhollandsch Kanaal); Weichstelsysteem (gemengd, polders). Het Weichstelsysteem is onderverdeeld in vier subsystemen: Slaperdijksubstelsysteem (gradiënt zoet-brak-zout); Pettemersubstelsysteem (brak-zout); Hargersubstelsysteem (brak-zoet); Groetersubstelsysteem (zoet-brak, deels vervuild).

Trefwoorden: bodem, elektrisch geleidingsvermogen, geologie, geomorfologie, hydrochemie, hydrologie

ISSN 0927-4499

©1995 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)
Postbus 125, 6700 AC Wageningen
Tel.: 08370-74200; telefax: 08370-24812.

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

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

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

Project 4210

(Rap325.HM[AA]/07-95)

Inhoud

	blz.
Woord vooraf	9
Samenvatting	11
1 Inleiding	19
1.1 Doel en opzet van het geohydrologisch onderzoek	19
1.2 Ligging van het gebied	19
1.3 Opzet van het rapport	20
2 Geologische opbouw en historische ontwikkeling	21
2.1 Materialen en methode	21
2.2 Resultaten	21
2.2.1 Pleistoceen	23
2.2.2 Holoceen tot circa 1000 AD	23
2.2.3 Geologische en historische ontwikkeling na circa 1000 AD	25
2.3 Conclusies	30
3 Bodemopbouw	35
3.1 Materialen en methode	35
3.2 Resultaten	35
3.3 Conclusies	38
4 Hoogteligging en geomorfologie	41
4.1 Materialen en methode	41
4.2 Resultaten	41
4.3 Conclusies	43
5 Hydrologie	45
5.1 Agrohydrologie	45
5.1.1 Materialen en methode	45
5.1.2 Resultaten en conclusies	45
5.2 Geohydrologie	46
5.2.1 Materialen en methode	46
5.2.2 Resultaten	49
5.2.2.1 Watervoerende en scheidende pakketten	49
5.2.2.2 Kwel en wegzijging	51
5.2.2.3 Stijghoogten van het ondiepe en diepe grondwater in de buizen van de raaien 1 en 2	54
5.2.3 Conclusies en discussie	65
6 Hydrochemie	67
6.1 Materialen en methode	68
6.1.1 Verwerking van de oppervlakte- en grondwatermonsters met het programma MAIONF	68

6.1.2 Metingen van het elektrisch geleidingsvermogen en de saliniteit	70
6.1.3 Statistische onderbouwing	77
6.2 Resultaten	77
6.2.1 Watertypen	77
6.2.2 Elektrisch geleidingsvermogen en saliniteit	87
6.2.2.1 EC-kaart van het oppervlaktewater van de Leipolder en de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder	87
6.2.2.2 Kwaliteit van het oppervlaktewater van de Groeterpolder en Grootdammerpolder	88
6.2.2.3 EC-kaart van het freatisch grondwater van de Leipolder, Vereenigde Harger- en Pettemerpolder, Groeterpolder en Grootdammerpolder	97
6.2.2.4 EC-waarden van het grondwater in de ondiepe en diepe buizen van de raaien 1 en 2	98
6.2.3 Statistische analyse	99
6.2.3.1 Regressievergelijkingen	99
6.2.3.2 Kaart met chloridegehalten van het grondwater	103
6.2.3.3 Beschrijving van de histogrammen	103
6.3 Conclusies	105
7 Geohydrologische systemen	109
7.1 Hondsbossche systeem	109
7.2 Binnenduinrandstelsysteem	112
7.3 Noordhollandsch Kanaalsysteem	114
7.4 Weichstelsysteem	115
7.4.1 Slaperdijstelsysteem	116
7.4.2 Pettemerstelsysteem	117
7.4.3 Hargerstelsysteem	119
7.4.4 Groetersstelsysteem	120
Literatuur	123
 Tabellen	
1 Stratigrafisch overzicht	24
2 Gemeten grondwaterstanden (cm - mv.) in de periode december 1992-december 1993 in de ondiepe (o) en diepe (d) buizen	48
3 Ligging van de buizen ten opzichte van NAP, zomer- en winterpolderpeilen, bodemcode, zanddiepte, dikte van het afdekkende pakket en de geschatte c-waarden	64
4 Stijghoogten van grondwater in ondiepe (o) en diepe (d) buizen van de raaien 1 en 2 gemeten op 28 februari en 16 juni 1993, en de potentiaalverschillen	64
5 Analyse-uitslagen van het oppervlaktewater in boezems en poldersloten op 01-03-1993	73
6 Analyse-uitslagen van het oppervlaktewater in boezems en poldersloten op 11-08-1993	74
7 Analyse-uitslagen van het grondwater in 6 ondiepe en 6 diepe buizen op 19-08-1993	75

8 Concentraties van de maior-ionen, EC20, IR en pH van de referentiepunten LiAng, LiHDu, AtW, Th en RhL	76
9 Overzicht van het aandeel AtW/LiAng/RhL/Th, AtW/LiAng/Th en de potentiële waterkwaliteit (AtW, LiAng)	78
10 Klassificatie van watertypen naar basenrijkdom en mate van beïnvloeding	79
11 Klassificatie van oppervlakte- en grondwatermonsters uit het noordelijk deel van Bergen-Schoorl	84
12 Klassificatie met toelichting voor alle watermonsters van Bergen-Schoorl	85
13 EC-waarden (mS/m) van het grondwater in de ondiepe (o) en diepe (d) peilbuizen in de periode 26 februari t/m 23 november 1993	89
14 Zoutgehalten (g/l) van het grondwater in de ondiepe (o) en diepe (d) peilbuizen in de periode 26 februari t/m 23 november 1993	90
15 Temperatuur (graden Celcius) van het grondwater in de ondiepe (o) en diepe (d) peilbuizen in de periode 26 februari t/m 23 november 1993	91
16 Regressievergelijkingen tussen een aantal relevante variabelen	100
17 Gemeten en berekende Cl-waarden (met een GENSTAT-rekenprogramma)	102
18a Som van de kationen en anionen van het oppervlaktewater (in meq/l) in maart 1993 (10 monsters)	104
18b Som van de kationen en anionen van het oppervlaktewater (in meq/l) in augustus 1993 (10 monsters)	104

Figuren

1 Ligging van het gebied	22
2 Restveen en Rekere-geulen	27
3 Geologische dwarsdoorsnede van raai 1 (Hondsbossche Zeewering-Campergeest; fig. 5)	31
4 Geologische dwarsdoorsnede van raai 2 (Catrijp-Noordhollandsch Kanaal; fig. 5)	32
5 Ligging van de geologische dwarsdoorsneden 1-1' en 2-2', en van de grondwaterstandsbuizen (ondiep en diep)	33
6 Neerslag bij Petten in 1993	52
7 Vloed- en ebstanden bij Petten in 1993	52
8 Fluctuatie van het grondwater in de periode februari-december 1993 in de ondiepe en diepe peilbuizen 2 t/m 8 van raai 1	56
9 Fluctuatie van het grondwater in de periode februari-december 1993 in de ondiepe en diepe peilbuizen 9 t/m 13 van raai 2	57
10 Fluctuatie van het grondwater ten opzichte van NAP per meetdatum in de ondiepe en diepe peilbuizen van raai 1	58
11 Fluctuatie van het grondwater ten opzichte van NAP per meetdatum in de ondiepe en diepe peilbuizen van raai 2	61
12 Plaats en nummer van de watermonsters	72
13a Grafiek met de referentiepunten LiAng, AtW, RhL en Th, en oppervlaktewatermonsters (op 10-3-1993)	80
13b Grafiek met de referentiepunten LiAng, AtW, RhL en Th, en oppervlaktewatermonsters (op 11-8-1993)	81
14 Grafiek met de referentiepunten LiAng, AtW, RhL en Th, en grondwatermonsters (op 19-8-1993)	82

15 Grafiek met rLiAng-rTh en onderverdeling naar basenrijkdom en vervuilingsgraad	83
16 Gemeten elektrisch geleidingsvermogen (EC) in de periode 26 februari t/m 23 november 1993 in de ondiepe en diepe peilbuizen van raai 1	92
17 Gemeten elektrisch geleidingsvermogen (EC) in de periode 26 februari t/m 23 november 1993 in de ondiepe en diepe peilbuizen van raai 2	94
18 Grafiek met de regressievergelijking tussen EC en Cl99	101
19 Histogrammen van EC	106
20 Histogrammen van sulfaat	106
21 Histogrammen van calcium	107
22 Histogrammen van bicarbonaat	107
23 Histogrammen van chloride	108
24 Histogrammen van de som van kationen en anionen	108

Kaarten

- 1 Kaart met het elektrisch geleidingsvermogen en de saliniteit van het oppervlaktewater
- 2 Kaart met het elektrisch geleidingsvermogen en de saliniteit van het grondwater
- 3 Kaart met chloridegehalten van het grondwater
- 4 Kaart met de geohydrologische systemen, schaal 1 : 25 000

Woord vooraf

In opdracht van de dienst Landinrichting en Beheer Landbouwgronden van de provincie Noord-Holland heeft DLO-Staring Centrum een geohydrologische systeembeschrijving van het noordelijke deel van het herinrichtingsgebied Bergen-Schoorl opgesteld op basis van abiotisch onderzoek. Dit onderzoek werd uitgevoerd in 1993 en 1994 (tot april).

Aan het project werkten mee:

- T.C. van Steenbergen, M.M. van der Werff, E. Kiestra (veldwerk);
- drs. J. Spoelstra, docent Milieukunde aan de Internationale Hogeschool Larensteijn (interpretatie en rapportage waterkwaliteit);
- J.R. Mulder (veldwerk, rapportage, projectleiding).

De organisatorische leiding van het project had het hoofd van de afd. Veldbodemkunde, drs. J.A.M. ten Cate.

Voorts is gebruik gemaakt van de diensten en kennis binnen DLO-Staring Centrum van:

- hoofdafdeling Waterbeheer, afd. Toegepaste hydrologie: J.G. te Beest en ing. Th. L. Massop;
- hoofdafdeling Landschapontwikkeling: dr. J.A. Klijn;
- hoofdafdeling Landinventarisatie en Landevaluatie, afd. Bodem, bos en natuur: drs. R.H. Kemmers en ing. P.C. Jansen;
- hoofdafdeling Milieubescherming, afd. Bodem- en natuurbescherming: dr. ir. W. de Vries.

DLO-Staring Centrum is dank verschuldigd voor de ontvangen medewerking bij de uitvoering van dit onderzoek aan:

- C. ten Haaf van bureau Ten Haaf en Bakker;
- de grondeigenaren en grondbeheerders die onze medewerkers toestemming verleenden om hun grond te betreden en er veldwerk te verrichten.

Samenvatting

In opdracht van de dienst Landinrichting en Beheer Landbouwgronden van de provincie Noord-Holland heeft DLO-Staring Centrum een bodemkundig-hydrologisch onderzoek verricht in het herinrichtingsgebied Bergen-Schoorl (Mulder et al., 1995). Voorts is met het oog op natuurontwikkeling een geohydrologische systeembeschrijving van het noordelijke deel van het herinrichtingsgebied opgesteld op basis van abiotisch onderzoek (dit rapport). Beide onderzoeken werden uitgevoerd in 1993 en 1994 (tot april). De resultaten van beide onderzoeken zullen een functie vervullen bij de planvorming, de evaluatie, de nadere afweging van belangen en de eerste schatting van de herinrichting van het gebied.

Het noordelijke deel van het herinrichtingsgebied Bergen-Schoorl ligt tussen Schoorldam en Petten met aan de westzijde de binnenduinrand van Schoorl, Bregtdorp, Catrijp, Groet, Hargen en Camperduin. Dit gebied omvat de volgende polders: Grootdammerpolder, Groeterpolder, Vereenigde Harger- en Pettemerpolder en Leipolder.

Geologische opbouw en historische ontwikkeling

De pleistocene afzettingen omvatten fluviatiele zanden van de Formatie van Urk/Sterksel, grondmorene en fluvioglaciaal materiaal van de Formatie van Drente, schelphoudende zanden met tussengeschakelde kleilagen van de Eem Formatie en dekzanden van de Formatie van Twente.

De holocene afzettingen behoren tot de Westland Formatie en variëren van grof zand tot zware klei en veen. Het Basisveen bestaat uit een 10-50 cm dikke laag compact veen op een diepte van 15-20 m - NAP, voor zover het niet door latere zee-inbraken is opgeruimd. Aan het eind van het Atlanticum verdween het landschap van Bergen-Schoorl geheel onder zee en werd overwegend zand afgezet. Gedurende het Subboreaal werden strandwallen gevormd, waarachter via het Zeegat van Bergen de sedimentatie onverminderd doorging. In de getijdegeulen kwam overwegend zand tot afzetting en daarbuiten klei, de Afzettingen van Calais IV en Duinkerken 0. Circa 3000 BP verzandde de monding van het Zeegat van Bergen en geraakte geheel Noord-Kennemerland met veen bedekt, het Hollandveen. De kust bouwde zich naar het westen uit en er ontwikkelden zich relatief, vlakke lage duinen, de Oude Duinen.

De bewoning concentreerde zich sinds de 8e/9e eeuw op de strandwallen en oude duinen van Schoorl, Hargen, Camp en Petten. Van daaruit werd het veengebied ontgonnen. Omstreeks 1000 AD ontstond het Zijper Zeegat en kwamen de Rekere-afzettingen tot stand. Over grote oppervlakten werd zware pikklei gesedimenteerd. De bewoners legden dijken, kaden en dammen aan, die herhaaldelijk zijn doorgebroken. Een groot deel van de kust tussen Hargen en Petten is door afslag in de Noordzee verdwenen. De vorming van de Jonge Duinen is na 800 AD begonnen. Ze zijn ten zuiden van Bergen kalkrijk; ten noorden ervan kalkloos.

Bodemopbouw

De bodem van het gebied is opgebouwd uit:

- duin- en strandafzettingen, bestaande uit goed doorlatende, kalkloze zandgronden. Ze zijn onderverdeeld in beekvaag- en beekkeerdgronden, vlakvaag-, gooreerd-, enkeerd- en duinvaaggronden. De relatief hooggelegen enkeerdgronden liggen op Gt VIo, de kwelgevoelige beekkeerd- en beekvaaggronden op Gt IIa.
- oude getij- en lagunaire afzettingen, bestaande uit moerige gronden. Het betreft plaskeerdgronden langs de Hondsbossche Slaperdijk op Gt I en IIa. Ze zijn in het algemeen slecht doorlatend.
- jonge getij- en doorbraakafzettingen, bestaande uit zeekleigronden (Rekere-afzettingen). Ze nemen verreweg de grootste oppervlakte in. Ze zijn onderverdeeld in nesvaag-, drechtvaag- en poldervaaggronden. Op veel plaatsen komen slecht doorlatende pikkleilagen voor. In de Groeterpolder en Grootdammerpolder treffen we poldervaaggronden aan met ingestoven duinzand. De relatief hooggelegen kreek- en rugggronden liggen op Gt VIo, de diepe kommen en afgegraven gronden op Gt IIa.

Hoogteligging en geomorfologie

Het poldergebied helt af van zuidoost naar noordwest van circa 0,5 + NAP tot > 2 m - NAP. De hoogteligging van de binnenduinrand varieert van 0 tot > 5 m + NAP. Het grootste deel van het gebied wordt ingenomen door vlakten en welvingen van getijafzettingen. Daarbinnen komen zee-erosiegeulen en -laagten voor. Langs de binnenduinrand treffen we lage kustduinen en vlakten ontstaan door afgraving en/of egalisatie aan. Nabij de belangrijkste dijken als de Hondsbossche Zeewering, de Oude Schoorlse Zeedijk en de Hondsbossche Slaperdijk zijn laagten door afgraving ontstaan. Lage kaden en dijken vormen de grenzen tussen de verschillende polders.

Grondwatertrappen

De natste gronden liggen op Gt I en IIa, en komen verspreid over het gebied voor. De gronden liggen relatief laag en zijn kwelgevoelig. Gronden met Gt III nemen de grootste oppervlakte in en betreffen voor het nattere deel de pikkleigronden en voor het drogere deel de middelhoge kreek- en oevergronden. Gronden met Gt IVu komen in kleine oppervlakten in de Grootdammerpolder voor. Gt VIo komt verspreid over het gebied voor op de hoogste delen van het landschap.

Geohydrologische opbouw

In het gebied tussen Egmond en Petten treffen we 5 watervoerende pakketten (WVP's) en 11 slecht doorlatende pakketten (SDP's) tot een diepte van circa 300 m - NAP aan. Voor ons onderzoek zijn het afdekkende pakket (SDP -1F), het eerste watervoerende pakket (WVP-1) en de basis daarvan (SDP-1G) het meest belangrijk. Het onderzoeksgebied maakt deel uit van het omvangrijke kwelgebied van Bergen-Schoorl, dat zijn kwelwater ontvangt uit de naastgelegen duinen, de Noordzee, polders en boezemwateren (Noordhollandsch Kanaal en Hondsbossche Vaart). Er zijn twee raaien met ondiepe en diepe peilbuizen uitgezet. Raai 1 loopt van de Hondsbossche Zeewering naar Campergeest en raai 2 van Catrijp naar het Noordhollandsch Kanaal. De meeste buizen lieten een wegzijgingssituatie zien in de winter en herfst van 1993 en een

kwelsituatie in het voorjaar en in de zomer van 1993. Het effect van de grote hoeveelheid neerslag in de zomer kwam pas goed in de maand september tot uiting. Toen vond pas vrijwel over beide raaien wegzijging plaats. De potentiaalverschillen tussen de ondiepe en diepe buizen van raai 2 zijn kleiner dan die van raai 1.

Hydrochemie

De chemische eigenschappen van het water zijn sterk bepalend voor de aard van de potentiële vegetatie. Het doel van het waterkwaliteitsonderzoek was inzicht te krijgen in de grondwaterstromingen. Verspreid over het onderzoeksgebied zijn op 10 plaatsen in maart en augustus 1993 oppervlaktewatermonsters genomen en in laatstgenoemde maand tevens 12 grondwatermonsters, waarvan 6 in ondiepe en 6 in diepe buizen. Via het computerprogramma MAIONF is op basis van de maior-ionen de verwantschap van de watermonsters met de referentiemonsters LiHDu, LiAng, AtW, RhL en Th berekend en hebben wij onze watermonsters getoetst aan de watertypen die Stuyfzand heeft onderscheiden.

In augustus 1993 hebben we in sloten en andere open wateren in de Leipolder en de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder de EC en de saliniteit gemeten en met behulp van het GIS-programma ARC-INFO een gebiedsdekkende EC-kaart (kaart 1) samengesteld. In maart 1994 hebben we in een aantal oppervlaktewateren van de Groeterpolder en Grootdammerpolder EC- en saliniteitsmetingen verricht. Van het gehele onderzoeksgebied is tevens een EC-kaart van het grondwater (kaart 2) samengesteld.

In boorgaten en in ondiepe en diepe buizen hebben we in de periode februari-december 1993 de EC, de saliniteit en de temperatuur van het grondwater gemeten.

Om eventuele verbanden in de verwantschap van Th met EC, EC met Cl, EC met Ca, en LiAng met IR aan te tonen, hebben we met behulp van een Genstat-programma een aantal regressievergelijkingen uitgevoerd en de spreiding in concentraties van de macro-ionen bepaald, die via een aantal histogrammen zijn weergegeven.

Watertypen

Uit het LAT frame blijkt, dat:

- relatief veel punten bij Th voorkomen; dit wijst op hoge zoutgehalten;
- meer monsters van oppervlaktewater in het LAT frame vallen dan monsters van grondwater;
- de monsters van oppervlaktewater van augustus 1993 een sterker atmotroof karakter hebben dan de monsters van maart 1993;
- de meeste grondwatermonsters in het zout-brakke grondwatertype vallen.

Uitkomsten van de EC-metingen

De laagste EC-waarden (30-40 mS/m) van het oppervlaktewater in de Leipolder en de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder, gemeten in augustus 1993, treffen we aan in de sloten van het zuidoostelijke deel van de polder. Hier is de invloed van uittredend duinwater en kwelwater uit de duinen nadrukkelijk aanwezig. De hoogste waarden

(>1500 mS/m) komen voor in de sloten en wateren langs de Hondsbossche Zeewering, waar de Noordzee haar invloed doet gelden. In de sloten van het middengedeelte van de polder treedt vermenging op van zout en zoet water met EC-waarden van 100-400 mS/m. In het noorden speelt tevens zoute kwel vanuit de Hondsbossche Vaart een belangrijke rol.

De sloten in het noordwestelijke deel van de Groeterpolder vertonen tijdens metingen in maart 1994 vrij hoge EC-waarden (200- > 400 mS/m) vanwege de invloed vanuit de Hondsbossche Vaart. In de sloten langs de binnenduinrand komen zeer lage EC-waarden (< 40 mS/m) voor. In het middengedeelte van de Groeterpolder en Grootdammerpolder vertonen de sloten EC-waarden tussen 60 en 100 mS/m. De EC-waarden nemen richting Noordhollandsch Kanaal toe.

Uitgesproken hoge EC-waarden (< 1500 mS/m) in het grondwater treffen we aan in de Leipolder en de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder met name langs de Hondsbossche Zeewering. Tussen Camperduin en Hargen komen zeer lage EC-waarden (< 40 mS/m) voor, terwijl in het middengedeelte vermenging van zoet en zout water optreedt met EC-waarden van 100-400 mS/m en uitschieters tussen 750-1500 mS/m in het gebied ten oosten van 'De Putten'.

De EC-waarden van het grondwater van de Groeterpolder en Grootdammerpolder geven eenzelfde beeld als dat van het oppervlaktewater, namelijk plaatselijk hoge EC-waarden in het noordwesten (60- > 750 mS/m) en lage EC-waarden (30-60 mS/m) langs de binnenduinrand. Langs het Noordhollandsch Kanaal en in het middengedeelte van de beide polders treffen we EC-waarden aan, die variëren tussen 60 en 400 mS/m.

In de ondiepe buizen van raai 1 nemen de EC-waarden vanaf de Hondsbossche Zeewering af van zeer hoog naar zeer laag en geven in de tijd lichte schommelingen. De diepe buizen geven een meer constant beeld.

De EC-waarden van zowel de ondiepe als de diepe peilbuizen van raai 2 zijn vrij constant. We zien een toename van de EC-waarden richting Noordhollandsch Kanaal, die we toeschrijven aan kwel.

Resultaten van het statistische onderzoek

De verklaarde variantie is voor EC met Cl en Ca respectievelijk uitstekend tot goed. De verklaarde variantie voor Th met EC laat te wensen over en die voor IR met LiAng is redelijk. Het blijkt dat vooral in de lagere Cl-gehalten forse verschillen tussen berekende en gemeten Cl voorkomen. Op de chloride-kaart (kaart 3) hebben we de zoete, oligo-, meso- en polyhaliene gebieden aangeven.

Uit de histogrammen blijkt onder meer, dat

- op basis van de EC-metingen het aantal lithotrofe monsters beperkt is;
- in het grondwater veelal hoge bicarbonaat- en sulfaatgehalten worden aangetroffen;
- de zoutgehalten in augustus allemaal iets lager liggen dan in maart; dit kan door verdunning verklaard worden;
- het grondwater hogere zoutgehalten heeft dan het oppervlaktewater.

Conclusies waterkwaliteitsonderzoek

Uit het waterkwaliteitsonderzoek blijkt, dat:

- er een significant verband met een hoge verklaarde variantie tussen EC en CL is;
- er een duidelijke zeewaterinvloed is, waardoor het hoge Ca- gehalte moet worden verklaard (geen grondwaterinvloed);
- het oppervlaktewater in augustus 1993 atmotrofer is dan in maart 1993;
- het grondwater meestal tot het zout-brakke watertype behoort;
- er hoge bicarbonaatgehaltes voorkomen;
- het oppervlaktewater van het regenwatertype altijd sterk beïnvloed is;
- het LAT frame minder goed toepasbaar is bij de bepalingen van de gradiënten atmotroof/lithotroof en atmotroof/polderwater.
- het elektrisch geleidingsvermogen (EC) een uitstekende voorspeller is van zoet/ zout-gradiënten in dit gebied.

Beschrijving van de geohydrologische systemen

Op basis van de verzamelde abiotische gegevens hebben we een geohydrologische systemenkaart (kaart 4) vervaardigd. We hebben de volgende systemen en subsystemen onderscheiden:

- 1 Hondsbossche systeem (zout, Noordzee, duinen en Hondsbossche Vaart);
- 2 Binnenduindrandsysteem (zoet, duinen);
- 3 Noordhollandsch Kanaalsysteem (vervuild, polders, duinen en Noordhollandsch Kanaal);
- 4 Weichsysteem (gemengd, polders):
 - 4.1 Slaperdijksubstelsysteem (zoet-brak-zout);
 - 4.2 Pettemersubstelsysteem (brak-zout);
 - 4.3 Hargersubstelsysteem (brak-zoet);
 - 4.4 Groetersubstelsysteem (zoet-brak, deels vervuild).

Hondsbossche systeem

Het Hondsbossche systeem ontvangt kwelwater vanuit de Noordzee, de duinen en de Hondsbossche Vaart. De dijk van de Hondsbossche Zeewering en het aangrenzende duingebied van Camperduin leveren bijdragen aan de regenwatertoevoer naar dit systeemgebied via 'run off' en 'overflow'. De stroomrichting van het oppervlaktewater verloopt langs de Hondsbossche Zeewering van zuid naar noord en vanaf de Slaperdijk van oost naar west. De gemalen in de Leipolder en aan de Kamperkaai slaan het polderwater uit op de boezem van de Hondsbossche Vaart. Het kwelwater vanuit de Noordzee oefent sterke invloed uit op de waterkwaliteit van het Hondsbossche systeem. Onder invloed van kwel uit de duinen, 'overflow' en 'run off' treedt verdunning op. Het oppervlaktewater (zomer en winter) bestaat uit polderwater met verziltingsverschijnselen; het grondwater bestaat uit zout water. Met name achter de Hondsbossche Zeewering vindt depositie van zout plaats.

Binnenduinrandstelsysteem

Het Binnenduinrandstelsysteem ontvangt kwelwater vanuit de duinen, waarbij 'run off' en 'overflow' belangrijke bijdragen leveren aan de watertoevoer. De stroomrichting van het oppervlaktewater verloopt vanaf de binnenduinrand naar de polders. Op twee plaatsen langs de Tarwedijk staan gemalen die het overtollige polderwater op het Noordhollandsch Kanaal uitslaan. Het kwelwater vanuit de duinen oefent sterke invloed uit op de waterkwaliteit van het binnenduinrandstelsysteem. Zowel het grondwater als het oppervlaktewater hebben een atmotroof karakter. Het oppervlaktewater en het grondwater bestaan uit (kalkarm) duinwater met verzoetingsverschijnselen.

Noordhollandsch Kanaalsysteem

Het gebied ontvangt kwelwater vanuit de polders, duinen en het Noordhollandsch Kanaal, en oefent invloed uit op de waterkwaliteit. Zowel het grondwater als het oppervlaktewater hebben het vervuilde karakter van Rijnwater. Het oppervlaktewater bestaat uit polderwater met verzoetingsverschijnselen en het grondwater uit brak tot zoet water met verzoetingsverschijnselen. Het water van het Noordhollandsch Kanaal bestaat uit boezemwater met verzoetingsverschijnselen.

Weichstelsysteem

Het Weichstelsysteem bestaat uit 4 subsystemen: Slaperdijk-, Pettemer-, Harger- en Groetersubstelsysteem.

Slaperdijksubstelsysteem

Het Slaperdijksubstelsysteem ontvangt kwelwater vanuit de duinen, polders en Hondsbossche Vaart. Vanwege de lage, geïsoleerde ligging speelt neerslag en 'run off' een belangrijke rol in dit substelsysteem. Van zuid naar noord verschuift de kwaliteit zowel van het grondwater als van het oppervlaktewater van uitgesproken zoet naar brak/zout. In het zuiden bestaat het oppervlaktewater uit duinwater met verzoetingsverschijnselen, in het midden uit polderwater met verzoetingsverschijnselen en in het noorden uit polderwater met verziltingsverschijnselen. Het grondwater gaat over van duinwater met verzoetingsverschijnselen in het zuiden naar brak water in het noorden.

Pettemersubstelsysteem

Het Pettemersubstelsysteem ontvangt kwelwater vanuit de Noordzee, de polders en de duinen. Ook het kwelwater vanuit de Hondsbossche Vaart heeft invloed op het Pettemersubstelsysteem. De kwaliteit van het grondwater en het oppervlaktewater wordt sterk beïnvloed door het kwelwater vanuit de Noordzee. Het oppervlaktewater bestaat uit polderwater met verziltingsverschijnselen en het grondwater uit brak water.

Hargersubstysteem

Het Hargersubstysteem ontvangt vooral kwelwater vanuit de duinen en in geringe mate vanuit de Noordzee. De kwaliteit van het grondwater en het oppervlaktewater wordt sterk beïnvloed door het kwelwater vanuit de duinen en door 'run off' en 'overflow', en licht door kwelwater vanuit de Noordzee. Het oppervlaktewater en grondwater bestaan uit duinwater met verzoetingsverschijnselen.

Groetersubstysteem

Het Groetersubstysteem ontvangt vooral kwelwater vanuit de duinen en in geringe mate vanuit het Noordhollandsch Kanaal. Het oppervlaktewater bestaat uit polderwater en duin- en polderwater met verzoetingsverschijnselen en het grondwater uit duinwater met verzoetingsverschijnselen.

1 Inleiding

1.1 Doel en opzet van het geohydrologisch onderzoek

In opdracht van de dienst Landinrichting en Beheer Landbouwgronden van de provincie Noord-Holland te Haarlem heeft DLO-Staring Centrum een geohydrologische systeembeschrijving van het noordelijke deel van het herinrichtingsgebied Bergen-Schoorl opgesteld op basis van abiotisch onderzoek. Het onderzoek hiervoor werd gelijktijdig met dat van de bodemgesteldheid in 1993 en 1994 (tot april) uitgevoerd.

Het doel van het onderzoek in het herinrichtingsgebied Bergen-Schoorl was tweeledig:

- 1 een gedetailleerde bodem- en grondwatertrappenkaart te vervaardigen, schaal 1 : 10 000, van het gehele herinrichtingsgebied, en de gronden te beoordelen op hun geschiktheid voor bloembollenteelt en weidebouw. Uit praktische overwegingen zijn de resultaten van dit onderzoek in een apart rapport vastgelegd (Mulder, Van Steenbergen en Van der Werff, 1995: *De bodemgesteldheid van het herinrichtingsgebied Bergen-Schoorl*, rapport 324);
- 2 een geohydrologisch onderzoek uit te voeren in het noordelijke deel van het herinrichtingsgebied voor toekomstige natuurontwikkelingsplannen (dit rapport).

De resultaten van beide onderzoeken zullen een functie vervullen bij de planvorming, de evaluatie, de nadere afweging van belangen en de schatting van de agrarische ruilwaarde in het gebied. Voorts kan inzicht verworven worden over locaties waar zich gunstige uitgangssituaties voordoen of gecreëerd kunnen worden voor natuurontwikkeling.

1.2 Ligging van het gebied

Het noordelijk deel van het herinrichtingsgebied Bergen-Schoorl ligt tussen Schoorl en Petten (fig. 1)¹ met het Noordhollandsch Kanaal, de Rekerdam en de Oude Schoorlse Zeedijk als oostgrens, het duinencomplex tussen Schoorl en Camperduin als westgrens, en de Noordzee in het noordwesten. Het gebied ligt binnen het grondgebied van de gemeenten Schoorl en Zijpe met de woonkernen Schoorl, Bregtdorp, Catrijp, Groet, Hargen en Camperduin. Het gebied bestaat uit de volgende polders: Leipolder, Vereenigde Harger- en Pettemerpolder, Groeterpolder en Grootdammerpolder. De belangrijkste dammen en dijken zijn de Schoorldam, Tarwedijk, Rekerdam of Krabbendam, Hondsbossche Slaperdijk, Oude Schoorlse Zeedijk en de Hondsbossche Zeewering.

¹ Er heerst een typisch zeeklimaat met een overheersende wind uit het zuidwesten, een jaarlijks gemiddelde temperatuur van lucht en ondiep grondwater van 10 graden Celcius en een jaarlijkse neerslag van 752 mm. Maritieme luchtmassa's overheersen in de periode oktober t/m december en in maart (Stuyfzand, 1989). Dit veroorzaakt met name in de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder depositie van zout.

1.3 Opzet van het rapport

Methoden, resultaten en conclusies van ons onderzoek zijn beschreven en weergegeven in dit rapport en op 4 kaarten. Rapport en kaarten vormen een geheel en vullen elkaar aan. Het is daarom van belang rapport en kaarten gezamenlijk te raadplegen.

Het rapport heeft de volgende opzet. Hoofdstuk 2 geeft informatie over de geologische opbouw en de historische ontwikkeling. In hoofdstuk 3 beschrijven we in het kort de bodemopbouw en in hoofdstuk 4 de hoogteligging en geomorfologie. Hoofdstuk 5 bevat informatie over de agro- en geohydrologie. In hoofdstuk 6 komt de hydrochemie uitgebreid aan de orde zowel van het grondwater als van het oppervlaktewater. Hoofdstuk 7 vormt de geohydrologische systeembeschrijving. De literatuurlijst bevat de geraadpleegde literatuur.

Bij het rapport behoren de volgende 4 kaarten:

- 1 Kaart met het elektrisch geleidingsvermogen en de saliniteit van het oppervlaktewater (gemeten in augustus 1993);
- 2 Kaart met het elektrisch geleidingsvermogen en de saliniteit van het grondwater (gemeten in de periode mei-december 1993);
- 3 Kaart met chloridegehalten van het grondwater;
- 4 Kaart met de geohydrologische systemen, schaal 1 : 25 000.

2 Geologische opbouw en historische ontwikkeling

Het noordelijke deel van Bergen-Schoorl ligt op kaartblad 14 West, waarvan de geologische kaart en toelichting nog niet is verschenen. De bestaande gegevens uit de literatuur en onze eigen waarnemingen geven te weinig houvast om een geologische kaart te vervaardigen. Wel hebben we met behulp van de bodemkaart, schaal 1 : 10 000 (Mulder et al., 1995) het patroon van de voormalige Rekere-geulen kunnen reconstrueren (fig. 2).

2.1 Materialen en methode

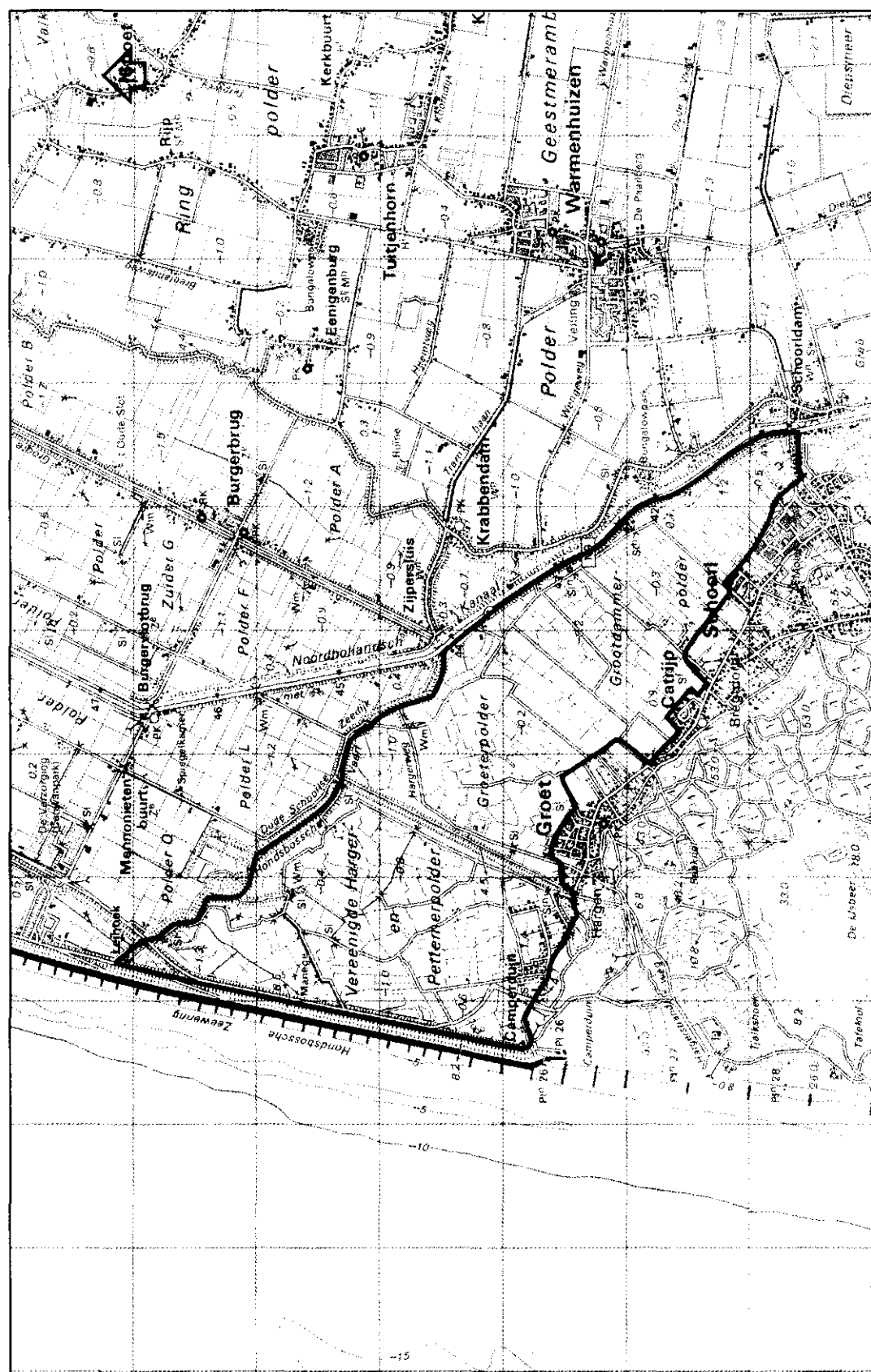
Voor de beschrijving van de geologische opbouw van het noordelijke deel van Bergen-Schoorl hebben we gebruik gemaakt van gegevens van De Mulder en Bosch (1982), De Mulder (1984), Klijn (1981), Mulder et al. (1995), Pons en Van Oosten (1974), Schoorl (1973), Stuyfzand (1989, 1990 en 1993), Westerhoff et al. (1984 en 1987), Zagwijn en Staaldunnen (1975) en Zagwijn (1983).

Over de historische ontwikkelingen na 1000 AD hebben wij de volgende literatuur geraadpleegd: De Cock (1965), Dekker (1991), Edelman (1958 en 1974), Gottschalk (1971, 1975 en 1977), Schilstra (1981) en Westenberg (1974).

Voor de opname van de bodem- en grondwatertrappenkaart, schaal 1 : 10 000 (Mulder et al., 1995) hebben we één boring per ha verricht tot een diepte van 150 cm -mv. Op plaatsen waar we geen veen binnen 150 cm - mv. hebben aangetroffen, is veelal dieper geboord. Hierdoor waren we in staat het patroon van de Rekere-geulen op de bodemkaart aan te geven. Deze informatie is ook van belang voor de geohydrologische systeembeschrijving. Voorts hebben we gebruik gemaakt van de boorgegevens van de diepere buizen (tot 6 m - mv.), die we in twee raaien in de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder (fig. 3) en in de Grootdammerpolder (fig. 4) hebben geplaatst. Van elke raai hebben we een geologische dwarsdoorsnede tot 6 m - mv. samengesteld. Op de boorstaten hebben we de aard en samenstelling van het materiaal genoteerd en daaraan de geologische afzetting gekoppeld. Deze informatie is opgeslagen in de digitale bestanden van het GIS-programma BOPAK (Mulder et al., 1995).

2.2 Resultaten

In dit hoofdstuk besteden we in het kort aandacht aan het voorkomen van de pleistocene afzettingen en meer uitgebreid aan dat van de holocenen afzettingen (zie ook Mulder et al., 1995).



2.2.1 Pleistoceen

De pleistocene afzettingen die vanaf het Vroeg-Saalien tot het Holocene zijn afgezet, behoren tot de Formatie van Urk/Sterksel, de Formatie van Drente, de Eem Formatie, de Formatie van Kreftenheye en de Formatie van Twente (tabel 1).

De *Formatie van Urk/Sterksel* omvat fluviatiele afzettingen (watervoerend pakket), die in ons gebied voornamelijk zijn opgebouwd uit fijnkorrelige zanden en kleilagen (De Mulder, 1984). De onderkant ligt op 75 tot 85 m - NAP.

De *Formatie van Drente* omvat alle afzettingen die direct samenhangen met de landijsbedekking. Het verloop van de boven- en onderkant is zeer grillig. Er worden onder meer grondmorene (slecht doorlatend) en fluvioglaciale afzettingen (veelal goed doorlatend) onderscheiden.

De *Eem Formatie* omvat overwegend mariene/litorale afzettingen, die uit goed doorlatende zanden bestaan met ingeschakelde klei- en leemlagen. In ons gebied varieert de bovenkant van de Eem Formatie van circa 20 tot 30 meter - NAP (Stuyfzand, 1989; Zagwijn, 1983; De Mulder, 1984). In de omgeving van de Hondsbossche Zeewering bevindt zich op de klei- en leemlaag van de Eem Formatie een 1 tot 2,5 m dikke, grove, grindige zandlaag van de *Formatie van Kreftenheye* (De Mulder, 1984).

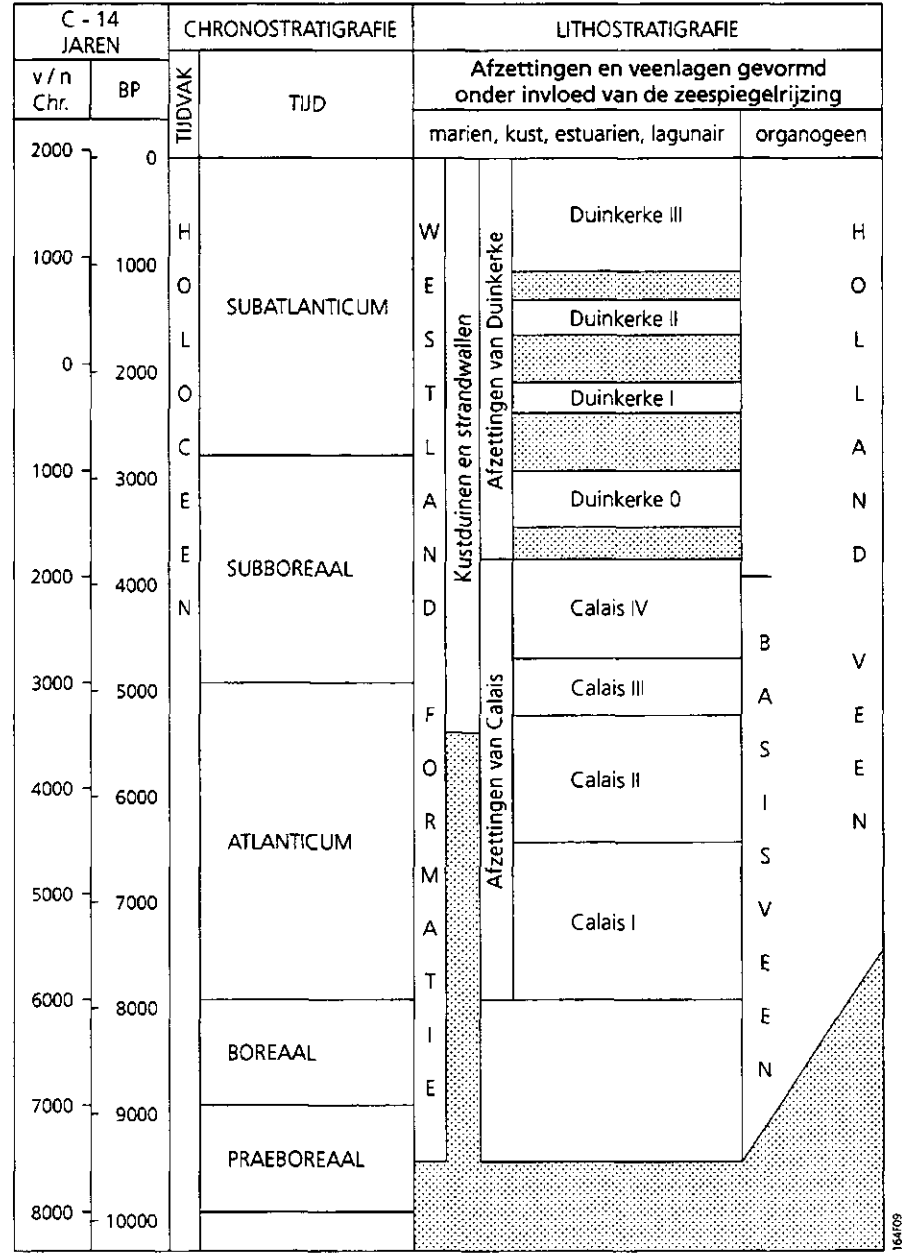
De *Formatie van Twente* bestaat voornamelijk uit dekzanden en lokale rivierafzettingen die gedurende het Weichselien zijn afgezet. De ondergrens van de formatie ligt tussen de 20 en 30 m - NAP. In de omgeving van de Hondsbossche Zeewering begint de Formatie van Twente op een diepte van circa 18 m - NAP. Het onderste pakket bestaat uit een 0,5 tot meer dan 2 m dikke laag leem of klei, waarop een 1 tot 4 à 5 m dik pakket matig fijn, lemig zand voorkomt.

2.2.2 Holocene tot circa 1000 AD

De holocene afzettingen behoren tot de Westland Formatie (tabel 1) en variëren van grof zand tot zware klei en veen. De formatie wordt onderverdeeld in Basisveen, Afzettingen van Calais, Afzettingen van Duinkerken, Duin- en strandafzettingen en Hollandveen.

In het Praeboreaal en Boreaal (circa 8000-6000 v. Chr.) kwam het Basisveen tot ontwikkeling, dat uit een 10-50 cm dikke laag compact veen bestaat. Ter plaatse van de Groeterpolder (Stuyfzand, 1989) komt het Basisveen voor op een diepte van circa 20 m - NAP en in de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder op circa 15 m - NAP. Er bestaat geen eenduidigheid in de literatuur (ICW, 1982; De Mulder, 1984, Stuyfzand, 1989) over de verbreiding van het Basisveen. In de omgeving van de Oude Schoorlse Zeedijk is het Basisveen door latere zee-inbraken opgeruimd (De Mulder, 1984).

Tabel 1 Stratigrafisch overzicht



In het Atlanticum (circa 6000-3000 v. Chr.) ging de veenvorming onverminderd door. Pas aan het eind van het Atlanticum (circa 3500 v. Chr.) verdween het landschap van Bergen-Schoorl geheel onder zee.

In het Subboreaal (circa 3000-900 v. Chr.) ontstonden de strandwallen. Via het Zeegat van Bergen werden de sedimenten van de Afzettingen van Calais IV en Duinkerken 0 afgezet. In ons gebied komen deze (slappe) afzettingen vrijwel overal dieper dan 1,50 cm - mv. voor, behalve in de smalle strook gronden direct ten westen van de Slaperdijk. Daar treffen we ze zelfs binnen 0,40 cm - mv. aan (Mulder et al., 1995; kaart 1, code CkWo). Naar beneden toe wordt het materiaal lichter en kalkrijk. Tussen 4,50 m en 6,00 m - mv. begint meestal het zand. In de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder liggen de sedimenten van de Afzettingen van Calais IV op het Basisveen, voor zover dat niet is opgeruimd (De Mulder, 1984).

Omstreeks 1000 v. Chr. verzandde de monding van het Zeegat van Bergen en raakte geheel Noord-Kennemerland bedekt onder het Hollandveen. De kust bouwde zich verder naar het westen uit. Omstreeks het begin van de jaartelling is het voormalige veengebied van de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder vrij intensief bewoond geweest (Soonius, 1995). Op de veenmosveenkoepels ontsprongen veenstroompjes, die voor de afwatering zorgden. Een belangrijke veenstroom was de Rekere, die later als getijdekreek zou gaan fungeren.

Tussen ongeveer het begin van de jaartelling en 1000 AD ontwikkelden zich bij Schoorl relatief lage, vlakke duinen, de Oude Duinen (Westerhoff et al., 1987). Omstreeks 1000 AD moet de kustlijn bij de Hondsbossche Zeewering 2,5 tot 4 km verder westwaarts hebben gelegen.

2.2.3 Geologische en historische ontwikkeling na circa 1000 AD

Veenontginningen

De bewoning heeft zich sinds de 8e/9e eeuw op de strandwallen en oude duinen van Schoorl, Hargen, Camp en Petten geconcentreerd. De akkers van een nederzetting vormden gezamenlijk een 'geest' (Westenberg, 1974). De enkeerdgronden van Campergeest zijn ontstaan door eeuwenlange bewerking en bemesting (Mulder et al., 1995).

Vanuit de strandwallen en oude duinen hebben de bewoners het uitgestrekte veengebied ontgonnen (De Cock, 1965; Westenberg, 1974). De ontwatering van het veen namen ze ter hand door evenwijdig aan elkaar sloten te graven die op de veenstroompjes van het Rekere-systeem uitkwamen en die op hun beurt het overtollige water afvoerden. Op die manier ontstond een strookvormig verkavelingspatroon. Een groot deel van dit kavelingspatroon is door latere zee-inbraken aangetast met uitzondering van het patroon in de Grootdammerpolder.

Rekere-afzettingen

Omstreeks 1000 na Chr. ontstond tussen Petten en Callantsoog een opening in de kustbarrière (Schoorl, 1973), het Zijper Zeegat. Via het afwateringssysteem van de veenstroom de Rekere, die van Alkmaar ongeveer langs het huidige Noordhollandsch Kanaal via Schoorldam naar het noorden liep, drong het zeewater naar binnen. Daar vermengde het zich met het veenwater, waardoor zoete tot brakke afzettingen (Afzettingen van Duinkerken III) over het veen werden gedeponeerd. De inbraak heeft aanvankelijk onder relatief rustige omstandigheden plaatsgevonden. Over grote oppervlakten is de kenmerkende, zware, kalkloze pikklei afgezet (De Roo, 1953; Mulder et al., 1995).

De veenstroompjes gingen als getijdegeulen fungeren. Er vond (ondiep) erosie plaats van het Hollandveen en van het bovenste pakket van de Afzettingen van Calais IV en Duinkerken 0. Vooral in de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder en Groeterpolder, en direct langs het Noordhollandsch Kanaal hebben we getijdekreken van de Rekere aangetroffen (fig. 2; Mulder et al., 1995, kaart 1). Ze zijn veelal opgevuld met kalkrijke zavel en klei, die plaatselijk schelprijk zijn (Afzettingen van Duinkerken III of Rekere-afzettingen). Lokaal hebben we daar verslagen veen in aangetroffen.

Door de uitbreiding van het Zijpe is kennelijk de stroomsnelheid na een zeer rustige periode toegenomen. Over de pikklei werden lichte sedimenten (zavel) afgezet. Van een zoet tot brak milieu veranderde het landschap in een zout milieu.

Bedijking

Om zich tegen overstromingen vanuit de Rekere te beschermen, hebben de bewoners kaden en dijken aangelegd. Zo kwam langs de binnenduinrand tussen Groet en Schoorl de Oudedijk tot stand. De volgende fase was de aanleg van de Tarwedijk en de Schoorldam, waardoor de Grootdammerpolder en de Groeterpolder werden gevormd. Aangezien in een groot deel van de Grootdammerpolder het strookvormige verkavelingspatroon gehandhaafd is gebleven, lijkt het erop dat de bewoners na het inpolderen bij de herverkaveling zijn uitgegaan van de oorspronkelijke veenontginningsstructuren.

In de Groeterpolder vinden we ten oosten van de Hondsbossche Slaperdijk nog een restant van een oude kade. In deze polder is van het oorspronkelijke, strookvormige verkavelingspatroon weinig over. De invloed van de Rekere is kennelijk in deze polder te groot geweest. Dit geldt evenzeer voor de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder.

De Houtendijk (Oudedijk) en de Nessedijk sluiten aan op de Kamperkaai. Door kustafslag is het grootste deel van de Kamperkaai in de Noordzee verdwenen. De Neskade sluit bij het poldertje 'Het Verdolven End' aan op de Mosterdweg die naar de Hondsbossche Slaperdijk loopt. Deze kade zat vast aan de oude kade aan de westzijde van de Groeterpolder. De Slaperdijk is later aangelegd (16e eeuw) en doorsnijdt dit gebied, dat eertijds Weich werd genoemd (Westenberg, 1974). De Rekerdam of Krabbendam is omstreeks 1264 aangelegd als afsluiting van de Rekere en het Zijper Zeegat. De Oude Schoorlse Zeedijk (van Petten naar de Krabbendam) kwam omstreeks 1422 tot stand. Het westelijke deel van de Oude Schoorlse Zeedijk is in de loop der eeuwen door de Noordzee opgeruimd. De dijk werd aangelegd als bescherming tegen de Zijpe maar werd

ten tijde van de Franse overheersing opzettelijk laag gehouden om bij doorbraak van de Hondsbossche het zeewater naar de Zijpe te kunnen laten wegstromen. Het Zijper Zeegat is in de zestiende eeuw bedijkt en drooggemaakt.

In 1464 werd tussen Petten en Camp de voorloper van de Hondsbossche Zeewering aangelegd, een kleidijk met stuifduinen ervoor. Deze dijk bevond zich veel meer westelijk in de huidige Noordzee. Door stormvloed en werd de zeewering steeds weer teruggelegd (Gottschalk, 1971, 1975 en 1977). In 1977 maakte men een begin met de voorgeschreven verhoging en verzwaring van de Hondsbossche Zeewering. In september 1980 is de dijk op Delta-hoogte gebracht.

De Hondsbossche Slaperdijk strekt zich uit vanaf Hargen tot aan de Oude Schoorlse Zeedijk en is circa 1528 aangelegd. In de uiterste noordpunt van het gebied bevindt zich nog een restant van de Dromerdijk, die omstreeks 1614 is aangelegd.

Dijkdoorbraken

Voor de Verenigde Harger- en Pettemerpolder heeft met dijkdoorbraken te kampen gehad. De Oude Schoorlse Zeedijk, de Reker- of Krabbendam en de Hondsbossche Zeewering zijn herhaaldelijk doorgebroken. We treffen er dijkdoorbraakgronden (overslaggronden) aan. Ze bestaan uit zeer lichte zavel, vermengd met zand (Mulder et al., 1995).

De meeste gronden die direct langs de Hondsbossche Zeewering liggen, zijn afgegraven voor de aanleg en instandhouding van deze zeedijk. Dit geldt tevens voor de plassen van het vogelreservaat 'De Putten'. De smalle strook laaggelegen gronden aan weerszijden van het Jaagpad zijn afgegraven voor de aanleg van de Hondsbossche Slaperdijk. Daar komt het Hollandveen op een aantal plaatsen binnen 40 cm - mv. voor. Daaronder rust slappe rietklei van de Afzettingen van Duinkerken 0 op blauwe, stugge, zware klei van de Afzettingen van Calais IV.

Sinds de 13e/14e eeuw verdween in betrekkelijk korte tijd een groot deel van het kustgebied tussen Hargen en Petten in de Noordzee. In het begin van de 15e eeuw werd een groot deel van de nederzetting Petten door de Noordzee verzwolgen en later ook Camp (Schilstra, 1981).

Vorming van Jonge Duinen en overstuivingen

De vorming van de Jonge Duinen begon na circa 800 AD. Er worden drie belangrijke fasen in de duinvorming onderscheiden namelijk tussen 1000-1300 AD, tussen 1400-1600 AD en gedurende de 19e eeuw (Westerhoff et al., 1987; Klijn, 1981). De Jonge Duinen kenmerken zich door hun grote hoogte (20 tot > 50 m) en het voorkomen van een aantal series paraboolduinen. Deze duinzanden zijn kalkloos.

Gedurende de Rekere-periode is in de Groeterpolder en de Grootdammerpolder duinzand in de getijdekreken ingestoven. We hebben namelijk op verscheidene plaatsen binnen de Rekere-afzettingen een 20 tot meer dan 50 cm dikke laag, kalkloos duinzand aangetroffen. Het duinzand is (bij eb) in de getijdekreken gewaaid en is nadien weer

bedekt met klei en zavel. Op de bodemkaart (kaart 1, Mulder et al., 1995)) hebben we het ingestoven duinzand op de geulafzettingen met een puntraster aangegeven.

Niet alleen natuurlijke omstandigheden hebben geleid tot duinvorming, maar zeker ook menselijke activiteiten, zoals de toename van de landbouw, het ontbossen (o.a. brandhout) en plaggen (Jelles, 1968). De vegetatiedichtheid verminderde en grote delen van het duinzand konden opnieuw gaan verstuiven. Tussen Camperduin en Schoorl is het voormalige klei-op-veen landschap overstoven door duinen. Op de grens van de binnenduintrand en de polders hebben we veelal de Rekere-afzettingen binnen 1,50 m - mv. onder het zand aangetroffen. Op de bodemkaart (kaart 1, Mulder et al., 1995) hebben we de overstoven klei met een horizontale arcering aangegeven.

De verstuiving van duinzanden nabij de Hondsbossche Zeewering werd zelfs gestimuleerd. De bossen op het Hondsbosch werden gekapt om zodoende de smalle zeewering te laten aansterken door aanstuivend duinzand (Schilstra, 1981). In het begin van de 16e eeuw vormden de verstuivingen een bedreiging voor Schoorl. Kostbare landbouwgronden werden door duinzand overstoven en verschaalden.

2.3 Conclusies

De pleistocene afzettingen vanaf het Vroeg-Saalien tot aan het Holoceen bestaan uit fluviatiele afzettingen, afzettingen die samenhangen met de landijsbedekking, mariene/litorale afzettingen en dekzanden. Daarin komen watervoerende en scheidende pakketten voor.

De basis van de holocene afzettingen bestaat uit zeer slecht doorlatend compact veen, het Basisveen (voor zover dat niet is opgeruimd). Het eerste watervoerende pakket bestaat uit kalkrijk, fijn zeezand (Afzettingen van Calais IV), dat is afgedekt door stugge, blauwe, klei (Afzettingen van Calais IV) en slappe rietklei (Afzettingen van Duinkerken 0). Een aanzienlijk deel van het Hollandveen is door erosie van Rekeregeulen (Afzettingen van Duinkerken III) opgeruimd. Over grote oppervlakten is de kenmerkende, zware, kalkloze pikklei afgezet.

Om zich tegen overstromingen vanuit de Rekere te beschermen, hebben de bewoners kaden en dijken aangelegd. De dijken om de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder zijn herhaaldelijk doorgebroken. We treffen er dijkdoorbraakgronden (overslaggronden) aan. Door kustafslag is sinds de 13e/14e eeuw een groot deel van het kustgebied tussen Hargen en Petten in de Noordzee verdwenen.

De vorming van de Jonge Duinen begon na circa 800 AD. Gedurende de Rekere-periode is in de Groeterpolder en de Grootdammerpolder duinzand in de getijdekreeken ingestoven. Tussen Camperduin en Schoorl is het voormalige klei-op-veen landschap overstoven. De duinzanden zijn kalkloos.

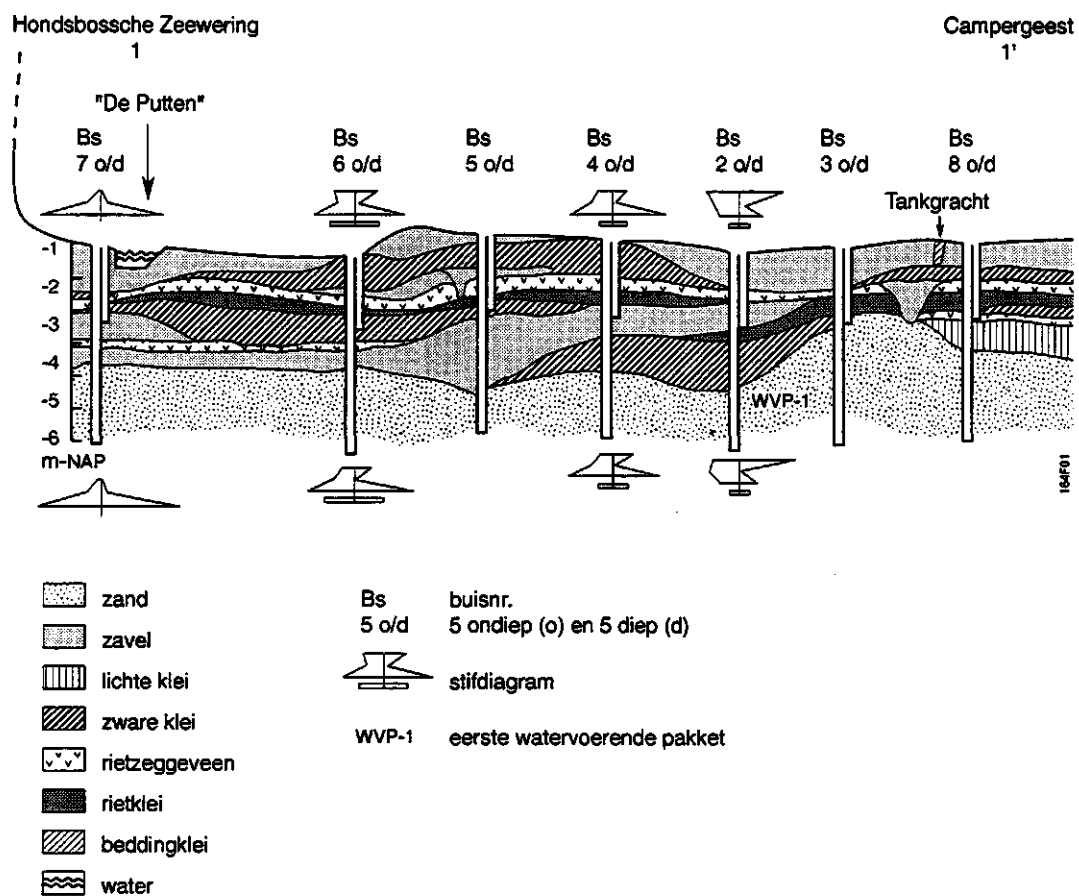


Fig. 3 Geologische dwarsdoorsnede van raai 1 (Hondsbossche Zeewering-Campergeest; fig. 5)

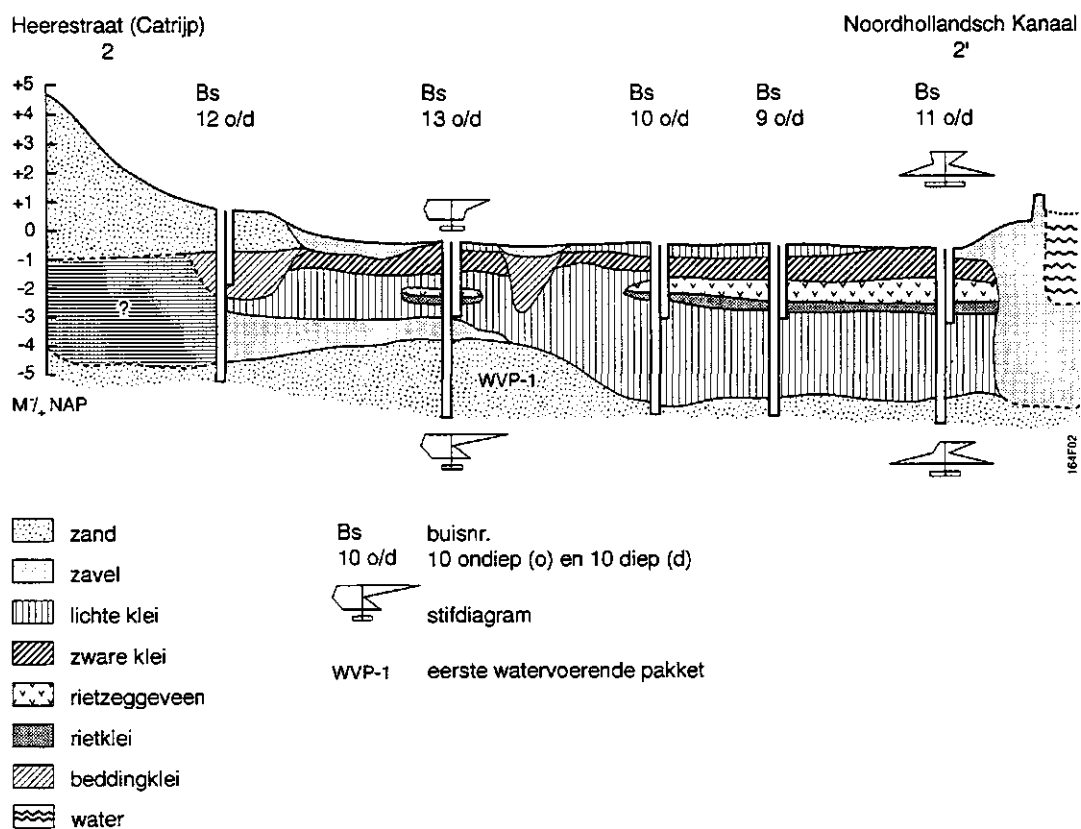


Fig. 4 Geologische dwarsdoorsnede van raai 2 (Catrïjp - Noordhollandsch Kanaal)

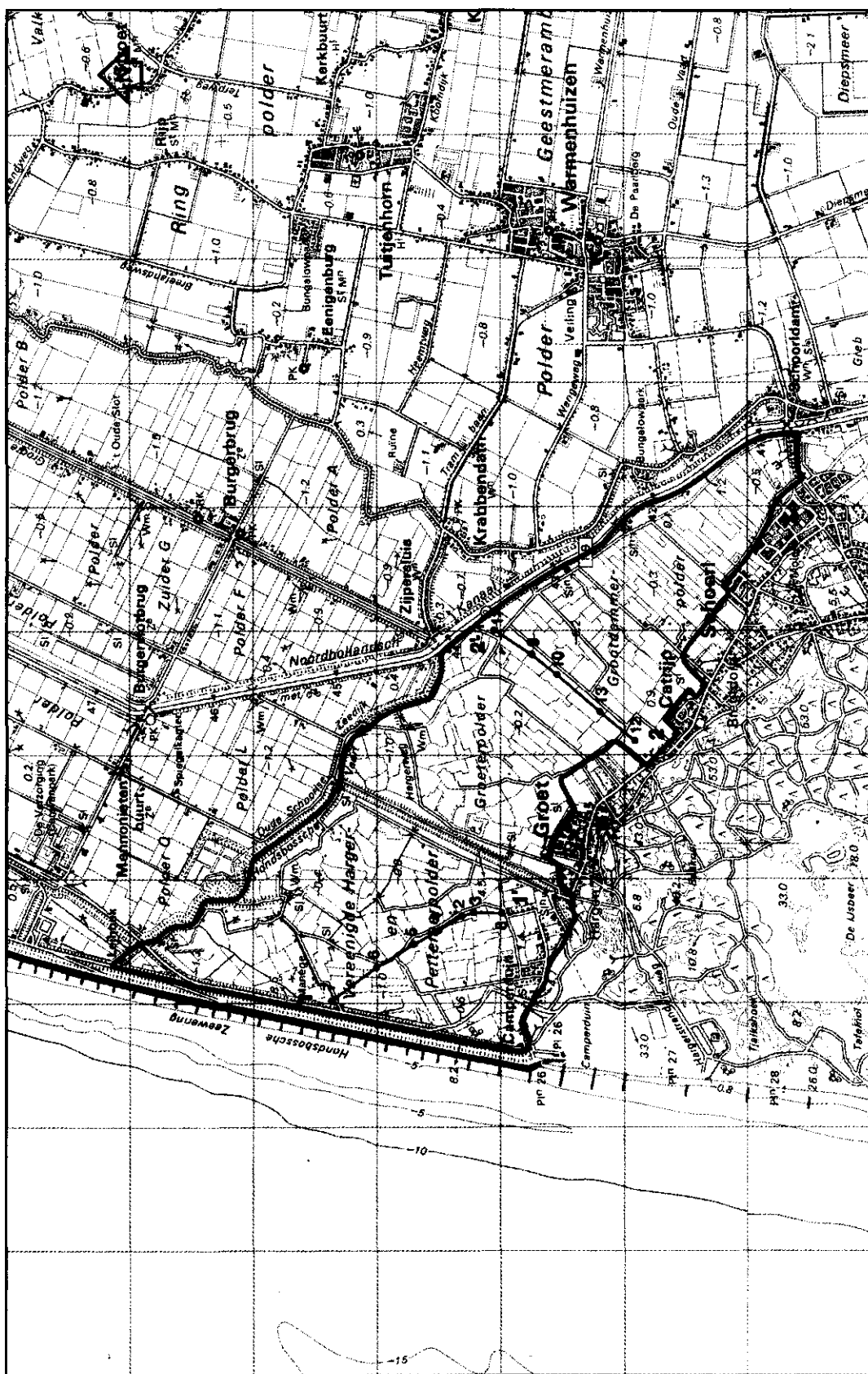


Fig. 5 *Ligging van de geologische dwarsdoorsneden 1-1' en 2-2', en van de grondwaterstandsbuizen (ondiep en diep)*

3 Bodemopbouw

De bodemopbouw van het noordelijke deel van Bergen-Schoorl is weergegeven op de bodemkaart, schaal 1 : 10 000 (kaart 1, Mulder et al., 1995). Met het oog op de geohydrologische systeembeschrijving is voor de bodemkaart een beschrijvende legenda opgesteld met een geologische hoofdingeling. De legenda geeft voorts informatie over de aard en dikte van de boven- en ondergrond, de grondwatertrappen, de aard van de geologische afzettingen en de terreinvorm. Hieronder behandelen we in het kort de bodemopbouw met de grondwatertrappen van het gebied (zie ook par. 5.1). Voor meer uitgebreide informatie over het bodemkundig onderzoek verwijzen wij naar Mulder et al. (1995).

3.1 Materialen en methode

Voor de beschrijving van de bodemopbouw hebben we gebruik gemaakt van gegevens van De Bakker en Schelling (1989), Klijn (1981), Pons (1957), Pons en Van Oosten (1974), De Roo (1953) en Rosing (i.v.).

Voor de opname van de bodem- en grondwatertrappenkaart, schaal 1 : 10 000 (Mulder et al., 1995) hebben we één boring per ha verricht tot een diepte van 1,50 m - mv. Verder is in het veld rekening gehouden met de geologische opzet van de legenda, de geologische afzettingen en de terreinvormen.

3.2 Resultaten

We hebben duin- en strandafzettingen, oude getij- en lagunaire afzettingen, en jonge getij- en doorbraakafzettingen onderscheiden.

Duin- en strandafzettingen

De duin- en strandafzettingen bestaan uit kalkloze zandgronden. Ze zijn onderverdeeld in beekvaag-, beekoord-, vlakvaag-, gooreerd-, enkeerd- en duinvaaggronden. De bovengrond bestaat uit leemarm tot zwak lemig, matig fijn zand. De ondergrond is voornamelijk opgebouwd uit leemarm, matig fijn zand. De zandgronden zijn in het algemeen goed doorlatend. Tussen Camperduin en Hargen komt onder het zand tussen 40 en 80 cm -mv. zavel en/of klei (Rekere-afzettingen) voor. De klei (plaatselijk pikklei) is meestal slecht doorlatend en werkt stagnerend op de verticale waterbeweging. Het goed doorlatende zandpakket fungeert als een watervoerend pakket, waardoor het infiltrerend duinwater over de slecht doorlatende laag naar de polder kan stromen ('*overflow*').

De beekvaag- en beekoordgronden liggen relatief laag, Gt IIa en IIIa. We treffen ze aan op de grens van de binnenduinrand naar de polders. Ze hebben hydromorfe kenmerken (roestvlekken) binnen 35 cm - mv. Dit wijst op kwelinvloed. Vooral de humusarme, leemarme bovengrond van de beekvaaggronden (code SZg50C) is goed doorlatend. De humushoudende, lemige bovengrond van de beekoordgronden (code StZg51C) is vrij goed doorlatend. Tussen Hargen en Camperduin komt in de ondergrond van zowel de beekvaag- als de beekoordgronden zavel en/of klei voor (Rekere-afzettingen). De percelen zijn veelal begreppeld.

De enkeerdgronden (code SEZ50C) bij Campergeest en Hargen, en de duinvaaggronden (code SZd50C) nabij Camperduin liggen relatief hoog, Gt IIIb en VIo. Daar treedt vooral wegzijging op. De gronden zijn goed tot zeer goed doorlatend.

De gooreerdgronden bij Catrijp en de vlakvaaggronden bij Groet, Catrijp en Schoorl nemen zowel in landschappelijk als in bodemkundig-hydrologisch opzicht een tussenpositie in, Gt IIIa, IIIb, IVu en VIo. De gooreerdgronden hebben een matig dikke, humushoudende bovengrond (code ScZn50C), die goed doorlatend is. Bij de vlakvaaggronden (code SZn50C) komt in de ondergrond zavel/en of klei voor (Rekere-afzettingen).

Oude getij- en lagunaire afzettingen

Binnen de oude getij- en lagunaire afzettingen komen in ons gebied alleen moerige gronden voor. Het betreft plaseerdgronden (code CkWo) met Gt Ia en IIa. Ze zijn ontstaan door het afgraven van klei en zavel voor de aanleg van de Hondsbossche Slaperdijk. De bovengrond bestaat uit een kleidek (Rekere-afzettingen), waaronder een laag van 15-40 cm verweerd zegge- en rietzeggeveen (Hollandveen) voorkomt. De ondergrond, die uit slappe rietklei bestaat (Afzettingen van Duinkerken 0), is slecht doorlatend evenals de daaronder voorkomende stugge 'oude blauwe zeeklei' (Afzettingen van Calais IV). De diepere ondergrond bestaat uit kalkrijke zavel. De gronden zijn kwelgevoelig en schieten in natte perioden snel vol met regenwater.

Jonge getij- en doorbraakafzettingen

De jonge getij- en doorbraakafzettingen bestaan uit zeekleigronden (Rekere- en dijkdoorbraakafzettingen). Ze nemen verreweg de grootste oppervlakte van het noordelijke deel van het herinrichtingsgebied in. We hebben er nesvaag-, drechtvaag- en poldervaaggronden aangetroffen. Naar textuur en profielverloop hebben we de gronden verder onderverdeeld. In het algemeen zijn de gronden met profielverloop 2 en 5 goed tot vrij goed doorlatend, afhankelijk van de zwaarte van de bovengrond. De gronden met profielverloop 3 en 4 (pikklei-tussenlaag en -ondergrond) zijn veelal slecht doorlatend. De pikklei werkt stagnerend op de verticale waterbeweging. Bij droge perioden in het groeiseizoen is de kans op verdroging groot. Bij natte perioden schieten de gronden snel vol en kunnen schijngrondwaterspiegels optreden. Gronden met een bovengrond van zware klei (code RMn73) zijn in de zomer veelal goed doorlatend (kortsluiting via scheuren) en in de winter slecht doorlatend (zwellen dicht). De doorlatendheid van de gronden met profielverloop 1 varieert van vrij goed tot slecht, afhankelijk van de textuur van de bovengrond.

De nesvaaggronden komen voor aan de zuidzijde van de smalle strook afgegraven gronden langs de Hondsbossche Slaperdijk (code RMo73C) met Gt IIa en ten oosten van Bregtdorp langs de Houtjeslaan, waar het slechts een klein vlakje betreft (code RMo53C) met Gt IIa. Direct onder de bovengrond bevindt zich een 15-40 cm dikke laag zeer zware klei (pikklei). Plaatselijk bevindt zich onder de pikklei een dun laagje veen (Hollandveen). De ondergrond wordt veelal gevormd door een laag slappe rietklei (Afzettingen van Duinkerken 0) op stugge, blauwe, lichte tot matig zware klei (Afzettingen van Calais IV). De gronden zijn in het algemeen slecht doorlatend.

De drechtnaaggronden komen in de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder voor met Gt IIa en IIIa. De gronden met een bovengrond van lichte zavel (code RMv11) behoren tot de doorbraakafzettingen. De ondergrond bestaat veelal uit vrij goed doorlatende, gelaagde zanden, zavel- en kleibandjes, die op een pakket rietzeggeveen rusten. Bij de gronden met een bovengrond van zware zavel (code RMv31C) en lichte klei (code RMv51C) wordt de ondergrond gevormd door een laag pikklei, die zeer slecht water doorlaat. Het veen begint tussen 40 en 80 cm - mv. en bestaat uit een 50 tot 100 cm dikke laag rietzeggeveen (Hollandveen). Het onderste deel van het veenpakket is opgebouwd uit eutroof rietveen.

De poldervaaggronden beslaan verreweg de grootste oppervlakte van het noordelijke deel van het herinrichtingsgebied. Een aantal percelen zijn verwerkt en geëgaliseerd (toev. .../E). De poldervaaggronden met profielverloop 2 (code RMn12, RMn32 en RMn52) komen voor in de Groeter- en Grootdammerpolder met Gt IIIa en IIIb. De bovengrond bestaat uit respectievelijk lichte zavel, zware zavel en lichte klei. In de ondergrond komt een 20 tot 60 cm dikke laag kalkloos, matig fijn zand (ingestoven duinzand) voor, die tussen 40 en 80 cm - mv. begint. Daaronder bevindt zich veelal kalkrijke, lichte tot zware zavel (Afzettingen van Duinkerken III). Ten westen van de Houtjeslaan loopt het zand door tot dieper dan 150 cm - mv. De gronden zijn in het algemeen goed doorlatend.

De poldervaaggronden met profielverloop 3 en met een lichte bovengrond (code RMn03 en RMn13) komen alleen in de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder voor en betreffen de doorbraak- en kreekruiggronden op pikklei. De bovengrond is veelal gelaagd met zandlenzen en is vrij goed doorlatend. De doorbraakgronden liggen in het algemeen relatief hoog. De overige gronden met profielverloop 3 (RMn33, RMn53 en RMn73) liggen verspreid over het gehele noordelijke deel van Bergen-Schoorl. De ondergrond bestaat uit een 15-40 cm dikke laag kalkloze, matig zware tot zeer zware (pik)klei. De diepere ondergrond kan bestaan uit geulafzettingen van de Rekere met kalkrijke, plaatselijk schelprijke, lichte tot zware zavel of uit een laag rietzeggeveen (Hollandveen) op slappe rietklei (Afzettingen van Duinkerken 0). De gronden komen voor met Gt IIa, IIIa, IIIB en VIo.

De poldervaaggronden met profielverloop 4 (code RMn34) komen in kleine oppervlakten voor in de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder en in de Grootdammerpolder met Gt IIa, IIIa en IIIb. De bovengrond bestaat uit zware zavel, die rust op een 50 tot 80 cm dikke laag kalkloze, matig zware tot zeer zware (pik)klei. Tussen 80 en 150 cm - mv. bevindt zich veelal een 15 tot meer dan 40 cm dikke laag rietzeggeveen (Hollandveen).

De poldervaaggronden met profielverloop 5 en met een lichte bovengrond (code RMn05) betreffen doorbraakgronden met Gt IIIa, IIIb en IIIb. De bovengrond is veelal gelaagd met zandlenzen (vrij goed doorlatend). Ze komen in het noorden van de Verenigde Harger- en Pettemerpolder voor. De overige gronden met profielverloop 5 (code RMn15, RMn35 en RMn55) treffen we verspreid over het gebied aan met Gt IIa, IIIa, IIIb en VIo. De bovengrond bestaat respectievelijk uit matig lichte zavel, zware zavel en lichte klei. Daaronder komt lichte tot zware zavel voor, die doorloopt tot dieper dan 150 cm - mv. (geulafzettingen) of tussen 80 en 150 cm - mv. een 15- > 40 cm dikke laag rietzeggeveen (Hollandveen).

Overige onderscheidingen

In het noordelijk deel van het herinrichtingsgebied komen de volgende overige onderscheidingen voor:

- bebouwing, wegen, sportvelden, campings, enzovoort;
- een sterk opgehoogd terrein ten noordwesten van de Hondsbossche Slaperdijk;
- dijken en kaden, zoals de Hondsbossche Zeewering, Hondsbossche Slaperdijk, Tarwedijk, Houtendijk, Nessedijk en Kamperkaai;
- smalle restbeddingen en duinrellen. Ze bestaan uit ondiepe, geulvormige laagten. De restbeddingen treffen we vooral in de Verenigde Harger- en Pettemerpolder en Groeterpolder aan op percelen die niet zijn geëgaliseerd. De duinrellen vinden we vooral op de zandgronden tussen Hargen en Camperduin;
- voormalige tankgracht/-wering. De voormalige tankgrachten treffen we aan ten westen van Schoorl even ten noorden van de Oudedijk, ten noorden van het natuurgebied 'De Putten' en ten noorden van Camperduin met een tankwering. De tankgrachten zijn na de tweede wereldoorlog grotendeels weer opgevuld met de specie die eruit kwam namelijk zand, klei en veen, maar ook met puin en ander materiaal. De tankgracht ten noorden van de Kamperkaai heeft als stortplaats gefungeerd. Bij Camperduin treffen we nog een restant van een tankwering aan. Bij de opsporing van tankgrachten hebben we gebruik gemaakt van luchtfoto's van de geallieerde luchtmacht uit 1944/45;
- boezems, water en waterlopen, enzovoort;

3.3 Conclusies

De jonge getij- en doorbraakafzettingen bestaan uit zeekleigronden (Rekere-afzettingen) en nemen verreweg de grootste oppervlakte in. Op veel plaatsen hebben we slecht doorlatende pikklei-lagen aangetroffen. In de Groeterpolder en Grootdammerpolder komen poldervaaggronden voor met ingestoven duinzand. De relatief hooggelegen kreekruggronden hebben een Gt VIo, de diepe kommen en afgegraven gronden een Gt IIa.

De duin en strandafzettingen komen langs de binnenduintrand voor en bestaan uit zandgronden, die in het algemeen goed doorlatend zijn. De relatief hooggelegen enkeerdgronden hebben een Gt VIo, de kwelgevoelige beekerd- en beekvaaggronden een Gt IIa. De ondergrond wordt plaatselijk gevormd door klei- en veenlagen, die slecht doorlatend zijn en waarover infiltrerend duinwater de laaggelegen polders instroomt ('*overflow*').

De oude getij- en lagunaire afzettingen nemen een zeer geringe oppervlakte in. Het betreft de moerige gronden (plaseerdgronden) langs de Hondsbossche Slaperdijk met Gt I en IIa. Ze zijn in het algemeen slecht doorlatend.

4 Hoogteligging en geomorfologie

4.1 Materialen en methode

We volstaan in dit rapport met een korte beschrijving van de hoogteligging en geomorfologie, waarbij we gebruik hebben gemaakt van de geomorfologische kaart, schaal 1 : 50 000, kaartblad 14, Medemblik, en van gegevens van Ten Cate en Maarleveld (1977). Tijdens de opname van de bodem- en grondwatertrappenkaart hebben we voorts waarnemingen aan terreinvormen gedaan.

Gegevens over de hoogteligging van het gebied zijn afkomstig van de opdrachtgever, die in het kader van de herinrichting Bergen-Schoorl het gehele gebied in 1993 heeft laten inmeten. Met behulp van het GIS-programma ARC-INFO hebben we van het noordelijke deel van het herinrichtingsgebied een hoogtepuntenkaart gemaakt, waarvan de gegevens zijn gebruikt voor het samenstellen van de geohydrologische systemenkaart (kaart 4). De hoogtepuntenkaart is niet bij dit rapport gevoegd.

4.2 Resultaten

Het noordelijke deel van het herinrichtingsgebied helt af van zuidoost naar noordwest. De hoogteligging van de binnenduinrand varieert van 0 tot meer dan 5 m + NAP, die van de Grootdammerpolder en groot deel van de Groeterpolder van 0,5 m + NAP tot 0,5 m - NAP. Het laagste deel van de Groeterpolder bevindt zich in het noordwesten en varieert in hoogte van 0,5 tot 0,75 m - NAP. Dit geldt tevens voor het grootste deel van de Verenigde Harger- en Pettemerpolder met uitzondering van het noordwestelijke deel en de Leipolder, waarvan de hoogte varieert van 1 m tot > 2 m - NAP.

Het gebied heeft door de activiteiten van de Rekere en door de duinvorming tussen circa 1000 en 1300 AD zijn huidige vorm gekregen. Sinds die periode tot circa 1800 is een aanzienlijk deel van het noordelijke kustgebied door de Noordzee weggeslagen. De volgende terreinvormen komen in het onderzoeksgebied voor:

Lage kustduinen met bijbehorende vlakten en laagten (code 4L7)²

In het uiterste zuidwesten van de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder, op de grens van de binnenduinrand naar de hoge kustduinen bij Camperduin, bevindt zich een smalle strook lage kustduinen op circa 3 - > 5 m + NAP. Ze zijn plaatselijk licht geëgaliseerd en hellen af van zuid naar noord. Op de bodemkaart (kaart 1 in Mulder et al., 1995) hebben we in dit gebied ook duinrellen als overige onderscheiding aangegeven. Het westelijke deel van de lage kustduinen is overwegend als parkeerplaats voor strandtoeristen in gebruik; het oostelijke deel als grasland.

² Voor de verklaring van de codes verwijzen wij naar de legenda van de geomorfologische kaart, schaal 1 : 50 000, kaartblad 14, Medemblik.

Vlakte ontstaan door afgraving en/of egalisatie van duinen (code 2M49)

De binnenduinrand vanaf Camperduin tot voorbij Bregtdorp bestaat uit vlakten die grotendeels zijn geëgaliseerd en plaatselijk zijn afgegraven³. De betreffende eenheid ligt op circa 0-3 m + NAP en helt af van noord naar zuid. Bij Campergeest en Hargen, en tussen Groet en Catrijp maken de geestgronden deel uit van deze eenheid (code SEZ50C en ScZn50C op kaart 1 in Mulder et al., 1995). Voorts treffen we er enkele duinrellen aan, die op de bodemkaart als overige onderscheiding zijn aangegeven. Het bodemgebruik is in hoofdzaak grasland, dat veelal begreppeld is.

Vlakte van getij-afzettingen (code 2M35)

De relatief lage delen van het Rekere-landschap worden ingenomen door vlakten van getij-afzettingen. De eenheid komt verspreid over het gebied voor. In het noordwesten liggen de vlakten van getij-afzettingen op circa 1 tot 2 m - NAP, in de Groeterpolder en Grootdammerpolder op circa 0 tot 0,5 m - NAP. Ze vormen oever- en geulafzettingen van de Rekere, al dan niet rustend op Hollandveen. Ze zijn vrijwel geheel als grasland in gebruik.

Welvingen in getijafzettingen (code 3L20)

De welvingen in getij-afzettingen onderscheiden zich van de hiervoor genoemde eenheid door hun meer geaccidenteerde ligging. Deze wordt grotendeels bepaald door relatief hooggelegen, langgerekte, kronkelende, smalle kreekruigen, geulvormige laagten (restgeultjes) en min of meer ronde kommen van de Rekere-afzettingen, al dan niet rustend op Hollandveen. Het hoogteverschil binnen deze eenheid kan op korte afstand variëren van 0,25 tot meer dan 1 m. De eenheid komt in vrij grote oppervlakten in het gebied voor. De hoogteligging varieert van 0 tot 2,0 m - NAP. De eenheid is vrijwel geheel als grasland in gebruik. Langs de Houtendijk en even ten oosten van de Hondsbossche Slaperdijk in de Groeterpolder komen op deze eenheid twee campings voor.

Zee-erosielaagte (code 3L9)

Langs de Hondsbossche Zeewering en de Oude Schoorlse Zeedijk bevinden zich zee-erosielaagten. Ze zijn ontstaan door doorbraken van beide dijken. Op de bodemkaart (Mulder et al., 1995) hebben we ze als doorbraakafzettingen gekarteerd. De zee-erosielaagten liggen op circa 1 tot 2 m - NAP. Ze zijn als grasland en als natuurgebied in gebruik.

Zee-erosiegeul (code 2R14)

Alleen het gebied tussen de Oude Schoorlse Zeedijk/Krabbendam en de Tarwedijk, en in het noordelijke deel van de Groeterpolder is op de geomorfologische kaart van Kleinsman (1981) als zee-erosiegeul aangegeven. We hebben hier te maken met een hoofdgeul van de Rekere, die in de 13e eeuw door de aanleg van de Krabbendam of Rekerdam buiten werking werd gesteld. De restbedding van dit systeem heeft zich nog tot in de 19e eeuw als een geulvormige laagte in het landschap gemanifesteerd. Nadien is het

³ Het Hargergat, dat buiten het onderzoeksgebied valt, is een voorbeeld van een diepe afgraving, waarvan het gewonnen zand werd gebruikt voor de glasindustrie.

Noordhollandsch Kanaal erin gegraven. Nadat de Groeterpolder door de aanleg van de Tarwedijk was ingepolderd, is de sedimentatie langs en in het hoofdsysteem van de Rekere doorgegaan tot aan het tijdstip van afdamming. Vanwege de kaartschaal (1 : 50 000) is het patroon van zee-erosiegeulen op deze kaart beperkt aangegeven. Op de bodemkaart, schaal 1 : 10 000 (kaart 1, Mulder et al., 1995) en op fig. 2 van dit rapport zijn de erosiegeulen van de Rekere aangegeven.

Laagte ontstaan door afgraving (code 3N8)

Laagten ontstaan door afgraving komen in hoofdzaak voor in smalle stroken langs de Hondsbossche Zeewering en langs de gehele westkant van de Hondsbossche Slaperdijk. Voorts is het poldertje 'Het Verdolven End' ten zuiden van de Oude Schoorlse Zeedijk door afgraving ontstaan. Dit poldertje vormt een aparte afwateringseenheid. De zavel en klei is gebruikt voor de aanleg en herstel van bovengenoemde dijken. De hoogteligging varieert van 1 tot 1,5 m - NAP.

Lage storthopen (code 4L22)

In het uiterste noorden van het gebied langs de Hondsbossche Zeewering komt een gebiedje voor, waar klei is opgetast. Op de bodemkaart (kaart 1, Mulder et al., 1995) is deze storthoop aangegeven, evenals het opgehoogde terrein, dat zich ten westen van de Hondsbossche Slaperdijk langs de Oude Hondsbossche Vaart bevindt.

Antropogene terreinvormen zoals dijken, kaden, wateren, wegen, enzovoort

De Hondsbossche Zeewering (circa 11 m + NAP), de Hondsbossche Slaperdijk (circa 5 m + NAP) en de Oude Schoorlse Zeedijk (circa 4 m + NAP) bepalen in hoge mate het landschappelijke beeld van de noordelijke polders van Bergen-Schoorl. In de Leipolder bevindt zich nog een restant van de Dromerdijk. In de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder treffen we lage kaden en dijken aan zoals de Kamperkaai, de Houtendijk en de Nessedijk. De Groeterpolder en de Grootdammerpolder worden begrensd door de Tarwedijk (of Hoge Weg) in het oosten, de Schoorldam in het zuiden en de Oudedijk langs de binnenduinrand. Voorts komt een aantal boezemvaarten voor die begrensd worden door kaden zoals de Catrijpermoor in de Grootdammerpolder en de Molensloot in de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder. Het Noordhollandsch Kanaal, de Hondsbossche Vaart en de gegraven plas 'De Putten' met een aantal doorbraakkolken vormen de belangrijkste wateren binnen het gebied. De Hondsbossche Weg (van Camperduin naar Petten), de Kleiweg en het Jaagpad in de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder, en de Hargerweg, Breelaan, Smeerlaan en Houtjeslaan in de Groeterpolder en Grootdammerpolder zijn de belangrijkste wegen.

4.3 Conclusies

De hoogteligging van de gronden aan de binnenduinrand varieert van 0 tot > 5 m + NAP. Het poldergebied helt af van zuidoost naar noordwest van circa 0,5 + NAP tot > 2 m - NAP. Het grootste deel van het gebied wordt ingenomen door vlakten van en

welvingen in getij-afzettingen. Daarbinnen komen zee-erosiegeulen en -laagten voor. Langs de Hondsbossche Zeewering, de Oude Schoorlse Zeedijk en de Hondsbossche Slaperdijk zijn laagten door afgraving ontstaan. De binnenduinrand wordt gevormd door lage kustduinen en vlakten ontstaan door afgraving en/of egalisatie. De Hondsbossche Zeewering, de Hondsbossche Slaperdijk en de Oude Schoorlse Zeedijk bepalen in hoge mate het landschappelijke beeld van het gebied. Lage kaden en dijken vormen de grenzen tussen de verschillende polders. Belangrijke wateren zijn het Noordhollandsch Kanaal, de gegraven plas 'De Putten' en een aantal doorbraakkolken. Belangrijke wegen zijn de Hondsbossche Weg, Hargerweg, Breelaan, Smeerlaan en Houtjeslaan.

5 Hydrologie

Het hydrologisch onderzoek bestaat uit twee delen: het agrohydrologisch en het geohydrologisch onderzoek. Deze splitsing is gemaakt om een duidelijke scheiding aan te brengen in onderzoek naar het grondwaterstandsverloop (het freatisch grondwater) en naar de diepere grondwaterstromingen.

5.1 Agrohydrologie

Het agrohydrologisch onderzoek omvat het in kaart brengen van het grondwaterstandsverloop. Hiertoe worden indelingen in grondwaterstandsverlopen gemaakt (grondwatertrappen), grondwaterstandsmetingen verricht en kaartvlakken onderscheiden. De grondwatertrappen zijn weergegeven op de grondwatertrappenkaart, schaal 1 : 10 000 (kaart 2, Mulder et al., 1995). In de volgende paragrafen behandelen we in het kort het grondwaterstandsverloop (zie ook hoofdstuk 3).

5.1.1 Materialen en methode

Voor het agrohydrologisch onderzoek hebben we gebruik gemaakt van gegevens van De Gruijter en Van der Sluijs (1985) en Rosing (i.v.). De grondwatertrappen zijn afgeleid uit profielkenmerken, veldkenmerken, landschappelijke en topografische kenmerken (zoals maaiveldsligging, reliëf, slootwaterstanden, vegetatie en bodemgebruik). Voor de toetsing van de schattingen hebben we metingen gedaan in peilbuizen. Voor meer uitgebreide informatie over het grondwaterstandsverloop verwijzen we naar Mulder et al. (1995).

5.1.2 Resultaten en conclusies

De natste gronden in het onderzoeksgebied liggen op Gt Ia en IIa en komen verspreid over het gebied voor. De gronden liggen relatief laag, zijn kwelgevoelig en hebben een geringe fluctuatie tussen 0 en 80 cm - mv. Gt IIa treffen we onder meer verspreid aan langs de binnenduinrand tussen Camperduin en Schoorldam, op afgegraven terreinen langs de Hondsbossche Zeewering (o.a. ten noorden van 'De Putten') en langs de Oude Schoorlse Zeedijk ('Het Verdolven End'), en een smalle strook grond direct ten westen van de Hondsbossche Slaperdijk. In de laagste delen van deze strook gronden komt Gt Ia voor met een fluctuatie tussen 0 en 50 cm - mv.

Gronden met Gt III nemen de grootste oppervlakte in. Het nattere deel (Gt IIIa) varieert in fluctuatie tussen de 5 en 100 cm - mv., het drogere deel tussen 25 en 120 cm - mv.

Gt IIIa komt vooral voor bij gronden met een pikkleibovengrond en/of tussenlaag, Gt IIIb vooral bij de middelhoge kreekrug- en oevergronden.

Gronden met Gt IVu komen alleen in de Grootdammerpolder voor. Ze hebben een vrij geringe fluctuatie namelijk tussen 40 en 100 cm - mv. Het betreft kreekrug- en oevergronden (poldervaaggronden) en een klein vlakje met zandgronden (vlakvaaggronden) bij Catrijp.

Gt VIo komt verspreid over het gebied voor en wel op de hoogste delen van het landschap. Het grondwater fluctueert tussen 40 en 150 cm - mv. Langs de binnenduinrand betreft het de vrij hooggelegen zandgronden (met name de enkeerdgronden en duinvaaggronden) en in de polders vooral de kreekrug- en oevergronden (poldervaaggronden).

5.2 Geohydrologie

Doel van het geohydrologisch onderzoek was inzicht te krijgen in de grondwaterstromingen (paragraaf 5.2 en de hoofdstukken 6: hydrochemie en 7: geohydrologische systemen). Onderscheiden worden:

- ondiepe stromingssystemen;
- middeldiepe stromingssystemen;
- diepe stromingssystemen.

Bij ondiepe stromingssystemen liggen kwel- en wegzijgingsgebieden direct naast elkaar. Zij staan meestal via freatisch grondwater met elkaar in contact. Bij middeldiepe en diepe systemen zijn kwel- en wegzijgingsgebieden niet direct naast elkaar gelegen, maar met elkaar verbonden via respectievelijk het eerste en tweede watervoerende pakket (WVP 1 en 2).

De hydrologische situatie van het herinrichtingsgebied wordt in belangrijke mate bepaald door de hoeveelheid uittredend duinwater, het verschil in geologische sediment, de hoeveelheid regenwater en de invloedssfeer van het Noordhollandsch Kanaal- en het Noordzeewater.

In dit rapport beperken we ons tot de grondwatersystemen in het bovenste afdekkende pakket (SDP 1) en het eerste watervoerende pakket (WVP 1). Over de diepere grondwatersystemen is in dit gebied onvoldoende bekend. Bovendien heerst er onduidelijkheid in de literatuur (ICW 1982; De Mulder 1984) over het al dan niet voorkomen van het zeer slecht doorlatende Basisveen in het onderzochte gebied.

5.2.1 Materialen en methode

Bij de beschrijving van de geohydrologie hebben we gebruik gemaakt van gegevens van Bakker et al. (1979 en 1981), Bakker en Slings (1993), Beltman en Kost (1952), Van der Goes et al. (1986), ICW (1982), Kemmers (1993), KNMI (1972 en 1994/1995), De Mulder (1984), Provincie Noord-Holland (1990), Stuyfzand (1989, 1990 en 1993),

Stuyfzand en Bol (1991), Vademecum (1988), Westerhoff et al. (1987), Witt en Wit (1982) en Zomer et al. (1992).

Het onderzoek naar de geohydrologie bestaat uit de volgende onderdelen:

- vergelijking van het grondwaterstandsverloop in ondiepe en diepe peilbuizen langs twee raaien;
- vergelijking van de waterkwaliteit uit ondiepe en diepe peilbuizen, en oppervlaktewater (hoofdstuk 6);
- het interpreteren van de gegevens.

Op verzoek van de opdrachtgever hebben we in twee raaien zowel ondiepe als diepe peilbuizen (fig. 5) geplaatst, namelijk raai 1 Hondsbossche Zeewering-Campergeest in de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder en raai 2 Catrijp-Noordhollandsch Kanaal in de Groeterpolder. De ondiepe buizen zijn geheel geperforeerd en reiken tot circa 2 m - mv. in de klei van de Afzettingen van Duinkerken 0 en Calais IV, die deel uitmaakt van het afdekkend pakket. De fluctuaties in de ondiepe peilbuizen verschaffen inzicht in de ondiepe grondwatersystemen ⁴. De diepe buizen (potentiaalbuizen) zijn op circa 1 meter afstand van de ondiepe buizen geplaatst en reiken tot circa 6 m - mv. met het begin van het filter op circa 5 m diepte in het zand van het eerste watervoerende pakket. De diepe buizen in combinatie met de ondiepe buizen geven informatie over de middel-diepe systemen.

De ondiepe- en diepe peilbuizen 2o en 2d t/m 8o en 8d vormen raai 1 (fig. 5). Ze zijn geplaatst om inzicht te krijgen in kwelstromen vanuit de Noordzee en de duinen. De buizen 9o en 9d t/m 13o en 13d in raai 2 (fig. 5) zijn geplaatst om inzicht te krijgen in kwelstromen vanuit de duinen en het Noordhollandsch Kanaal.

De peilbuizen zijn tijdens de hoogtemeting van geheel Bergen-Schoorl in 1993 ingemeten ten opzichte van NAP. De fluctuaties van het grondwater in de ondiepe en diepe buizen is gemeten vanaf december 1992 tot en met november 1993 (tabel 2) ⁵.

Via een Genstat-programma hebben we de meetgegevens van de fluctuaties in de ondiepe en diepe peilbuizen in twee series grafieken uitgezet.

Over de diepe systemen (tweede watervoerende pakket en dieper) hebben we literatuurgegevens verzameld. Deze systemen komen in dit rapport summier aan de orde.

Voorts hebben we gebruik gemaakt van gegevens over de getijdebeweging van de Noordzee in 1993 en de neerslag- en verdampingsgegevens over die periode (KNMI, 1994). Het waterschap 'De Lange Rond' in Alkmaar verstrekke gegevens over de verschillende polderpeilen in de zomer en winter, en over de bemaling.

⁴ Een isohypsenkaart van het freatisch en diepe grondwater in het onderzochte gebied is niet gemaakt vanwege het beperkt aantal beschikbare grondwaterstandsbuizen, die bovendien in twee raaien zijn uitgezet. Evenmin was het mogelijk om een gerichte momentopname naar de GLG uit te voeren vanwege overvloedige regenval in de periode juni - oktober 1993. De grondwaterstanden in de ondiepe peilbuizen hebben in de zomer van 1993 de stand van de GLG niet benaderd. Voor informatie over isohypsen van stijghoogten in WVP 1, 2 en 3 verwijzen wij naar Stuyfzand (1989).

⁵ Tegelijkertijd hebben we in de buizen EC-, saliniteit- en temperatuurmetingen (tabel 13, 14 en 15) verricht (zie hoofdstuk 6).

Tabel 2 Gemeten grondwaterstanden (cm - mv.) in de periode december 1992-december 1993 in de ondiepe (o) en diepe (d) buizen

Buis- nr.	Datum																									
	1992	1993																								
	17/12	30/12	15/01	28/01	12/02	26/02	12/03	26/03	14/04	28/04	14/05	04/06	14/06	28/06	16/07	28/07	20/08	30/08	14/09	29/09	20/10	09/11	23/11			
2o	20	55	32	29	40	30	53	65	60	62	*	68	75	80	73	60	53	58	14	17	26	45	22			
2d	*	55	40	40	53	42	55	58	51	53	*	60	60	66	59	50	44	50	25	29	38	52	34			
3o	40	58	42	42	57	47	60	68	53	55	*	55	65	69	65	50	45	45	15	21	36	48	32			
3d	*	54	40	42	55	47	55	60	50	53	*	52	63	65	59	46	42	48	25	24	36	46	42			
4o	10	30	16	20	27	23	33	37	30	35	36	25	36	42	30	24	24	25	10	12	10	21	14			
4d	*	23	10	6	9	6	13	13	11	10	18	12	21	20	25	19	9	10	10	12	0	8	10			
5o	35	50	30	33	45	34	53	61	62	62	*	70	78	87	82	74	62	67	30	17	30	48	27			
5d	*	60	42	42	52	47	57	61	58	60	*	58	65	70	71	62	54	58	45	35	48	54	44			
6o	12	33	12	21	36	20	35	45	43	51	*	*	72	79	73	60	54	63	20	15	9	30	10			
6d	*	75	27	26	30	25	35	40	40	36	*	*	50	53	56	39	36	46	40	30	28	36	30			
7o	12	50	15	30	41	30	54	28	53	60	68	57	69	68	36	52	56	64	10	15	10	40	10			
7d	*	50	26	6	30	30	28	60	27	39	30	40	35	40	34	30	35	48	47	37	27	36	27			
8o	12	45	13	34	50	45	57	70	70	75	80	82	95	102	95	97	87	90	50	10	26	50	22			
8d	*	70	50	58	70	62	70	75	65	75	70	75	82	82	78	86	68	73	54	55	48	48	50			
9o	35	55	40	47	50	50	55	70	65	71	78	*	92	98	79	90	82	88	35	34	36	51	36			
9d	*	*	52	47	50	47	56	73	65	71	80	*	87	92	103	88	80	80	57	38	36	42	42			
10o	17	48	20	32	39	31	49	60	57	60	72	*	85	91	98	90	81	81	10	15	23	42	10			
10d	*	*	35	28	37	31	37	57	55	42	68	*	77	83	100	90	81	79	10	25	18	31	33			
11o	30	48	32	39	47	45	53	62	66	70	73	75	80	83	95	88	80	66	38	28	25	42	18			
11d	*	*	32	35	47	37	48	57	55	60	58	*	65	65	70	65	65	75	55	*	25	42	28			
12o	40	50	37	39	49	44	55	60	55	55	55	41	37	30	18	40	38	47	15	27	20	20	22			
12d	*	71	48	48	60	52	59	67	62	65	60	70	62	69	61	58	62	65	40	29	38	48	36			
13o	20	36	22	27	35	31	40	50	41	51	48	57	68	71	56	50	50	53	11	14	26	32	14			
13d	*	*	19	25	33	26	35	46	36	45	45	54	62	62	64	48	45	50	20	19	19	29	19			

5.2.2 Resultaten

Hieronder geven we een beschrijving van de voorkomende watervoerende en scheidende pakketten (par. 5.2.2.1). In paragraaf 5.2.2.2 behandelen we de kwel en wegzijging in het gebied. In paragraaf 5.2.2.3 vergelijken we de stijghoogten in de buizen van de raaien 1 en 2.

5.2.2.1 Watervoerende en scheidende pakketten

Stuyfzand (1989) onderscheidt in het gebied tussen Egmond en Petten 5 WVP's (watervoerende pakketten) en 11 SDP's (slecht doorlatende pakketten) tot een diepte van circa 300 m - NAP. De situatie op grotere diepte dan 150 m - NAP is onduidelijk door gebrek aan voldoende boringen. Een echte hydrologische basis⁶ (Formatie van Oosterhout) lijkt tot tenminste 350 m - NAP afwezig.

Bij matig slecht doorlatende pakketten bedraagt de c-waarde (hydraulische weerstand) minder dan 1000 dagen, bij slecht doorlatende pakketten veelal meer dan 1000 dagen. De kD-waarde van het 1e watervoerende pakket (WVP-1) varieert van 100 tot 1000 m²/dag (Westerhoff et al., 1987). De dikte van dit pakket varieert in het onderzoeksgebied van enkele meters tot meer dan 20 m. Dit betekent dat voor de doorlaatfactor k-waarden kunnen worden aangehouden, die variëren van 5 tot 30 m per dag (Westerhoff et al., 1987). Voor WVP-2 bedraagt de doorlaatfactor k gemiddeld circa 20 m/dag met een kD-waarde, die varieert van 1000 m²/dag tot 3600 m²/dag. WVP-3 (Formatie van Harderwijk) overtreft alle watervoerende pakketten, namelijk een doorlaatvermogen tot 11000 m²/dag met een k-waarde van gemiddeld 40 tot 50 m/dag. WVP-4 (Formatie van Maassluis) heeft een betrekkelijk geringe kD-waarde van circa 600 m²/dag. In het gebied komen de volgende geohydrologische pakketten⁷ voor.

WVP-1 is opgebouwd uit afzettingen van de Westland Formatie met een k-waarde van 5-30 m/d. Tot dit watervoerende pakket behoren niet alleen de mariene zanden van de Afzettingen van Calais IV, maar ook de duinzanden van de binnenduinstrand en de lage kustduinen bij Camperduin. De laatstgenoemde zanden reiken tot aan het maaiveld.

⁶ De hydrologische basis wordt gevormd door een bijzondere scheidende laag van waaronder geen invloed meer wordt uitgeoefend op de grondwaterstromingen bij het maaiveld. Watervoerende pakketten (WVP) of aquifers bestaan meestal uit grofzandige lagen waarin overwegend horizontale grondwaterstroming plaatsvindt. Het afdekkend pakket en scheidende lagen (SDP) of aquitards bestaan uit klei-, veen- en/of fijnzandige lagen, die in meer of mindere mate aaneengesloten zijn en waarin hoofdzakelijk een verticale stroming plaats vindt.

⁷ Bij Groet komt het volgende diepe profiel (in m +/- NAP) voor (Stuyfzand, 1989):

5+	- 0	kalkloos duin- en strandzand
0	- 15	Laag van Velsen (SDP) afgedekt met jongere klei
15	- 15.50	Basisveen
15.50	- 25.00	Formatie van Twente met daarin fijnzandige lagen (SDP)
25.00	- 55.00	Formatie van Drente (zand)
55.00	- 80.00	Formatie van Enschede (zand gelaagd met kleilenzen)
80.00	- 105.00	Formatie van Harderwijk (zand gelaagd met kleilenzen)

WVP-1B en WVP-2 bestaan uit afzettingen van de Formatie van Twente en de Eem Formatie met een k-waarde van 5-20 m/d. De begindiepte van deze formaties varieert van 13 tot 20 m - NAP.

WVP-3A bestaat uit afzettingen van de Eem Formatie, Formatie van Drente, Formaties van Urk en Sterksel, en Formatie van Enschede met een k-waarde van 20-40 m/d; WVP-3B uit afzettingen van de Formatie van Harderwijk met een k-waarde van 50 m/d. De begindiepte van beide watervoerende pakketten varieert van circa 35 tot 55 m - NAP.

SDP-1D betreft een dunne laag klei van 2-5 m dikte (Klei van Bergen) en komt in ons gebied slechts voor in het uiterste zuidoosten bij Schoorldam. De onderkant van deze kleilaag ligt op circa 20 m - NAP. De c-waarde van deze laag bedraagt 500-15 000 dagen.

SDP-1E omvat de dikke (tot 20 m dik) kleilagen van de Klei van Bergen, die circa 5000 v. Chr. in het voormalige Zeegat van Bergen zijn afgezet (De Mulder en Bosch, 1982). Dit pakket bevat ingesloten zeewater. Dit dikke, scheidende pakket komt niet in het onderzoeksgebied voor, maar ten zuiden ervan.

SDP-1F bestaat uit veen en kleiïge wadafzettingen, die ouder zijn dan de Afzettingen van Duinkerken I en jonger dan de Afzettingen van Calais II. Ze komen over het gehele noordelijke gebied van Bergen-Schoorl tot aan het maaiveld of binnen boorbereik voor. Ze zijn opgebouwd uit lagen van de 'oude blauwe zeelei' van de Afzettingen van Calais III en IV met daarop de slappe rietklei van de Afzettingen van Duinkerken 0 en het Hollandveen (voor zover nog aanwezig), en afgedekt met de sedimenten van de Afzettingen van Duinkerken III (Rekere-afzettingen) al dan niet met pikklei-lagen. Bij Cat-rijp ligt dit materiaal onder het duinzand op een diepte van 1,5 tot 7,5 m - NAP. De c-waarde bedraagt volgens Stuyfzand (1989) 2000-10 000 dagen.

SDP-1G is opgebouwd uit zeer fijn zand met veel kleibrokjes van de Afzettingen van Calais II op Basisveen. Dit pakket bevindt zich aan de basis van het Holoceen en van het 1e WVP, en komt in de Leipolder en aan de noordzijde van de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder op een diepte van 10-13 m - NAP (De Mulder 1984) voor. Het pakket wordt doorsneden door SDP-1H.⁸ De c-waarde van het sediment en het Basisveen bedraagt 10 000 tot 30 000 dagen.

SDP-1H bestaat uit zandige klei (Formatie van Twente) en komt over een groot deel van ons gebied voor. SDP-1H bestaat veelal uit twee lagen, waarvan de basis tussen respectievelijk 14-20 en 25-28 m - NAP begint. De c-waarde bedraagt waarschijnlijk meer dan 1000 dagen.

SDP-2A omvat een slibhoudend pakket van de Eem Formatie. De noordgrens van dit scheidende pakket is niet duidelijk. In ieder geval komt dit 0,5 tot meer dan 3 m dikke pakket ten noorden van Camperduin voor, buigt via Groet naar het westen terug en ver-

⁸ Volgens de geologische dwarsdoorsnede van Camperduin naar Petten van De Mulder (1984) is het Basisveen tussen de Schoorlse Zeedijk en Hazedijk door zee-erosie (Afzettingen van Calais) opgeruimd. Hoe ver deze geul zich naar het zuiden in ons gebied heeft uitgestrekt, is niet bekend.

dwijnt onder de duinen richting Bergen. De diepte van de bovenkant van SDP-2A begint op circa 45 m - NAP. De c-waarde bedraagt 1000-30 000 dagen.

SDP-4 omvat mariene, slibhoudende afzettingen van de Formatie van Maassluis en is even buiten het onderzoeksgebied bij Aagtdorp aangeboord op een diepte van circa 228 m - NAP.

5.2.2.2 Kwel en wegzijging

Het grootste deel van het onderzochte gebied staat onder invloed van kwel. Alleen bij de hoogste terreingedeelten treedt lichte wegzijging op.

De grootte van de kwel en wegzijging in het onderzoeksgebied is onder meer afhankelijk van:

- de potentiaalverschillen;
- de c-waarden (in dagen) van het afdekkende pakket. In het onderzoeksgebied variëren de c-waarden van het afdekkend pakket van minder dan 200 tot meer dan 1000 dagen, afhankelijk van de aard en dikte van het materiaal;
- de polderpeilen. In de winter houdt het waterschap lagere peilen aan dan in de zomer. De peilen variëren van hoger dan 0,55 m - NAP (Groet) tot dieper dan 2 m - NAP in de Leihoeck en Leipolder. Het peil in het natuurgebied 'De Putten' kan door een afsluitbare duiker in de Kamperkaai worden opgezet;
- de hoeveelheid neerslag en verdamping per jaar⁹. 1993 (fig. 6) en 1994 waren relatief natte jaren met in totaal respectievelijk 810 mm en 980 mm neerslag (KNMI 1994/1995; district 1, Petten; norm 735 mm). De verdamping in 1993 en 1994 bedroeg respectievelijk circa 540 mm en circa 555 mm (district Hoorn). De zomer van 1993 was aanmerkelijk natter dan die van 1994.
- de amplitude van de getijdebeweging. In 1993 vond bij meetpunt Petten de hoogste vloedstand in augustus plaats, namelijk circa 1,20 m + NAP en de laagste ebstand in maart, op circa 90 cm - NAP (fig. 7). Gemiddeld bedroeg in 1993 het verschil tussen eb en vloed bij Petten circa 160 cm¹⁰.

⁹ In de kustgebieden valt de grootste hoeveelheid neerslag doorgaans in het najaar (september-november). Meer landinwaarts zijn juli en augustus meestal de natste maanden. De droogste maanden zijn februari, maart en april. In deze maanden zijn de plaatselijke verschillen gering. De maanden mei en juni zijn in de kustgebieden relatief droog (Vademecum, 1988).

¹⁰ De lichte schommelingen van de fluctuatie van het diepe grondwater gedurende de meetperiode (fig. 10) verklaren we voor een deel door de stand van de zee ten opzichte van het tijdstip van meten. Het is te verwachten, dat de getijdebeweging ook invloed uitoefent op de fluctuatie van het ondiepe grondwater, vooral direct achter de Hondsbossche Zeewering. Dit is echter moeilijk vast te stellen omdat we hier te maken hebben met na-ijlingseffecten. Wij hebben hiernaar geen onderzoek gedaan. Wel hebben we geconstateerd, dat bij stormvloeden en de daarmee gepaard gaande hoge Noordzee-stand het waterpeil in plassen van 'De Putten' enkele decimeters kan stijgen.

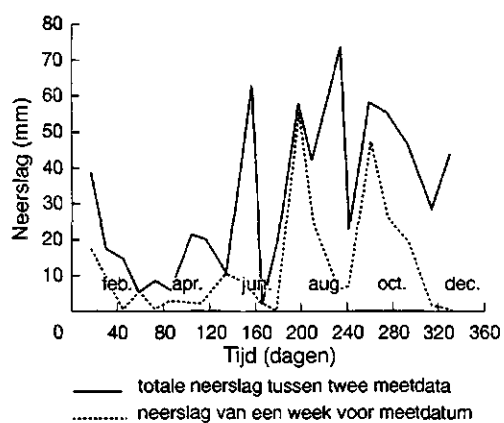


Fig. 6 Neerslag bij Petten in 1993

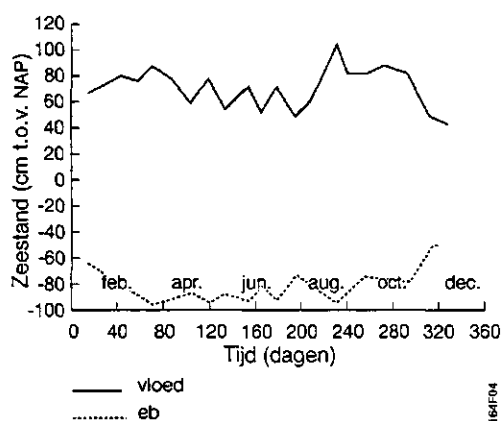


Fig. 7 Vloed- en ebstanden bij Petten in 1993

- menselijke en natuurlijke activiteiten, zoals wateronttrekking, bebossing of ontbossing, bemaling of inlaten van gebiedsvreemd water¹¹, kustafslag en -aanwas, enzovoort. Deze aspecten zijn niet in ons onderzoek betrokken.

Het onderzoeksgebied maakt deel uit van het omvangrijke kwelgebied van Bergen-Schoorl, dat zijn kwelwater ontvangt vanuit de naastgelegen duinen (zoetwaterlenzen), de Noordzee (uitgesproken zout water), boezemwateren (zoals Noordhollandsch Kanaal, vervuild water), de Zijpepolder en vanuit lokaal ingesloten zoutwaterlenzen die uit oude holocene afzettingen omhoog kwellen¹². Via gemalen wordt het overtollige water op de boezemwateren (Schermerboezem) uitgeslagen en uiteindelijk via de sluizen van Den Helder in de Noordzee gespuid.

Hoewel het overgrote deel van het onderzoeksgebied als kwelgebied kan worden aange-merkt, kan bij veel neerslag een wegzijgingssituatie ontstaan waardoor de kwelstroom kan worden onderdrukt. Pas wanneer door bemaling de polderpeilen in de sloten zijn hersteld, kan weer kwel optreden¹³.

Op grond van de potentiaalverschillen (tabel 4, paragraaf 5.2.2.3) tussen de grondwaterstand van een ondiepe buis (freatisch grondwater) en de stijghoogte van een diepe buis kunnen we potentiële kwel of wegzijging verwachten. Staat op een bepaalde meetdatum de grondwaterstand van de ondiepe buis hoger dan die van de diepe dan is er sprake van potentiële wegzijging en andersom van potentiële kwel¹⁴. De kwel- en wegzijgingsgebieden zijn aangegeven op de kaart met de geohydrologische systemen (kaart 4) en worden besproken in hoofdstuk 7.

¹¹ Tijdens de onderzoeksperiode is in het gebied geen gebiedsvreemd water ingelaten. Dit gebeurt alleen bij extreem droge zomers.

¹² In het noordelijk deel van Bergen-Schoorl komen drie regionale en twee lokale systemen voor:
- het Duinsysteem, het Noordzeesysteem en het Poldersysteem;
- het Systeem van het Noordhollandsch Kanaal en het Systeem van de Hondsbossche Vaart.

¹³ Het begrip kwel wordt in het Cultuurtechnisch Vademecum (1988) als volgt omschreven:
a. in het algemeen het uittreden van grondwater;
b. in het bijzonder het uittreden van grondwater onder invloed van grotere stijghoogten buiten het beschouwde gebied; het uittreden van water dat binnen het gebied aan het oppervlak is toegevoerd, valt dus buiten deze term. Het uittreden kan onder meer geschieden direct aan het grondoppervlak, in sloten, drains of via capillaire opstijging.

Het kwelwater vanuit de duinen is vaak geïnfiltrerd regenwater met een korte verblijftijd, dat over een stagnerende laag (holocene klei) de polder instroomt. Dit wordt ook wel 'overflow' genoemd.

¹⁴ In de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder komt zowel zoet, brak als zout grondwater voor, ieder met hun eigen dichtheid (Santing, 1980). Bij de verwerking van de gemeten grondwaterstanden in de peilbuizen hebben we géén correcties op de stijghoogten van het grondwater toegepast.

5.2.2.3 Stijghoogten van het ondiepe en diepe grondwater in de buizen van de raaien 1 en 2

Op figuur 5 is de ligging van de buizen van de raaien 1 en 2 weergegeven. De boorgegevens, verkregen bij de plaatsing van de ondiepe en diepe buizen, zijn gebruikt voor de samenstelling van de geologische dwarsdoorsneden. Hierop is het afdekkend pakket en het bovenste deel van het eerste watervoerende pakket aangeduid (figuur 3 en 4). Uit de figuren 8 t/m 11 kan worden afgelezen, waar en wanneer kwel en wegzijging optreedt. Omdat de zomer van 1993 zeer nat is geweest, heeft dit uiteraard zijn weerslag gehad op de fluctuaties van de grondwaterstanden in die periode. Het niveau van de GLG is in 1993 in Bergen-Schoorl niet bereikt. Bij de interpretatie van bovengenoemde grafieken dienen we hiermee rekening te houden¹⁵.

Raai 1 Hondsbossche Zeewering-Campergeest

De potentiaalverschillen in de meeste buizen van raai 1 (fig. 8) vertonen een wegzijgingssituatie in de winter en herfst van 1993 en een kwelsituatie in het voorjaar en in de zomer. Vooral buis 4 vormt hierop een uitzondering, want hier treedt vrijwel gedurende het gehele jaar kwel op. De buis ligt in een kom. We hebben hier Gt IIa gekarteerd. We zien echter, dat het freatisch grondwater in buis 4o in de zomer van 1993 niet dieper is weggezakt dan circa 40 cm - mv. (fig. 8).

Dat in raai 1 in de maanden december 1992 en januari 1993 overwegend sprake is van een wegzijgingssituatie blijkt ook uit figuur 10. Daarin komt verandering in het voorjaar onder invloed van de verdamping. Geleidelijk aan treedt over de gehele raai een kwelsituatie op. In de periode juni, juli en augustus 1993 nemen de potentiaalverschillen in het algemeen af, maar er blijft sprake van kwel, ondanks de vele regen die gedurende deze periode is gevallen (circa 220 mm)¹⁶. Het effect van de grote hoeveelheid neerslag in de zomer merken we pas goed in de maand september. Dan vindt vrijwel over de gehele raai wegzijging plaats (fig. 10). De verklaring hiervoor moet worden gezocht in de vrij slechte doorlatendheid van de gronden. In eerste instantie hebben de gemalen in de Leipolder en de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder de grote hoeveelheden neerslag tot september 1993 voor een groot gedeelte kunnen afvoeren. Nadien raken de gronden vrijwel geheel verzadigd met regenwater. Ondanks het instellen van het winterpeil (een lichte verlaging van het polderpeil) blijft in een groot deel van de raai tot in november sprake van een wegzijgingssituatie.

De abrupte omslag van een kwel- naar een wegzijgingssituatie bij buis 8o (fig. 8) is opmerkelijk. Hier speelt de invloed van 'run off' en 'overflow' van duinwater, dat over het slecht doorlatende pakket onder het duinzand van Campergeest de polder instroomt, mede een belangrijke rol bij de forse stijging van de grondwaterstand.

¹⁵ Het jaar 1994 is in totaal natter geweest dan 1993, nl. 980 mm tegenover 810 mm (normaal 735 mm). De verdeling verschilde erg van elkaar, want de zomer van 1993 was erg nat, terwijl die van 1994 erg droog en warm was (hoge verdampingsgraad).

¹⁶ Eind augustus/begin september heeft bovendien de Noordzee zijn hoogste vloedstand bereikt (fig. 7).

Raai 2 Catrijp-Noordhollandsch Kanaal

De potentiaalverschillen in de buizen van raai 2 laten met uitzondering van buis 12 een groot deel van het jaar 1993 een kwelsituatie (fig. 9 en 11) zien. Bij buis 12 is sprake van continue wegzijging, ondanks dat de zandgronden daar op Gt IIa liggen. 'Overflow' over het slecht doorlatende pakket onder het duinzand speelt hierbij een zeer belangrijke rol. De overgang van wegzijginggebied naar kwelgebied verloopt abrupt (fig. 11) en wordt in hoge mate bepaald door de bodemgesteldheid (kaart 1, Mulder et al., 1995). De grens van de zandgronden naar de zeekleigronden ligt daar haarscherp. In juli treedt over een groot deel van raai 2 wegzijging op (met uitzondering van buis 11 nabij het Noordhollandsch Kanaal, fig. 9), als gevolg van de overvloedige regenval en de daarbij gepaard gaande 'overflow' en 'run off'. In de maand augustus vindt in het middengebied lichte kwel plaats (onder invloed van de gemalen), maar in de maand september treedt overal wegzijging op, ook in buis 11 langs het Noordhollandsch Kanaal. Deze situatie is vergelijkbaar met die van raai 1. Nadien vindt overal wegzijging plaats tot half oktober. Daarna verandert de situatie gedeeltelijk weer met in het zuiden een wegzijgings- en in het noorden een kwelsituatie (fig. 11).

De potentiaalverschillen tussen de ondiepe en diepe buizen van raai 2 zijn in het algemeen kleiner dan van raai 1 (fig. 8 en 10). De buizen 9 t/m 12 geven een beeld van lichte wegzijging in de winter en herfst van 1993 en een lichte kwelsituatie in het voorjaar en in de zomer (fig. 9.) Deze figuur laat ook zien dat er niet alleen kwel optreedt vanuit de duinen, maar ook in geringe mate vanuit het Noordhollandsch Kanaal (bijv. in juli 1993).

Tabel 3 geeft informatie over de ligging van de buizen ten opzichte van NAP, GLG en GHG, polderpeil (zomer en winter), bodemcode, zanddiepte en dikte van het afdek-kende pakket. Tabel 4 geeft de stijghoogten van het diepe en ondiepe grondwater (ten opzichte van NAP) in de buizen van de raaien 1 en 2, gemeten op 28 februari en 16 juni 1993, en de potentiaalverschillen op die data.

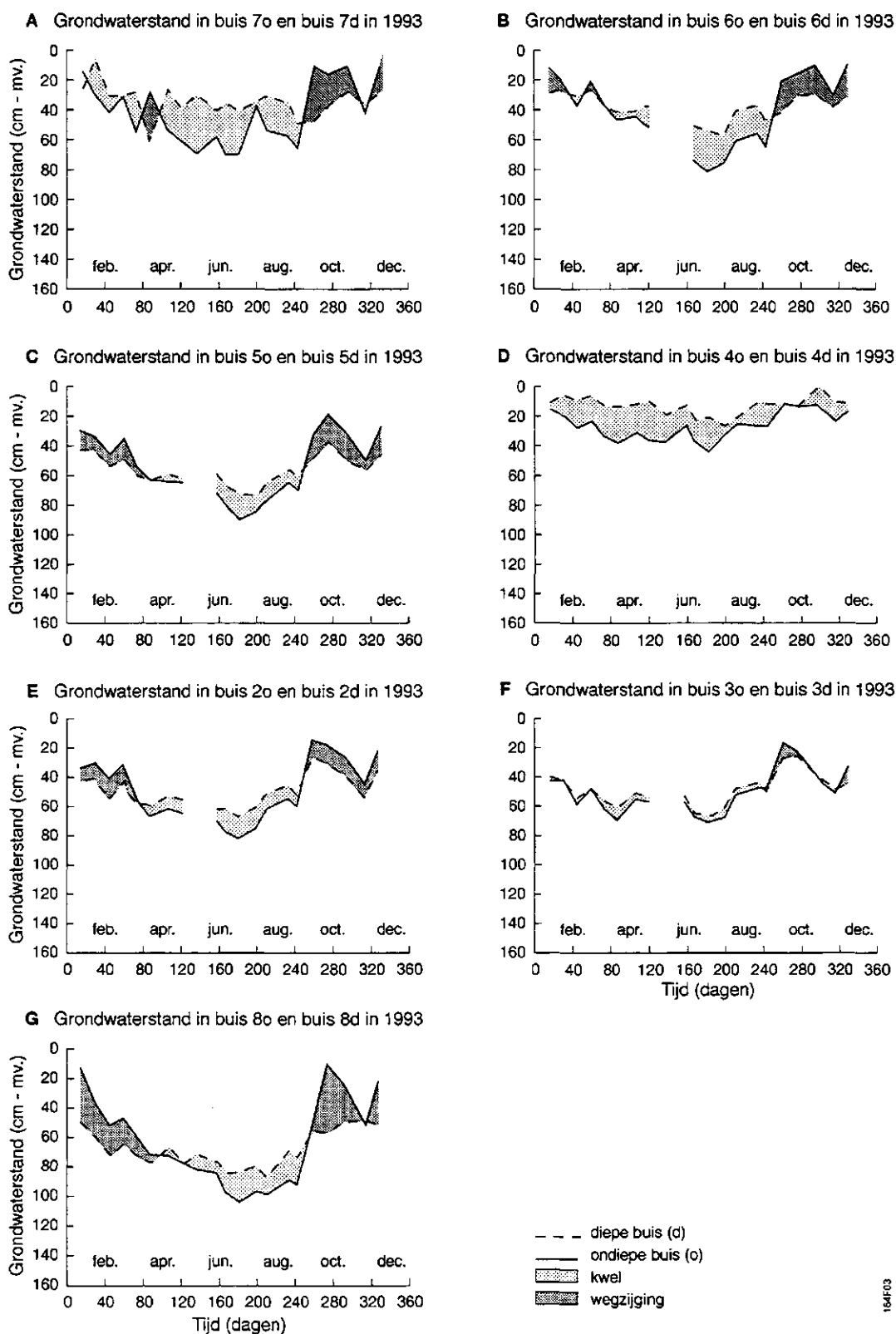


Fig. 8 Fluctuatie van het grondwater in de periode februari-december 1993 in de ondiepe en diepe peilbuizen 2 t/m 8 van raai 1

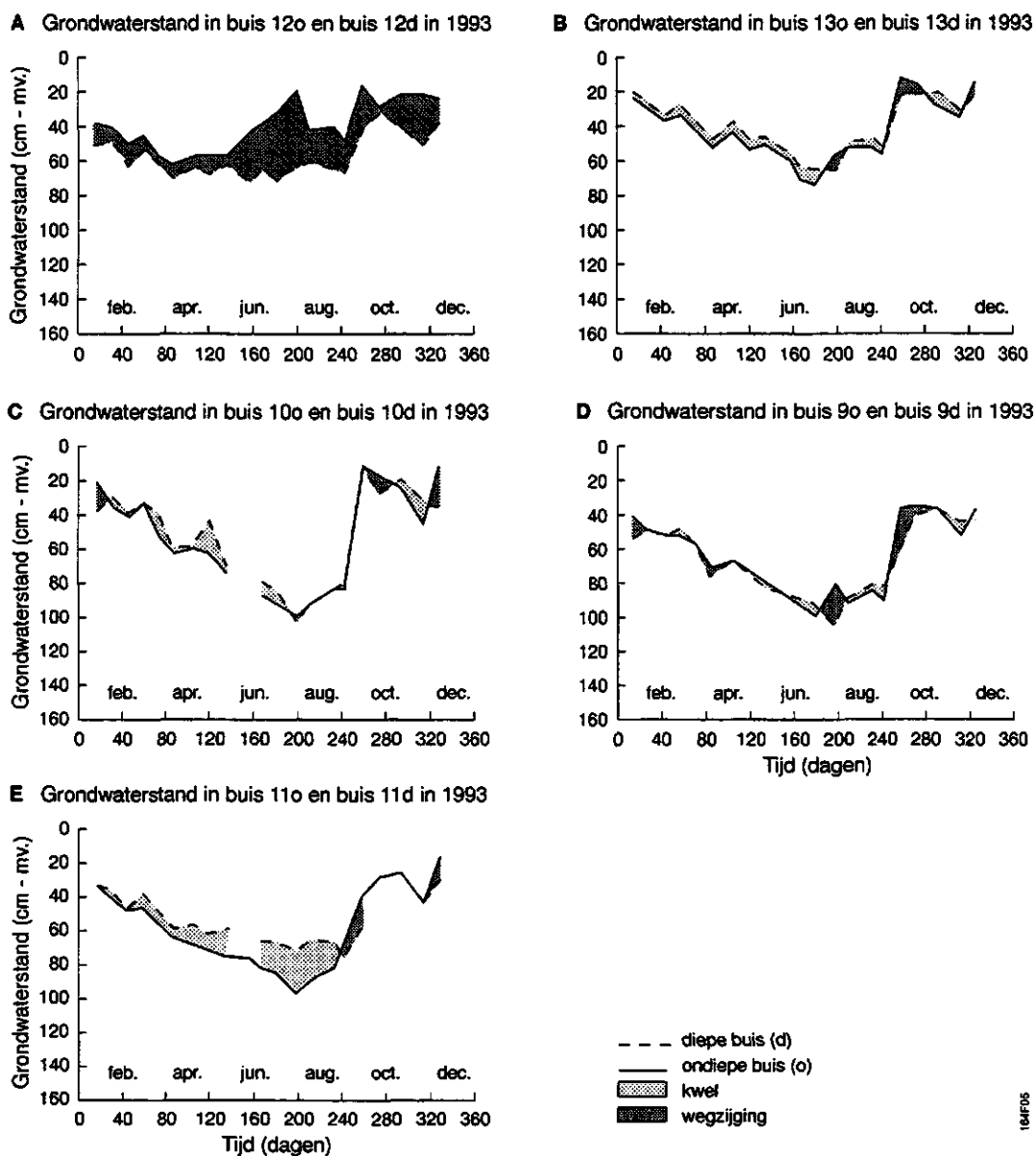


Fig. 9 Fluctuatie van het grondwater in de periode februari-december 1993 in de ondiepe en diepe peilbuizen 9 t/m 13 van raai 2

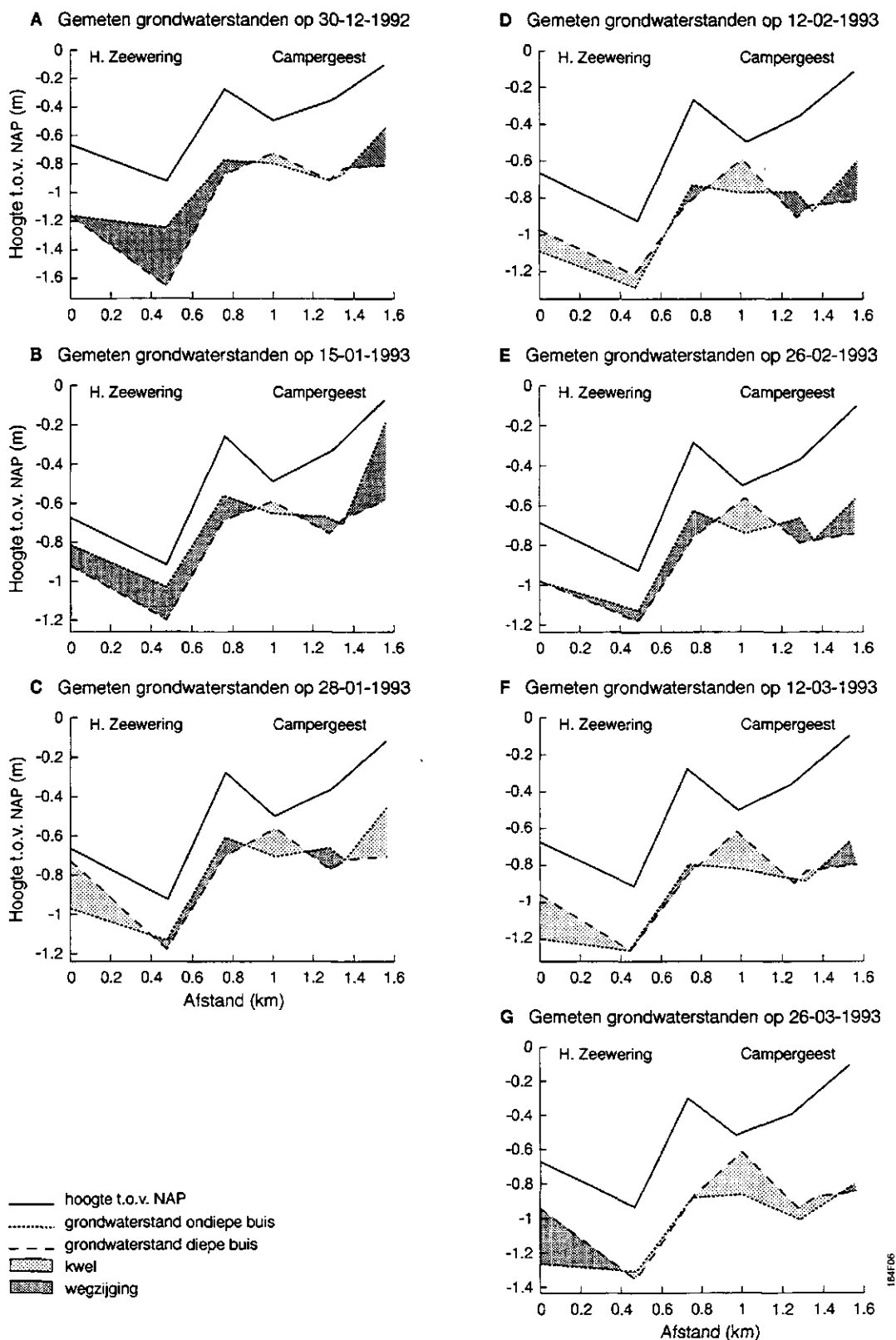


Fig. 10 Fluctuatie van het grondwater ten opzichte van NAP per meetdatum in de ondiepe en diepe peilbuizen van raai 1

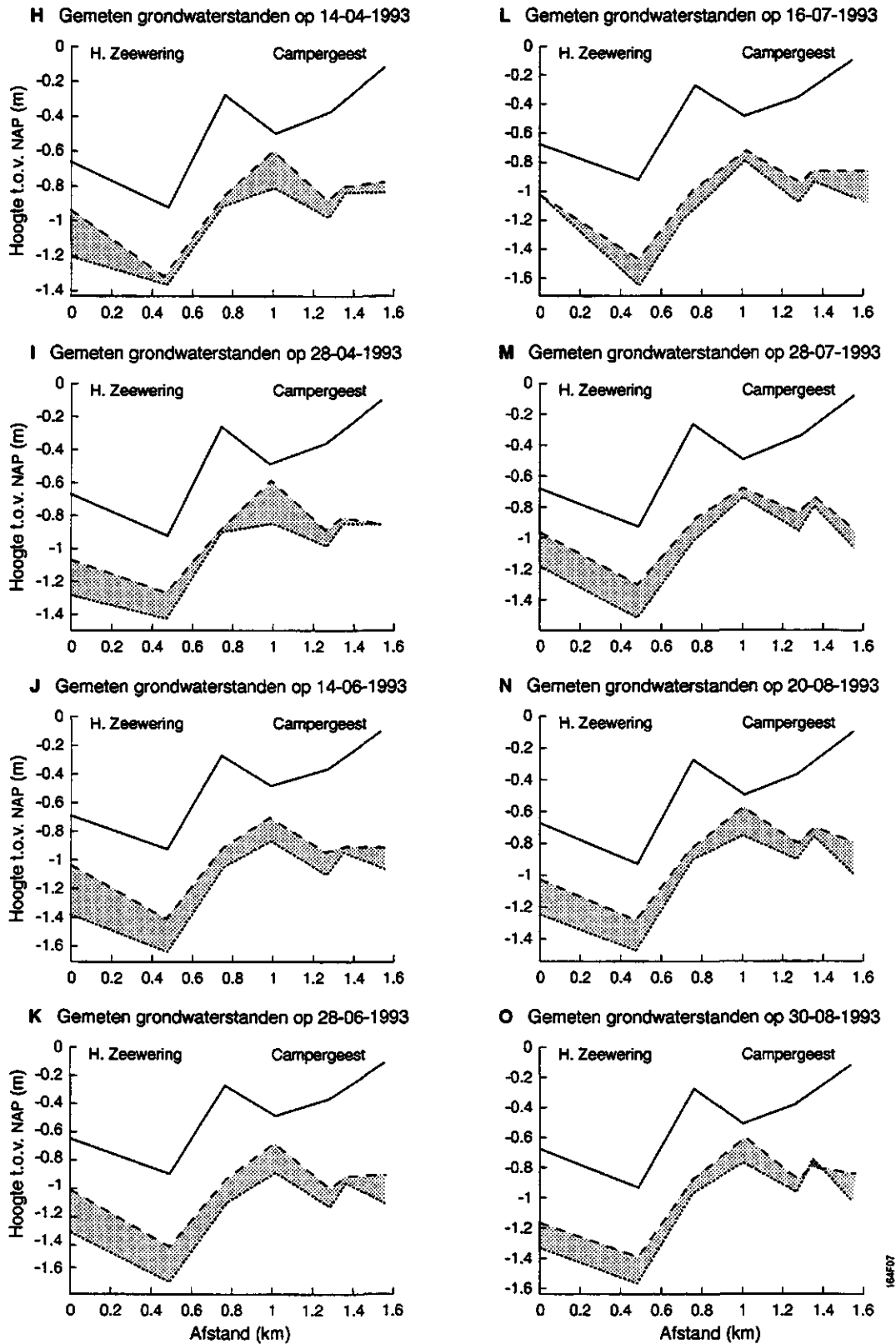
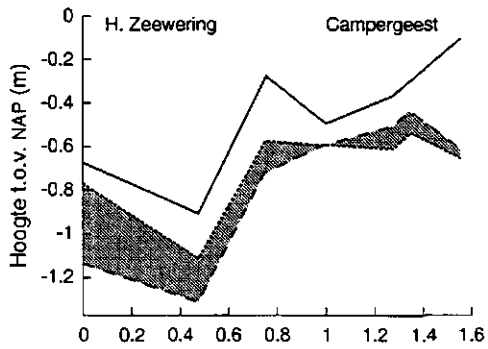
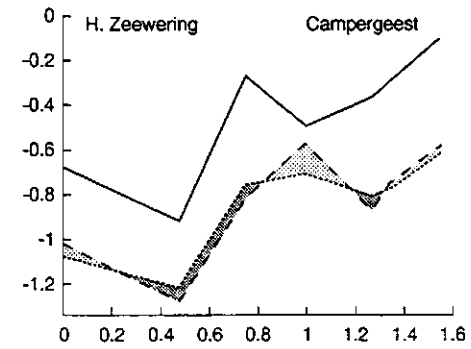


Fig. 10 vervolg

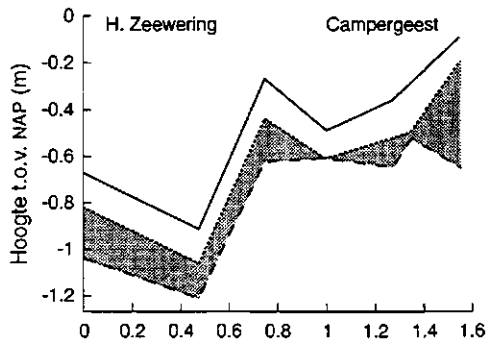
P Gemeten grondwaterstanden op 14-09-1993



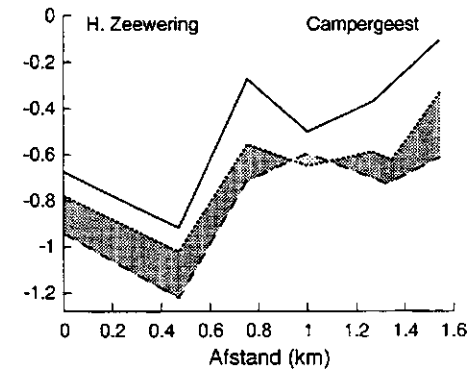
S Gemeten grondwaterstanden op 09-11-1993



Q Gemeten grondwaterstanden op 29-09-1993



T Gemeten grondwaterstanden op 23-11-1993



R Gemeten grondwaterstanden op 20-10-1993

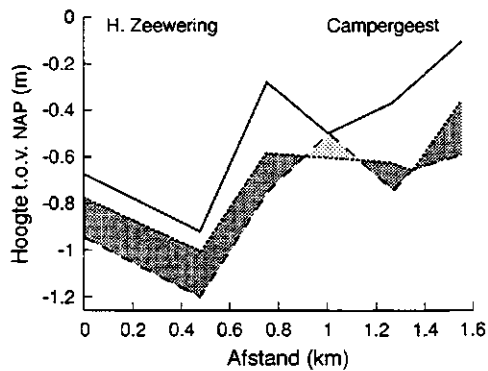


Fig. 10 vervolg

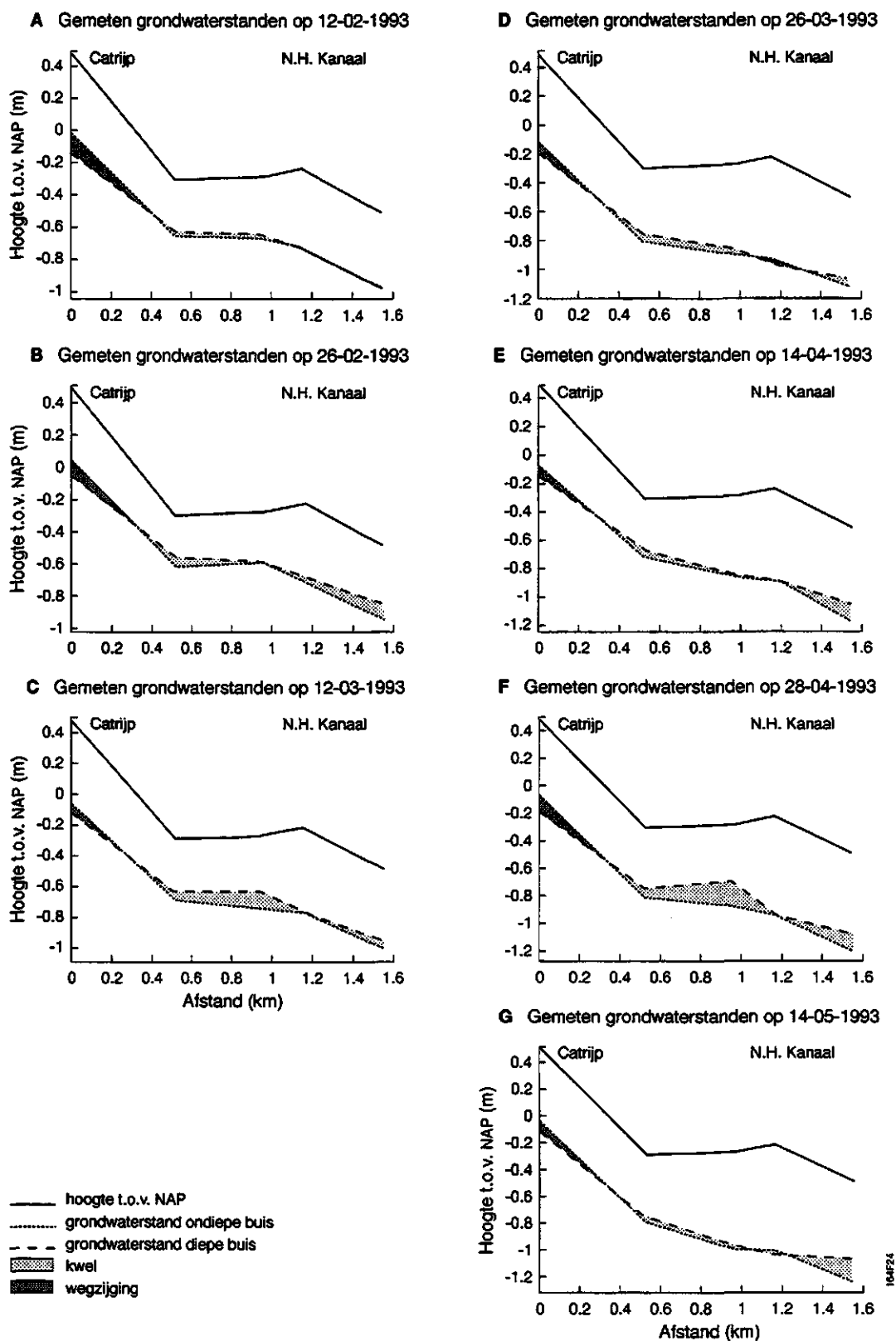
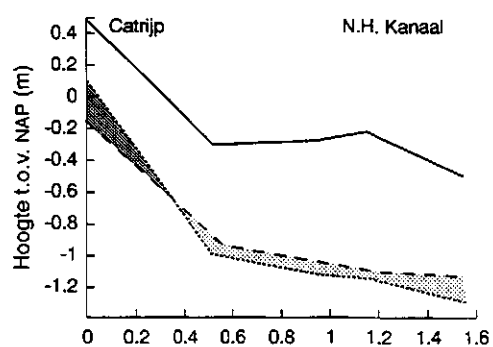
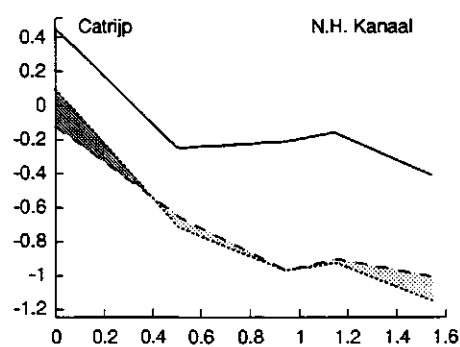


Fig. 11 Fluctuatie van het grondwater ten opzichte van NAP per meetdatum in de ondiepe en diepe peilbuizen van raai 2

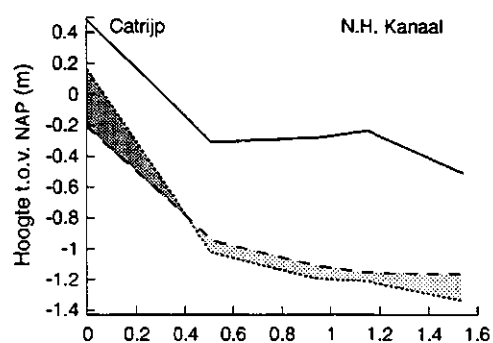
H Gemeten grondwaterstanden op 14-06-1993



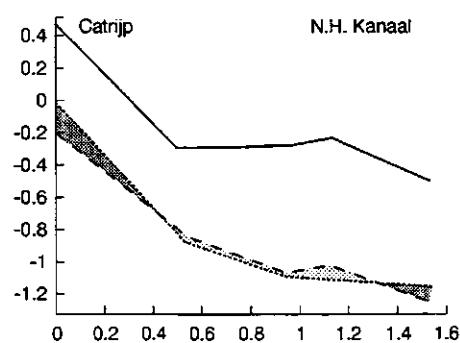
L Gemeten grondwaterstanden op 20-08-1993



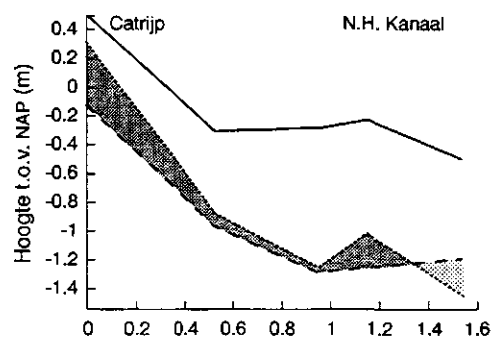
I Gemeten grondwaterstanden op 28-06-1993



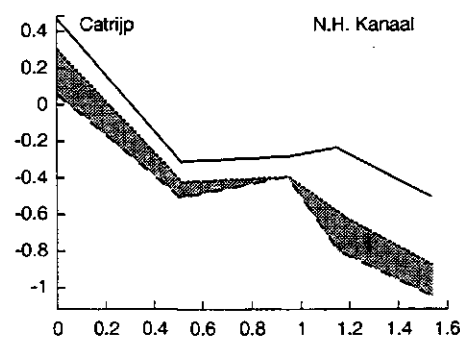
M Gemeten grondwaterstanden op 30-08-1993



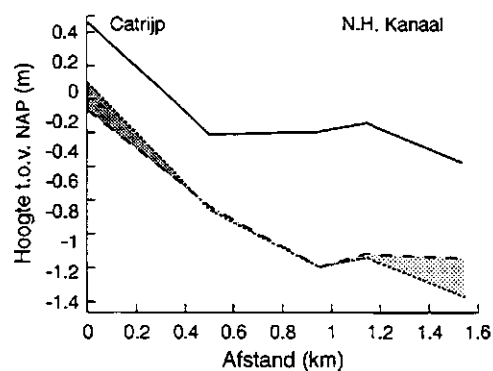
J Gemeten grondwaterstanden op 16-07-1993



N Gemeten grondwaterstanden op 14-09-1993



K Gemeten grondwaterstanden op 28-07-1993



O Gemeten grondwaterstanden op 29-09-1993

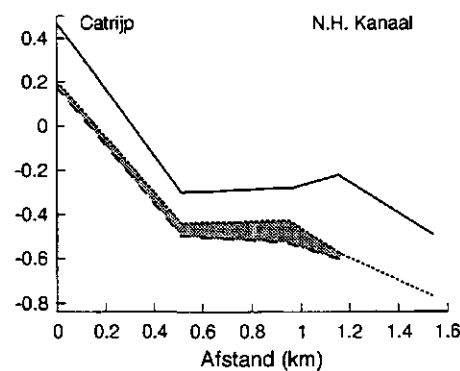
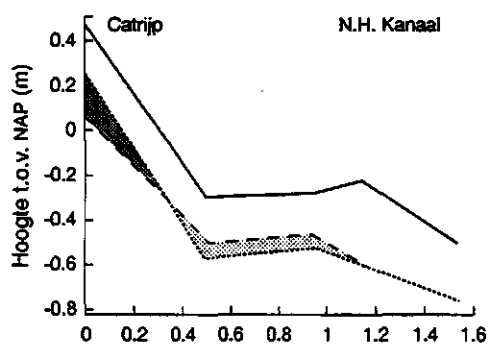
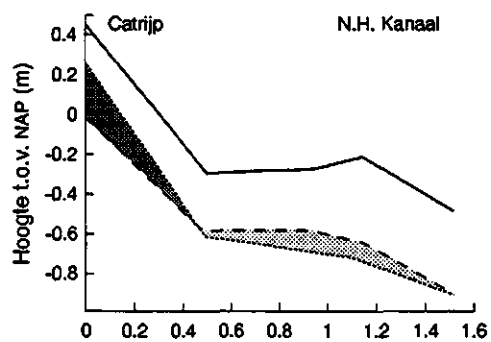


Fig. 11 vervolg

P Gemeten grondwaterstanden op 20-10-1993



Q Gemeten grondwaterstanden op 09-11-1993



R Gemeten grondwaterstanden op 23-11-1993

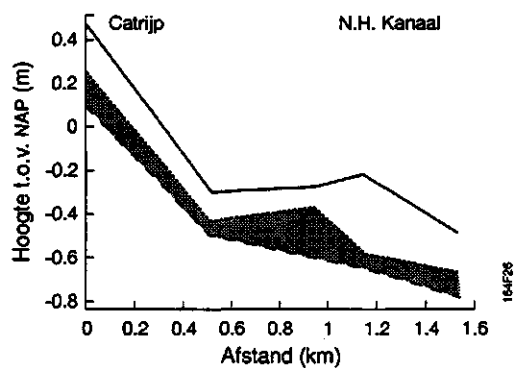


Fig. 11 vervolg

Tabel 3 Ligging van de buizen ten opzichte van NAP, zomer- en winterpolderpeilen, bodemcode, zanddiepte, dikte van het afdekkende pakket en de geschatte c-waarden

Nr.	Ligging	GHG	GLG	Zomer- peil	Winter- peil	Bodem- code	Dikte laag	c- waarde
ten opzichte van NAP								
7o/d	-0,67	-0,80	-1,55	-1,48	-1,53	Mn15A-IIIa	3,40	200
6o/d	-0,92	-1,00	-1,85	-2,10	-2,10	Mn53C-IIIa	3,50	350
5o/d	-0,28	-0,70	-1,50	-1,40	-1,53	Mn33C-IIIb	4,55	400
4o/d	-0,50	-0,65	-1,15	-1,40	-1,53	Mo73C-IIa	4,45	>700
2o/d	-0,37	-0,60	-1,35	-1,40	-1,40	Mn15A-IIIa	4,60	200
3o/d	-0,30	-0,55	-1,25	-1,40	-1,40	Mn15A-IIIa	2,65	250
8o/d	-0,12	-0,40	-1,25	-1,20	-1,30	Mn33C-IIIa	3,80	450
12o/d	+0,65	+0,45	0,00	-0,80	-0,80	tZg51-IIa	-	-
13o/d	-0,20	-0,35	-1,10	-0,95	-1,10	Mn33C-IIIa	2,80	300
10o/d	-0,30	-0,55	-1,40	-0,95	-1,10	Mn33C-IIIb	5,00	600
9o/d	-0,30	-0,60	-1,40	-0,95	-1,10	Mn33C-IIIb	5,30	600
11o/d	-0,40	-0,65	-1,45	-1,22	-1,28	Mn53B-IIIb	5,30	>700

Tabel 4 Stijghoogten van grondwater in ondiepe (o) en diepe (d) buizen van de raaien 1 en 2 gemeten op 28 februari en 16 juni 1993, en de potentiaalverschillen

	Nr.	Ligging	Stand 28 febr	Stand 16 juni	Potentiaal- verschil in cm	
			ten opzichte van NAP		28 febr	16 juni
Raai 1	7o	-0,67	-1,07	-1,35		
	7d		-1,07	-1,27	0	+8
	6o	-0,92	-1,12	-1,71		
	6d		-1,17	-1,45	-5	+26
	5o	-0,28	-0,62	-1,15		
	5d		-0,75	-0,98	-13	+17
	4o	-0,50	-0,73	-0,92		
	4d		-0,56	-0,72	+17	+20
	2o	-0,37	-0,67	-1,17		
	2d		-0,79	-1,03	-12	+14
	3o	-0,30	-0,77	-0,99		
	3d		-0,77	-0,95	0	+4
	8o	-0,12	-0,57	-1,14		
	8d		-0,74	-0,94	-17	+20
Raai 2	12o	+0,65	+0,21	+0,35		
	12d		+0,13	-0,40	-8	-39
	13o	-0,20	-0,51	-0,91		
	13d		-0,46	-0,82	+5	+9
	10o	-0,30	-0,61	-1,21		
	10d		-0,61	-1,13	0	+8
	9o	-0,30	-0,80	-1,28		
	9d		-0,77	-1,22	+3	+6
	11o	-0,40	-0,85	-1,23		
	11d		-0,77	-1,05	+8	+18

5.2.3 Conclusies en discussie

In het gebied tussen Egmond en Petten worden 5 WVP's (watervoerende pakketten) en 11 SDP's (slecht doorlatende pakketten) tot een diepte van circa 300 m - NAP aangetroffen. WVP-1 (Westland Formatie: mariene zanden en duinzanden) heeft een k-waarde van 5-30 m/d. Van SDP-1F (Afzettingen van Calais IV en Duinkerken O, Hollandveen en Afzettingen van Duinkerken III) bedraagt de c-waarde 2000 - > 10 000 dagen en die van SDP-1G (fijn zand met kleibrokjes van de Afzettingen van Calais II en het Basisveen) 10 000 tot 30 000 dagen. Gegevens over de verbreiding van de diepere grondwatersystemen in het onderzoeksgebied zijn erg summier.

Het onderzoeksgebied maakt deel uit van het omvangrijke kwelgebied van Bergen-Schoorl, dat zijn kwelwater ontvangt vanuit de naastgelegen duinen (zoetwaterlenzen), de Noordzee (uitgesproken zout water), de boezemwateren (Noordhollandsch Kanaal en Hondsbossche Vaart, vervuild water), de Zijpepolder en vanuit lokaal ingesloten zoutwaterlenzen in oude holocene afzettingen. Via gemalen wordt het overtollige water op de Schermerboezem uitgeslagen.

Hoewel het overgrote deel van het onderzoeksgebied als kwelgebied kan worden aangemerkt, kan bij veel neerslag een wegzijgingssituatie ontstaan. Omdat de zomer van 1993 zeer nat is geweest, heeft dit zijn weerslag gehad op de fluctuatie van de grondwaterstanden in die periode.

De potentiaalverschillen in de meeste buizen van de raaien 1 en 2 wijzen op een wegzijgingssituatie in de winter en herfst van 1993, en een kwelsituatie in het voorjaar en in de zomer van 1993. Het effect van de grote hoeveelheid neerslag in de zomer komt pas goed in de maand september tot uiting. Dan pas vindt vrijwel over beide raaien wegzijging plaats (fig. 10 en 11). De potentiaalverschillen tussen de ondiepe en diepe buizen van raai 2 zijn in het algemeen kleiner zijn dan die van raai 1.

Het was niet mogelijk om een waterbalans van het onderzoeksgebied op te stellen, omdat gegevens over de hoeveelheid ingelaten water (met name uit het Hargergat), uittredend water vanuit de duinen ('*overflow*', '*run off*') en uitgemalen water ontbreken. Evenmin kunnen we betrouwbare uitspraken doen over c-waarden (hydraulische weerstand) van het afdekkende pakket en de daarmee in verband staande kwelfluxen. De waarden over beide onderwerpen lopen in de geraadpleegde literatuur erg uiteen. Bovendien geven de potentiaalverschillen in onze buizen in het zeer natte jaar 1993 een vertekend beeld om hierover betrouwbare uitspraken te doen.

6 Hydrochemie

Grondwaterstandsmetingen in ondiepe en diepe peilbuizen geven in combinatie met de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater een beeld van de grondwaterstromingen en de herkomst daarvan. Op basis van de verspreiding van watertypen zijn hypothesen over grondwaterstromingspatronen te formuleren. In de kringloop van het water kunnen drie compartimenten worden onderscheiden, waarin het water korte of langere tijd verblijft: de atmosfeer, de lithosfeer en de zee. In elk hiervan neemt het water uiteindelijk een karakteristieke samenstelling aan die weerspiegeld wordt door de ionenratio IR (de relatieve Ca-concentratie in het water) en de specifiek elektrische geleiding EC (een maat voor de totale ionenconcentratie).

Na infiltratie van regenwater (At = atmoclien water) worden bij toenemende invloed van de ondergrond calcium en bicarbonaat dominant in de watersamenstelling door oplossing van kalk onder invloed van koolzuur dat in de wortelzone in het infiltrerende water is opgelost. Hierbij neemt ook de totale concentratie van stoffen in het grondwater toe. Dit verhoudingsgewijs calciumbicarbonaatrijke grondwater (Li = lithoclien water) komt elders in kwelzones weer aan de oppervlakte. We spreken dan van hard of gerijpt grondwater. In de kustgebieden neemt het grondwater door contact met zeewater en door vervuiling o.a. chloride-ionen op, waardoor het op zeewater (Th = thalassoclien water) gaat lijken. De drie 'extreme' watertypen Li, At en Th worden ook wel aangeduid met de namen litho-, atmo- en thalassotroof (Kemmers en Van Wirdum, 1988). Voor elk van deze watertypen worden in de literatuur (Van Wirdum, 1991) referenties beschreven. De verspreiding van atmotroof, lithotroof en thalassotroof water in het holoceen gebied van Bergen-Schoorl geeft aanwijzingen voor de mate van basenrijkdom en hoeveelheid zout, de aanwezigheid van infiltratie- en kwelgebieden, en daarmee voor de mogelijkheden van natuurontwikkeling. Een complicatie hierbij is dat onder invloed van agrarisch grondgebruik de natuurlijke differentiatie in watertypen vervlakt. Als referentie voor een dergelijk beïnvloed watertype wordt wel de samenstelling van Rijnwater (RhL) genomen.

De chemische eigenschappen van het water zijn sterk bepalend voor de aard van de potentiële vegetatie¹⁷.

Het doel van het waterkwaliteitsonderzoek is om in combinatie met het kwantitatief hydrologisch onderzoek inzicht te krijgen in de herkomst van het grondwater en in de stroomstelsels van het grond- en oppervlaktewater, en deze in kaart te brengen. Deze informatie kan worden gebruikt om potentiële vegetatie-ontwikkelingsmogelijkheden in beeld te brengen, zoals voor zoutminnende vegetaties of kwelindicerende vegetaties.

¹⁷ De ecosysteemontwikkeling is afhankelijk van primaire of onafhankelijke factoren. De belangrijkste zijn de aard van het moedermateriaal (lithofunctie) en de topografische factor (topofunctie) (Jenny, 1961). De topofunctie komt tot uiting in de hydrologische en hydrochemische variatie van het landschap. In traditioneel bodemkundig onderzoek wordt voldoende informatie verzameld over de lithofunctie. De topofunctie wordt alleen geïnventariseerd door Gt-informatie. Een belangrijk hiaat is de hydrochemische informatie. In dit onderzoek is een methode ontwikkeld om hierover gebiedsdekkende informatie te verzamelen.

Voor de laatstgenoemde is de kalkpotentiaal een belangrijke grootheid (Kemmers, 1993). In overleg met de opdrachtgever hebben we in totaal 32 watermonsters genomen.

6.1 Materialen en methode

Voor de beschrijving van de grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteit hebben we onder meer gebruik gemaakt van gegevens van CUWVO (1988), Daamen en Toussaint (1980), ICW (1982), Kemmers (1993), Kemmers en Van Wirdum (1988), Kleijer et al. (1995), Kluiters (1993), KNMI (1972), Kooistra (1971), Mulder et al. (1992), Provincie Noord-Holland (1990), Querner en Massop (1994), Steenvoorden et al. (1990), Stuyfzand (1984, 1989, 1990 en 1993), Stuyfzand en Bol (1991), Vos (1982/1983), Van Wirdum (1991), Witt en Wit (1982) en Zomer et al. (1992).

De chemische samenstelling van het regenwater en de daarmee verband houdende Cl-depositie is niet door ons onderzocht. Daarvoor verwijzen wij onder meer naar Bakker et al. (1981), Kooistra (1971), Stuyfzand (1984) en De Vries et al. (1994).

Voor de verbreiding van watertypen in watervoerende pakketten die dieper liggen dan WVP-1 verwijzen wij naar Stuyfzand (1989 en 1993).

6.1.1 Verwerking van de oppervlakte- en grondwatermonsters met het programma MAIONF

Verspreid over het onderzoeksgebied hebben we op 10 plaatsen in maart en augustus 1993 oppervlaktewatermonsters genomen en in laatstgenoemde maand tevens 12 grondwatermonsters, waarvan 6 in ondiepe en 6 in diepe buizen¹⁸. De monsters zijn door N.V. Waterleidingbedrijf Midden-Nederland te Utrecht onderzocht op de volgende anorganische parameters:

- elektrisch geleidingsvermogen (EC_{20});
- calcium, Ca^{2+} ;
- chloride, Cl^- ;
- waterstofbicarbonaat, HCO_3^- ;
- kalium, K^+ ;
- magnesium, Mg^{2+} ;
- natrium, Na^+ ;
- nitraat, NO_3^- ;
- ortho-fosfaat, $o-PO_4^{3-}$;
- sulfaat, SO_4^{2-} ;
- ijzer, Fe

¹⁸ Tijdens de monsternames hebben wij tevens het specifiek elektrisch geleidingsvermogen (EC) van de watermonsters bepaald, ter vergelijking van de uitkomsten van het laboratorium van het waterleidingbedrijf.

Plaats en nummers van de oppervlakte- en grondwatermonsters zijn op figuur 12 weergegeven. De tabellen 5, 6 en 7 bevatten de analyse-uitslagen van de oppervlaktewater- en grondwatermonsters.

Door het RIN (Rijksinstituut voor Natuurbeheer, thans IBN-DLO) is een computerprogramma ontwikkeld (MAIONF, Van Wirdum, 1991), dat op basis van de maior-ionen (Na, K, Mg, Ca, HCO_3 , SO_4 en Cl) en de EC, de verwantschap van een monster met elk van maximaal vier referentiemonsters berekent. Wij hebben de volgende referentiemonsters gebruikt:

- LiHDu; grondwater van de Veluwe, genomen bij De Hoge Duvel (relatief zacht water met weinig calcium en bicarbonaat);
- LiAng; verzadigd grondwater, genomen bij Angeren in de Over-Betuwe (relatief hard water met veel calcium en bicarbonaat; bepaald in 1980);
- AtW; regenwater, genomen bij Witteveen (een niet verontreinigde plaats in Nederland; bepaald in 1980);
- RhL; Rijnwater, genomen in de Rijn bij Lobith (bepaald in 1975);
- Th; zeewater uit de Noordzee (bepaald in 1982).

Tabel 8 geeft de concentraties van de maior-ionen, EC_{20} , IR en pH van de referentiepunten LiAng, LiHDu, AtW, Th, RhL.

In de praktijk is gebleken dat de verschillen tussen watertypen het best tot uiting komen door de MAIONF-resultaten uit te zetten in een diagram met op de x-as de verwantschap met zeewater (rTh %) en op de y-as de verwantschap met lithotroof-Angeren water (rLiAng %). De methode voorziet ook in de mogelijkheid een watermonster te interpreteren vanuit verschillende mengverhoudingen tussen de referentietypen. Op deze wijze kan op basis van waterkwaliteitsvariabelen een schatting van het aandeel regenwater (At), grondwater (Li) of verontreinigd water (RhL) in de lokale, kwantitatieve waterbalans worden gemaakt. Deze gegevens kunnen ook grafisch worden weergegeven in de vorm van o.a. Stiff-, Piper- en IR-EC diagrammen, en het LAT frame. Van het LAT frame kunnen twee soorten grafieken gemaakt worden, waaruit we de schatting van de kwantitatieve waterbalans per monster kunnen bepalen, namelijk:

- met de referentiepunten LiAng, AtW, RhL en Th, waarin lijnen zijn getekend die punten met een gelijk aandeel Th in mengmonsters aangeven (respectievelijk iso-Th, iso-RhL, iso-LiAng en iso-AtW);
- met de vervuilinglijnen (toenemende vervuilingsgraad). Dit zijn lijnen die punten verbinden met een gelijke mengverhouding tussen LiAng en AtW, maar een oplopend aandeel RhL. Hieruit kan de potentiële waterkwaliteit worden afgelezen, als de vervuiling, vertaald in RhL invloed, weg is. In deze grafiek zijn de iso-AtW en iso-Th lijnen getekend.

Tot slot hebben wij onze watermonsters getoetst aan de watertypen die Stuyfzand (1989 en 1993) heeft onderscheiden.

6.1.2 Metingen van het elektrisch geleidingsvermogen en de saliniteit

In het landinrichtingsgebied Ochten-Opheusden bleek het elektrisch geleidingsvermogen (EC) een goede voorspeller te zijn om aan te geven welk watertype op een lokatie domineert (Kemmerset al., 1993). Een meting van het EC kan snel en eenvoudig worden uitgevoerd, waardoor in betrekkelijk korte tijd gebiedsdekkende informatie van deze parameter kan worden verzameld. Deze informatie kan zowel aan het oppervlaktewater als aan het grondwater worden ontleend. Via regressie-analyse is onderzocht of de EC ook in het herinrichtingsgebied Bergen-Schoorl een goede voorspeller voor de aanwezigheid van watertypen is.

Om gebiedsdekkende informatie te verkrijgen over de kwaliteit (ionenconcentratie) van het oppervlaktewater hebben we in augustus 1993 in de sloten en andere open wateren in de Verenigde Harger- en Pettemerpolder de EC en de saliniteit gemeten. Afhankelijk van het slotenpatroon zijn de metingen om de 25 tot 75 meter verricht.

Met behulp van het GIS-programma ARC-INFO hebben we een EC-kaart van het oppervlaktewater (kaart 1) samengesteld¹⁹. Daaruit is tevens de saliniteit af te leiden. De locaties met de EC-metingen van het oppervlaktewater zijn genoteerd op topografische veldkaarten, die niet aan de opdrachtgever zijn verstrekt.

In de Groeterpolder en Grootdammerpolder hebben we in maart 1994 in een aantal oppervlaktewateren EC- en saliniteitsmetingen verricht²⁰. Vanwege het slechte weer hebben we deze activiteit gestaakt. Bovendien kregen we op grond van de verrichte metingen aanwijzingen, dat de EC-waarden langs de binnenduinrand onderling weinig verschilden. Dit was eveneens het geval in het middengedeelte van de polders en langs het Noordhollandsch Kanaal met uitzondering van het noordwestelijke deel van de Groeterpolder, waar we relatief hoge waarden hebben gemeten (zie ook paragraaf 6.2.2). We hebben van deze polders geen EC-kaart samengesteld. De gegevens zijn wel gebruikt voor de samenstelling van een kaart met de geohydrologische systemen (kaart 4).

¹⁹ Hoewel de metingen zijn verricht in een lijnenstelsel (slootpatronen), hebben we de meetresultaten verwerkt tot een vlakkenkaart. Bij het afgrenzen van de vlakken hebben we rekening gehouden met de ligging, stroomrichting en breedte van de sloten. De klasse-indeling (zie de legenda van kaart 1 en 2) is gebaseerd op gegevens van Van Wirdum (1991).

²⁰ Tijdens de opname van de bodem- en grondwatertrappenkaart hebben we zo nu en dan ook EC- en saliniteitsmetingen verricht in oppervlaktewateren om op dat moment een beeld te krijgen van de waterkwaliteit. Deze gegevens zijn alleen op de veldkaart (met de datum van meting) genoteerd.

Voorts hebben we tijdens de opname van de bodem- en grondwatertrappenkaart van Bergen-Schoorl in 1993 vrijwel in ieder boorgat een EC- en saliniteitsmeting verricht en de meetgegevens op de boorstaat genoteerd. Deze informatie is via het GIS-programma BOPAK toegankelijk. Met behulp van het GIS-programma ARC-INFO hebben we alleen van het noordelijke deel van Bergen-Schoorl een EC-kaart van het grondwater vervaardigd (kaart 2).²¹

Tijdens de tweewekelijkse opnamen van de waterstanden in de grondwaterstandsbuizen hebben we in de periode februari-december 1993 tevens de EC, de saliniteit en de temperatuur van het ondiepe en diepe grondwater gemeten. De resultaten van de EC-metingen²² in de twee raaien zijn in grafiekvorm met behulp van een Genstat-programma weergegeven.

De EC-metingen²³ zijn verricht met de LF 196, Microprocessor Conductivity Meter van WTW (Wissenschaftliche-Technische Werkstätten in Weilheim, Duitsland). Om in peilbuizen te meten, is het apparaat voorzien van een smalle sensor (22 mm), de Tetracon 96. De LF 196 berekent tevens de saliniteit (mg/l) en meet de temperatuur van het water in graden Celcius.

²¹ Bij de interpretatie hiervan is voorzichtigheid geboden, omdat de EC van het grondwater in de Verenigde Hager- en Pettemerpolder is gemeten in de periode mei-augustus en die van de Groeterpolder en Grootdammerpolder in de periode september-december 1993. In de tijd gezien mogen we deze gegevens eigenlijk niet met elkaar vergelijken, omdat in de zomer een andere waterkwaliteit kan optreden dan in de winter. Niettemin krijgen we op deze manier wel een globaal beeld van de grondwaterkwaliteit van het gebied.

²² De EC-meter, de LF-196, meet niet alleen de EC, maar berekent tegelijkertijd het zoutgehalte. Er bestaat dus een lineair verband tussen de EC-waarde en het zoutgehalte. Daarom hebben wij alleen de EC-waarde van de buizen in grafiekvorm weergegeven.

²³ Het apparaat kan bij het meten van de EC op 20 of op 25 graden Celcius worden ingesteld. Wij hebben gemeten bij 20 graden Celcius. Het verband tussen EC_{20} en EC_{25} is aan de hand van de volgende formule te beschrijven: $EC_{25} = EC_{20} \cdot \exp(0,02 \cdot 5)$. De fout die we maken als we i.p.v. EC_{20} EC_{25} nemen is: $(EC_{25} - EC_{20})/EC_{20} = 100 \cdot (e^{0,1} - 1) = 10,5\%$ (Van Wirdum, 1993).

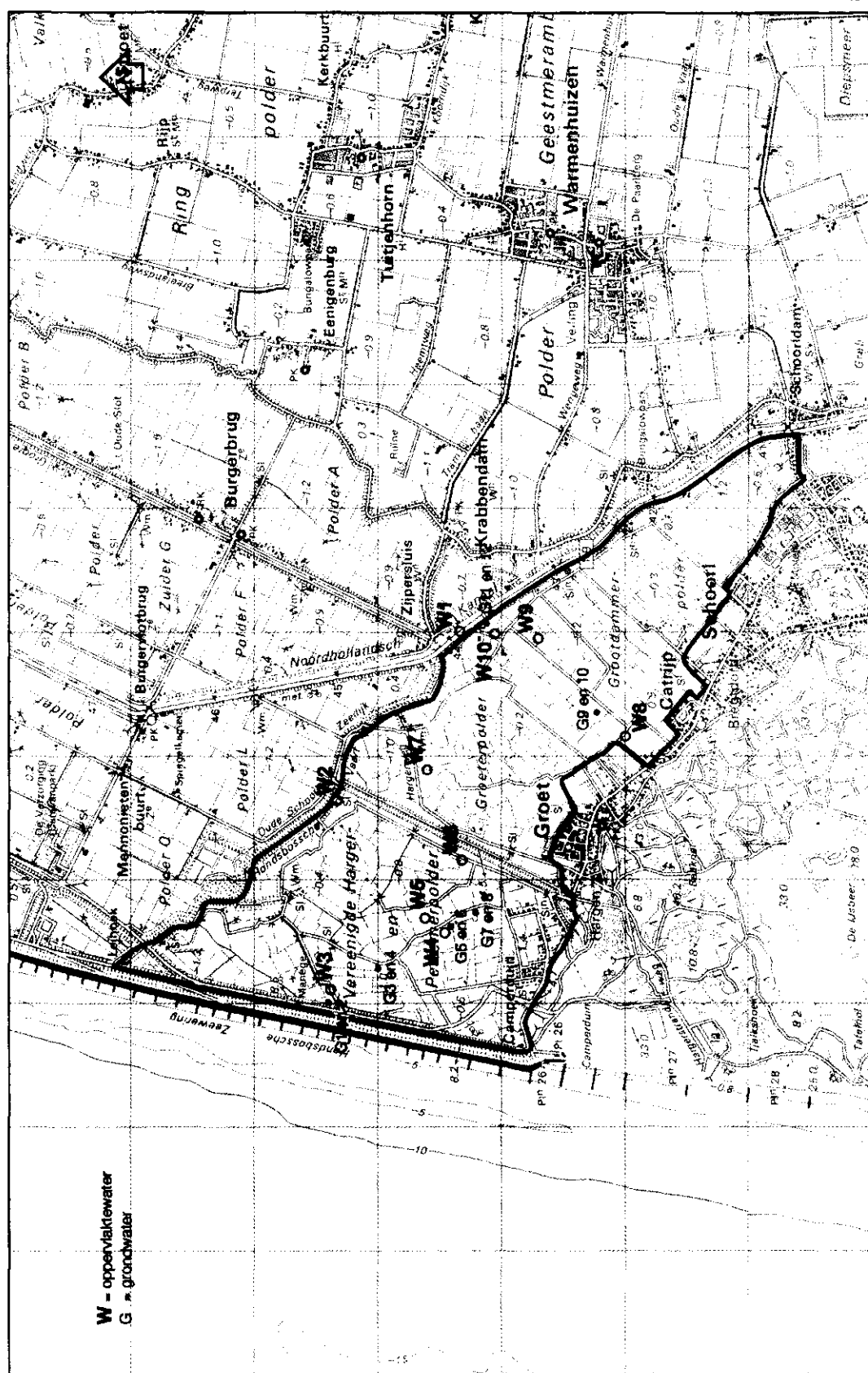


Fig. 12 Plaats en nummer van de watermonsters

Tabel 5 Analyse-uitslagen van het oppervlaktewater in boezems en polderloten op 01-03-1993

Parameters	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Natrium	202	843	1260	177	367	143,4	80,8	44,4	70,2	104
Kalium	21,9	38,0	41,1	32,4	30,3	25,8	14,5	40,3	17,0	26,1
Ortho-fosfaat	2,60	0,17	0,08	0,17	0,06	0,05	0,09	0,21	0,03	0,06
Calcium	123	131	175	64,7	117	79,9	88,2	27,8	42,9	113
Chloride	307	1560	2520	380	888	295	95	87	85	142
IJzer	0,05	0,05	0,07	0,07	0,04	0,05	0,06	2,24	0,07	0,06
Totale hardheid	4,52	8,00	11,8	3,95	7,28	4,10	3,66	1,25	1,93	3,80
Waterstofcarbonaat	339	286	288	276	283	287	347	84	221	339
Geleidend vermogen	160	489	698	147	288	134	92	55	67	106
Magnesium	35	115	180	57	106	51	36	13,4	21	24
Nitraat	3,41	0,76	0,05	0,05	0,05	<0,05	<0,05	2,00	0,54	0,11
Sulfaat	200	230	280	32	69	65	120	80	70	140
Carbonaat	10		5	2		20	10			<2

Tabel 7 Analyse-uitslagen van het grondwater in 6 ondiepe en 6 diepe buizen op 19-08-1993

Parameters	1 (bs 7o)	2 (bs 7d)	3 (bs 6o)	4 (bs 6d)	5 (bs 4o)	6 (bs 4d)	7 (bs 2o)	8 (bs 2d)	9 (bs 13o)	10 (bs 13d)	11 (bs 11o)	12 (bs 11d)
Natrium	6040	5610	320	479	198	222	73,8	50,7	107,1	39,5	498	279
Kalium	158	231	68,5	56,6	46,4	30,4	14,14	39,1	83,0	27,1	36,4	19,8
Ortho-fosfaat	1,31	0,79	0,91	0,92	0,67	0,67	0,063	0,85	0,152	1,18	3,25	3,34
Calcium	366	245	162	117,1	67,6	59,5	112,7	86,8	140,8	45,4	113,1	20,8
Chloride	10700	10100	760	1070	490	500	163	103	119	45,5	670	350
IJzer	0,85	0,75	0,69	0,09	1,62	0,56	0,23	0,07	0,14	0,30	0,68	0,10
Totale hardheid	39,37	33,67	7,23	7,77	4,04	4,06	5,10	4,57	7,65	2,42	4,62	1,36
Waterstofcarbonaat	557	264	536	477	216	297	503	587	708	359	776	447
Geleidend vermogen	2720	2600	273	359	174,3	182,0	117,9	108,2	195,8	63,7	292	145,1
Magnesium	735	670	77,4	117,8	57,2	62,6	55,7	58,4	100,5	31,4	43,6	20,4
Sulfaat	1300	1300	67	9	31	3	44	2	200	5	7	19

Tabel 8 Concentraties van de maior-ionen, EC20, IR en pH van de referentiepunten LiAng, LiHDu, AtW, Th en RhL

watertype	Ca	Mg	Na	K	Cl	IR (%)	HCO ₃	EC ₂₀ (mS/m)	pH	SO ₄
LiAng	115.0	8.0	12.0	2.0	11.0	95	400.0	65.2	7.3	13.0
LiHDu	33.0	4.1	11.5	1.0	12.0	83	119.0	22.5	8.3	10.9
AtW	0.4	0.2	1.6	0.2	3.0	19	0.0	5.0	4.2	5.8
Th	420.0	1400.0	10480	390.0	19100.0	4	122.0	5200.0	8.3	2640.0
RhL	82.0	10.0	96.0	7.0	178.0	45	158.6	99.6	7.8	80.0

6.1.3 Statistische onderbouwing

Om de vraag te kunnen beantwoorden of op grond van de 32 watermonsters, waarvoor de macro-ionen zijn bepaald, significante verbanden zijn te leggen tussen de verwantschap van Th en EC, EC en Cl, EC en Ca, en tussen LiAng en IR, hebben we met behulp van een Genstat-programma (Genstat 5 Committee, 1987) een aantal regressievergelijkingen uitgevoerd. De resultaten zijn in grafiekvorm weergegeven.

Voorts hebben we met behulp van een Genstat-programma de spreiding in concentraties van de macro-ionen bepaald en deze via een aantal histogrammen weergegeven, namelijk EC₂₀, sulfaat-, calcium-, bicarbonaat- en chloride-concentraties²⁴.

6.2 Resultaten

Op basis van de analyses van de grondwater- en oppervlaktewatermonsters en van de EC-metingen beschrijven we de resultaten van het waterkwaliteitsonderzoek.

6.2.1 Watertypen

Uit het LAT frame (fig. 13a en b, en 14) blijkt, dat zoals mag worden verwacht, relatief veel punten van het oppervlaktewater bij Th voorkomen; dit wijst dus op hoge zoutgehalten. Van een beperkt aantal watermonsters kan op basis van de kwaliteitsanalyse een kwantitatieve waterbalans zowel met als zonder invloed van Rijnwater (tabel 9) worden bepaald. Voorts is de potentiële waterkwaliteit vermeld, voor zover de punten binnen het LAT frame vallen (zie ook tabel 9). Hieruit blijkt dat:

- een aantal punten dichtbij het referentiepunt Th (> 10% Th aandeel in de waterbalans) voorkomt. Dit geldt voor de oppervlaktewatermonsters 2 en 3 (maart en augustus 1993), en de grondwatermonsters 1 en 2 (augustus 1993). Deze monsters zijn niet te interpreteren in termen van samenstelling van de waterbalans en zijn daarom weggelaten in tabel 9;
- tamelijk veel punten buiten het LiAng-RhL-Th vlak liggen, namelijk de oppervlaktewatermonsters 1 en 10 van maart 1993, en de grondwatermonsters 3, 4, 7, 8, 9, 11 (aug. 1993);
- de potentiële waterkwaliteit slechts voor een paar monsters goed is af te lezen. Dit wordt veroorzaakt door de sterke invloed van het aandeel Th in de grafiek.

Toepassing van het model MIX (in ontwikkeling bij DLO-Staring Centrum) kan mogelijk meer helderheid verschaffen over de volumeverhoudingen tussen watertypen.

²⁴ Het blijkt, dat de vervuiling (door Rijnachtig oppervlaktewater) vooral door chloride en in mindere mate door sulfaat wordt bepaald. De ruimtelijke verspreiding van de vervuiling is eventueel aan te geven via Cl- en sulfaatkaarten. Ook kan aangegeven worden of er sprake is van kalkrijkdom.

Tabel 9 Overzicht van het aandeel AtW/LiAng/RhL/Th, AtW/LiAng/Th en de potentiële waterkwaliteit (AtW, LiAng)

Monster- punt	AtW/LiAng/RhL/Th (fig. 13a en b)	AtW/LiAng/Th (fig. 14)	Potentiële water- kwaliteit (AtW/LiAng)
<i>Oppervlaktewater (maart 1993)</i>			
4	-/50/49/1	20/77/3	-
5	-/95/-/5	-/95/5	-
6	-/98/-/2	-/98/2	-
8	30/-/69/1	50/48/2	-
9	12,5/17,5/70/-	10/89/<1	30/70
<i>Oppervlaktewater (augustus 1993)</i>			
1	-/70/28/2	10/87,5/2,5	-
4	-/20/79/1	25/72,5/2,5	-
5	-/95/-/5	-/95/5	-
6	72,5/-/26,5/1	80/19/1	-
7	20/-/68/2	55/41/4	-
8	57,5/-/41,5/1	70/29/1	-
9	47/3/50/-	60/39/<1	97/3
10	20/15/65/-	20/79/<1	60/40
<i>Grondwater (augustus 1993)</i>			
5	-/40/57/3	35/61/4	-
6	-/60/37/3	20/76/4	-
10	35/27,5/37,5/-	30/69/<1	50/50
12	5/-/94/1	30/68/2	-

Verder valt het volgende uit het LAT frame op te maken:

- er vallen meer monsters van het oppervlaktewater binnen het LAT frame dan monsters van het grondwater (d.w.z. grondwatermonsters vallen vaak buiten het frame). Dit betekent dat de watersamenstelling kennelijk niet goed is te interpreteren met de gekozen referentiemonsters AtW, LiAng en Th. Veelal betreft dit monsters met hoge sulfaatconcentraties die elders in verband gebracht worden (Kleijer et al., 1995) met pyrietafzettingen in de ondergrond. Water dat in contact is geweest met pyriethoudende afzettingen die periodiek aan luchtzuurstof zijn blootgesteld, wijkt kennelijk af van de LAT-contouren. Voor dergelijk water zou een aparte referentie te overwegen zijn;
- in het algemeen hebben de monsters van het oppervlaktewater in augustus 1993 een sterker atmotroof karakter dan in maart 1993;
- in het gebied is sprake van invloed van boezemwater (RhL-invloed);
- de volgende monsters hebben een dominante Th-invloed (% Th >3):
 - * oppervlaktewater (mrt. 1993): 1, 2, 3 en 5
 - * oppervlaktewater (aug. 1993): 2, 3, 5
 - * grondwater (aug. 1993): 1, 2, 3, 4, 5, 6, (9)

Alle grondwatermonsters, behalve 10 en 12, vallen in het zout-brak grondwatertype. Voor deze monsters geldt, dat ze matig tot sterk beïnvloed zijn (hetzij door boezemwater, hetzij door zeewater) en vaak basenloos zijn (1 monster basenarm en twee monsters basenhoudend).

De punten die binnen het LAT frame liggen en een volume-aandeel zeewater van minder dan 1% hebben, kunnen met behulp van tabel 10 en figuur 15 als watertypen worden geclassificeerd (Kleijer et al., 1995). Tabel 11 geeft hiervan het resultaat.

Op grond van het LAT frame (fig. 13a en b, en 14) en de tabellen 9, 10 en 11 kunnen we de monsters interpreteren²⁵. Via MAIONF zijn de analyse-uitslagen van de watermonsters tevens omgezet naar de typering van Stuyfzand (1989). In tabel 12 hebben we voor alle watermonsters van Bergen-Schoorl aangegeven tot welke klasse zij behoren met daarbij tevens de watertypen van Stuyfzand (1989).

Tabel 10 Klassificatie van watertypen naar basenrijkdom en mate van beïnvloeding

A. Categorie regenwater (basenloos; schoon = %AtW >90 en %LiAng <10)

- A.1 schoon regenwater (% RhL = <10)
- A.2 licht beïnvloed regenwater (% RhL = 10-25)
- A.3 matig beïnvloed regenwater (% RhL = 25-50)
- A.4 sterk beïnvloed regenwater (% RhL = >50)

B. Categorie basenarm water (schoon = %AtW 75-90 en %LiAng 10-25)

- B.1 schoon basenarm water (% RhL = <10)
- B.2 licht beïnvloed basenarm water (% RhL = 10-25)
- B.3 matig beïnvloed basenarm water (% RhL = 25-50)
- B.4 sterk beïnvloed basenarm water (% RhL = >50)

C. Categorie basenhoudend water (schoon = %AtW 50-75 en %LiAng 25-50)

- C.1 schoon basenhoudend water (% RhL <10)
- C.2 licht beïnvloed basenhoudend water (% RhL = 10-25)
- C.3 matig beïnvloed basenhoudend water (% RhL = 25-50)
- C.4 sterk beïnvloed basenhoudend water (% RhL = >50)

D. Categorie basenrijk water (schoon = %AtW <50 en %LiAng >50)

- D.1 schoon basenrijk water (% RhL = <10)
- D.2 licht beïnvloed basenrijk water (% RhL = 10-25)
- D.3 matig beïnvloed basenrijk water (% RhL = 25-50)
- D.4 sterk beïnvloed basenrijk water (% RhL >50)

²⁵ Hierbij kunnen we het volgende opmerken:

- zeewater is in principe kalkhoudend (maar relatief is de Ca-concentratie laag), hoewel dit niet uit het LAT frame kan worden afgelezen, maar het bevat minder bicarbonaat dan lithotroof water;
- zeewater bevat in het algemeen veel sulfaat, en kan aanleiding geven tot pyrietafzettingen;
- landbouw kan aanleiding geven tot nitraat in de bodem;
- lithotroof hoeft hier niet opkwellend water te betekenen, maar water rijk aan kalk.

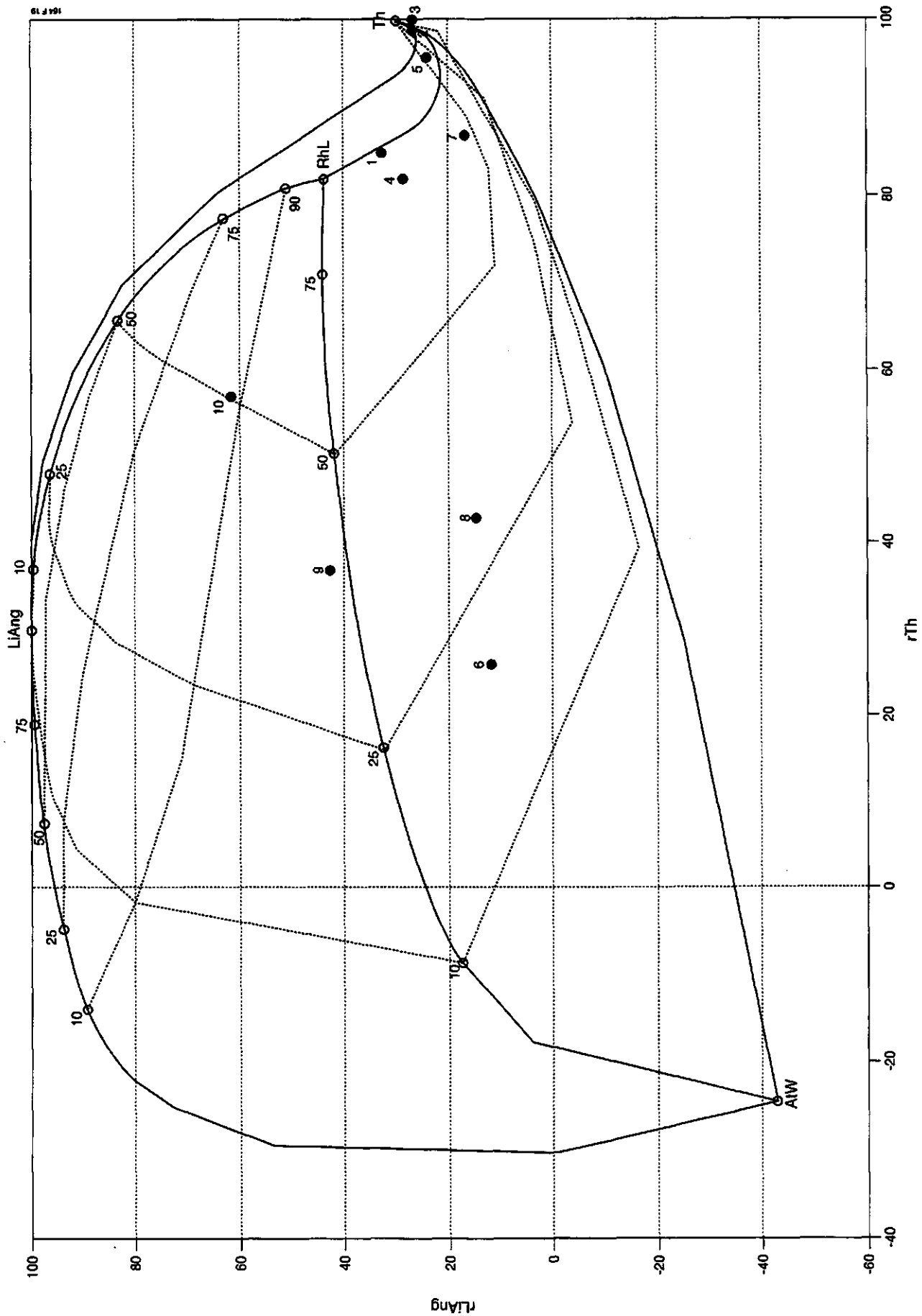


Fig. 13b Grafiek met de referentiepunten LiAng, AiW, RhL en Th, en oppervlaktewatermonsters (op 11-8-1993)

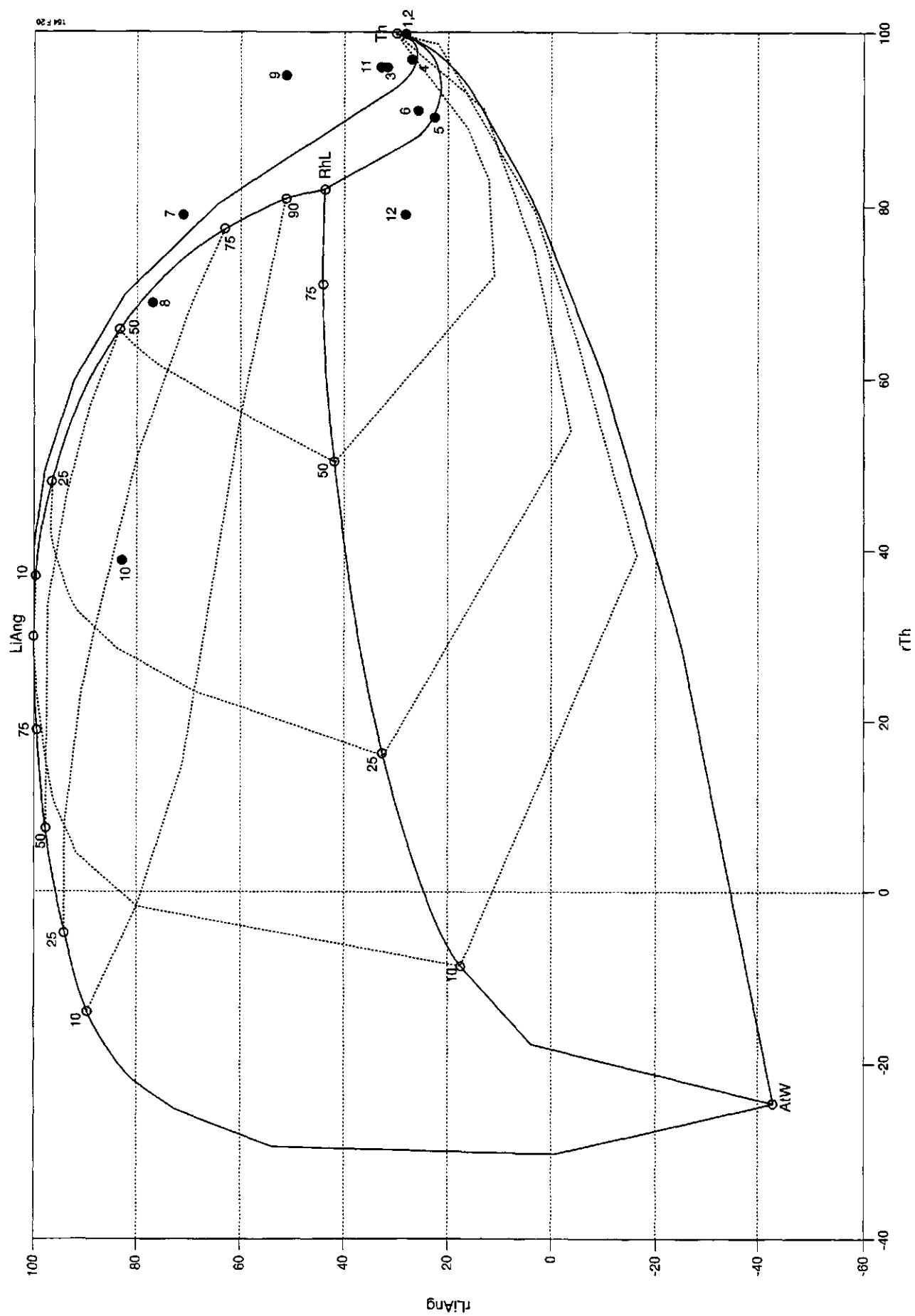


Fig. 14 Grafiek met de referentiepunten LiAng, AtW, RhL en Th, en grondwatermonsters (op 19-8-1993)

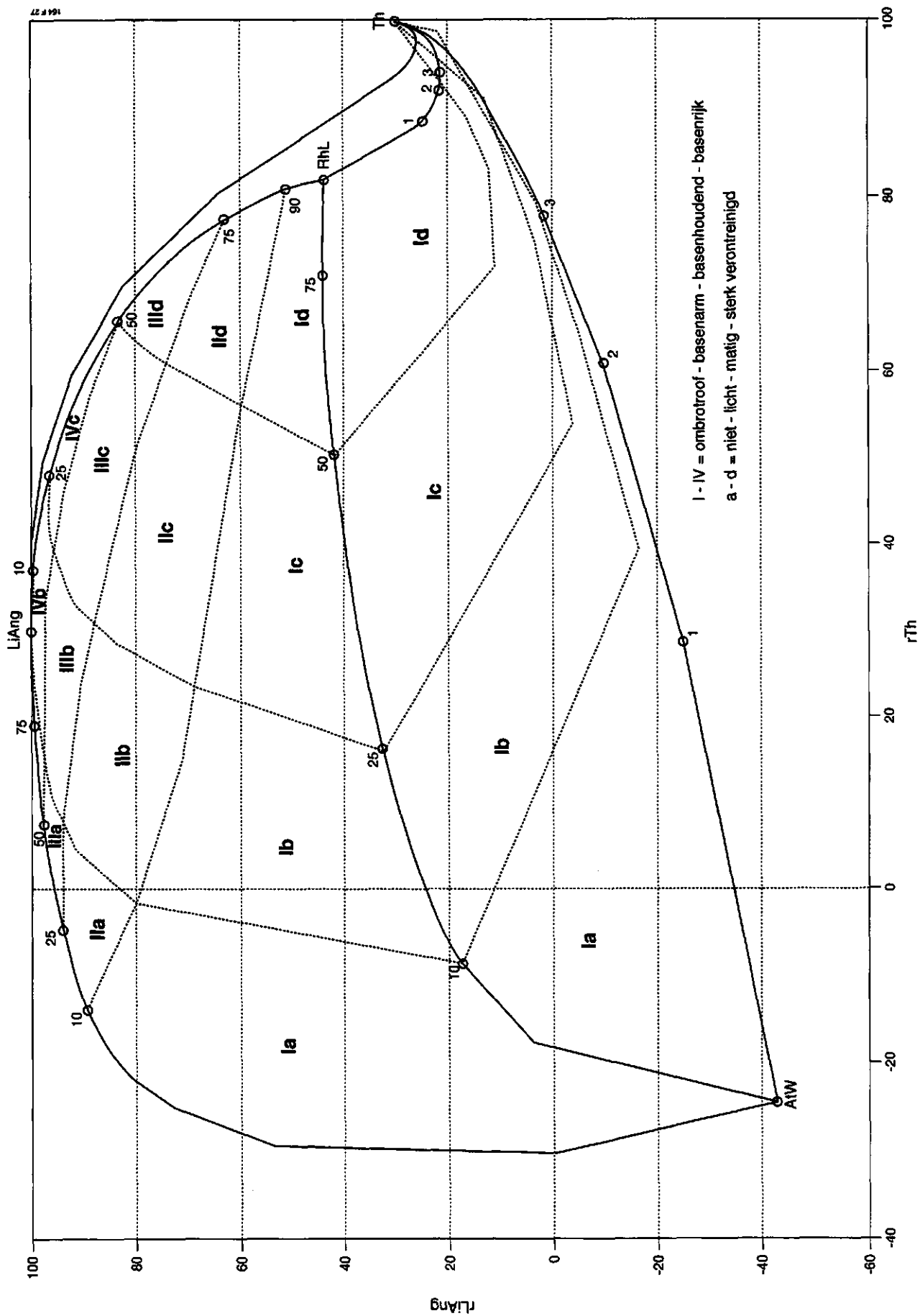


Fig. 15 Grafiek met r_{LiAng} - r_{Th} en onderverdeling naar basenrijkdom en vervuilingsgraad

Tabel 11 Klassificatie van oppervlakte- en grondwatermonsters uit het noordelijk deel van Bergen-Schoorl

Nummer van het monsterpunt	Klasse
<i>Oppervlaktewater (maart 1993)</i>	
(4)	(Th)
(5)	(Th)
(6)	(Th)
(7)	-
8	A.4 (Th)
9	B.4
<i>Oppervlaktewater (augustus 1993)</i>	
(1)	(Th)
(4)	(Th)
(5)	(Th)
6	A.3 (Th)
(7)	(Th)
8	A.3 (Th)
9	A.3
10	B.4
<i>Grondwater (augustus 1993)</i>	
(5)	C.4 (Th)
(6)	D.3 (Th)
10	C.3
12	A.4 (Th)

N.B. (Th) betekent dat deze punten moeilijk af te lezen zijn en dus niet te interpreteren.

Tabel 12 Klassificatie met toelichting voor alle watermonsters van Bergen-Schoorl

Watertype	Klasse (tabel 11)	Opmerkingen
<i>Oppervlaktewater maart 1993</i>		
1 Noordh. Kan.	Th	Het monster valt buiten het LAT frame. Wel is duidelijk zeewaterinvloed (via Hondsbossche Vaart) waar te nemen. Het sulfaatgehalte (200 mg/l) is hoger dan door RhL en LiAng kan worden toegeschreven. Het HCO ₃ -gehalte (339 mg/l) is aan de hoge kant en kan worden veroorzaakt door reductie van sulfaat door organische stof (Hollandveen). Watertype Stuyfzand: boezemwater met verzoetingsverschijnselen, B3NaMix ⁺
2 Hondsb. Vaart	Th	Heeft duidelijk zeewaterinvloed, hoewel het bicarbonaatgehalte (286 mg/l) wat aan de hoge kant is. Misschien wat reductie van sulfaat door organische stof (Hollandveen). Watertype Stuyfzand: polderwater in evenwicht, B3NaCl.
3 Nabij 'De Putten'	Th	Als 2. Watertype Stuyfzand: polderwater met verziltingsverschijnselen, B3NaCl.
4 Houtendijk (w)	-	Is basenhoudend op grond van Ca- en HCO ₃ -gehalte. Er is enige zee-invloed aanwezig. Het hoge HCO ₃ -gehalte (276 mg/l) moet door reductie van sulfaat door organische stof (Hollandveen) worden verklaard. Het sulfaatgehalte (32 mg/l) is tamelijk laag. Watertype Stuyfzand: polderwater met verzoetingsverschijnselen, B3NaCl ⁺
5 Houtendijk (o)	Th	Heeft sterke zeewaterinvloed. Het hoge bicarbonaatgehalte (283 mg/l) kan worden veroorzaakt door reductie van sulfaat door organische stof (Hollandveen). Watertype Stuyfzand: polderwater met verziltingsverschijnselen, B ₃ NaCl.
6 Jaagpad	Th	Heeft minder zeewaterinvloed dan 5. Voor te hoge bicarbonaat, zie ook 5. Watertype Stuyfzand: duinwater met verzoetingsverschijnselen, F ₃ MgCl ⁺
7 Hargerweg	-	Heeft geringe zeewaterinvloed en een relatief laag Cl-gehalte. Wel is het calcium/bicarbonaatgehalte hoog. Dit kan duiden op een LiAng/RhL watertype. Ook reductie van nitraat door organische stof, waardoor hoge bicarbonaatgehalten ontstaan, is niet uit te sluiten. Sulfaat- (120 mg/l) en Na (81 mg/l) gehalten zijn vrij hoog. Watertype Stuyfzand: kalkrijk duinwater met verzoetingsverschijnselen, F ₃ CaHCO ₃ ⁺
8 Catrijp	A.4 (Th)	Betreft verontreinigd regenwater. Watertype Stuyfzand: duinwater met verzoetingsverschijnselen, F ₁ NaMix ⁺
9 Breelaan	B.4	Betreft verontreinigd water. Watertype Stuyfzand: duinwater met verzoetingsverschijnselen, F ₂ CaMix ⁺
10. Hoge Weg	-	Heeft weinig zeewaterinvloed. Polderwater is dominant. Watertype Stuyfzand: polderwater met verzoetingsverschijnselen, F ₃ CaMix ⁺
<i>Oppervlaktewater augustus 1993</i>		
1 Noordh. kanaal	Th	Er is sprake van zeewaterinvloed. Watertype Stuyfzand: boezemwater met verzoetingsverschijnselen, f ₂ NaCl ⁺

Tabel 12 vervolg

Watertype	Klasse (tabel 11)	Opmerkingen
2 Hondsb. Vaart	Th	Heeft zeer sterke zeewaterinvloed, waarbij bicarbonaat hoger is dan op grond van zeewater mag worden verwacht. De lithotrofe invloed kan door reductie van sulfaat door organische stof (Hollandveen) worden veroorzaakt. Het sulfaatgehalte is hoog. Watertype Stuyfzand: polderwater met verziltingsverschijnselen, B ₃ NaCl.
3 Nabij 'De Putten'	Th	Heeft nog sterkere zeewaterinvloed als 2. Het bicarbonaatgehalte is lager. Watertype Stuyfzand: polderwater met verziltingsverschijnselen, B ₂ NaCl.
4 Houtendijk (w)	Th	Er is sprake van zeewaterinvloed en is verder te karakteriseren als sterk beïnvloed, kalkarm water. Het sulfaatgehalte is wel heel laag (8 mg/l). Misschien reductie van sulfaat door organische stof (veel bicarbonaat). Watertype Stuyfzand: polderwater met verzoetingsverschijnselen, B ₃ NaCl ⁺
5 Houtendijk (o)	Th	Vrij sterke invloed van zeewater met een heel laag sulfaatgehalte (5 mg/l), mogelijk door reductie van sulfaat door organische stof (Hollandveen). Bicarbonaatgehalte is vrij hoog. Watertype Stuyfzand: polderwater met verziltingsverschijnselen, B ₂ NaCl.
6 Jaagpad	A3 (Th)	Is matig beïnvloed regenwater door oppervlaktewater. Watertype Stuyfzand: duinwater met verzoetingsverschijnselen, F ₁ NaCl ⁺
7 Hargerweg	Th	Heeft redelijk sterke invloed van zeewater. Sterk beïnvloed regenwater. Het sulfaatgehalte (59 mg/l) is relatief laag in vergelijking met NaCl (resp. 256 en 460 mg/l). Het vrij hoge NaCl-gehalte wijst op zeewaterinvloed. Watertype Stuyfzand: polderwater, B ₁ NaCl.
8 Catrijp	A.3 (Th)	Is matig beïnvloed regenwater door oppervlaktewater. Watertype Stuyfzand: kalkarm duinwater met verzoetingsverschijnselen, F ₁ NaMix ⁺
9 Breelaan	A.3	Matig, door oppervlaktewater beïnvloed regenwater. Watertype Stuyfzand: kalkarm duinwater met verzoetingsverschijnselen, F ₂ NaMix ⁺
10 Hoge Weg	A.4	Sterk door oppervlaktewater beïnvloed regenwater. Watertype Stuyfzand: kalkarm duinwater met verzoetingsverschijnselen, F ₂ NaMix ⁺
<i>Grondwater</i>		
1 bs 7o	Th	Zeer sterk door zeewater beïnvloed met een relatief hoog calcium- en bicarbonaatgehalte (mogelijk door schelpen). Watertype Stuyfzand: zout water, S ₄ NaCl.
2 bs 7d	Th	Als 1, maar het bicarbonaatgehalte is minder hoog. Watertype Stuyfzand: zout water, S ₃ NaCl.
3 bs 6o	Th	Redelijk sterke beïnvloeding door zeewater en een hoog HCO ₃ ⁻ -gehalte. Het hoge bicarbonaatgehalte is te verklaren door reductie van sulfaat door organische stof (Hollandveen). Watertype Stuyfzand: brak water, B ₄ NaCl.
4 bs 6d	Th	Sterke beïnvloeding door zeewater en hoge Ca/HCO ₃ ⁻ -gehalten. Als Ca door zeewater kan worden verklaard, dan is het hoge bicarbonaatgehalte te verklaren door reductie van sulfaat door organische stof (het sulfaatgehalte is heel laag, nl. 9 mg/l). Watertype Stuyfzand: brak water, B ₃ NaCl.

Tabel 12 vervolg

Watertype	Klasse (tabel 11)	Opmerkingen
5 bs 4o	Th	Redelijk sterke beïnvloeding door zeewater en hoge Ca/HCO_3^- -gehalten. Dit laatste kan verklaard worden door reductie van sulfaat door organische stof (sulfaatgehalte 31 mg/l). Watertype Stuyfzand: brak water, B_2NaCl .
6 bs 4d	Th	Zie 5, maar met een zeer laag sulfaatgehalte, nl. 3 mg/l. Watertype Stuyfzand: brak water, B_3NaCl .
7 bs 2o	-	Lichte beïnvloeding door zeewater (hoog NaCl -gehalte). Bicarbonaat is extreem hoog; mogelijk reductie van sulfaat door organische stof (sulfaatgehalte 44 mg/l). Watertype Stuyfzand: kalkrijk duinwater met verzoetingsverschijnselen, $\text{F}_4\text{CaHCO}_3^+$
8 bs 2d	-	Zie 7. Reductie van sulfaat door organische stof (Hollandveen) is zeer waarschijnlijk, laag sulfaatgehalte (2 mg/l). Watertype Stuyfzand: kalkrijk duinwater met verzoetingsverschijnselen, $\text{F}_4\text{MgHCO}_3^+$
9 bs 13o	-	Hoog magnesium- en sulfaatgehalte (mogelijk fossiel zeewater). Ook extreem hoog bicarbonaatgehalte. Het kalkgehalte wordt niet door lithotrofe invloed veroorzaakt vanwege te hoog NaCl -gehalte. Watertype Stuyfzand: kalkrijk duinwater met verzoetingsverschijnselen, $\text{F}_4\text{MgHCO}_3^+$
10 bs 13d	C.3	Basenhoudend water. Het sulfaatgehalte is heel laag (5 mg/l) en het bicarbonaatgehalte erg hoog (359 mg/l). Reductie van sulfaat door organische stof? Watertype Stuyfzand: kalkarm duinwater met verzoetingsverschijnselen, $\text{F}_3\text{MgHCO}_3^+$
11 bs 11o	Th	Sterke beïnvloeding door zeewater. Extreem hoge bicarbonaatgehalten en extreem lage sulfaatgehalten (776 mg/l respectievelijk 7 mg/l): reductie van sulfaat door organische stof. Watertype Stuyfzand: brak water met verzoetingsverschijnselen, B_4NaCl^+
12 bs 11d	A.4 (Th)	Sterk verontreinigd regenwater met enige zeewaterinvloed (relatief hoog NaCl -gehalte). Hoog bicarbonaatgehalte (447 mg/l), zeker in relatie tot Ca -gehalte (20.8 mg/l); laag sulfaatgehalte (19 mg/l); reductie van sulfaat door organische stof? Watertype Stuyfzand: brak tot zoet water met verzoetingsverschijnselen, B_3NaCl^+

6.2.2 Elektrisch geleidingsvermogen en saliniteit

6.2.2.1 EC-kaart van het oppervlaktewater van de Leipolder en de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder

De resultaten van de EC-metingen van het oppervlaktewater (gebiedsdekkend) van de Leipolder en de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder in augustus 1993 zijn weergegeven op kaart 1. De EC-waarden zijn in milliSiemens per meter (mS/m) uitgedrukt, de zoutgehalten in grammen per liter (g/l).

De laagste waarden (tussen 30 en 40 mS/m, zoutgehalte 0,1-0,2 g/l) treffen we aan in de sloten in het zuidoostelijke deel van de polder. De invloed van uittreidend duinwater ('overflow' en 'run off') en kwelwater uit de duinen is langs de noordelijke binnenduin-

rand zeer nadrukkelijk aanwezig. Naarmate we Camperduin naderen wordt deze zone smaller. De hoogste waarden (> 1500 mS/m, zoutgehalte > 9 g/l) komen voor in de sloten en wateren langs de Hondsbossche Zeewering, waar de invloed van de Noordzee nadrukkelijk aanwezig is. De EC-waarden kunnen daar oplopen tot > 2500 mS/m (zoutgehalte > 15 g/l). Het kaartbeeld laat duidelijk zien, dat in de sloten van het middengedeelte van de polder vermenging optreedt van zout en zoet (duin- en regenwater) met EC-waarden van 100-400 mS/m (zoutgehalte 0,5-2,2 g/l) en dat de zoutgrens als het ware opzij wordt gedrukt. We verwachten dat bij normale en droge zomers het areaal met zout/brak oppervlaktewater groter zal zijn. In de sloot langs de Coochlaan hebben we op enkele (geïsoleerde) plaatsen EC-waarden tussen 60 en 100 mS/m (zoutgehalte 0,3-0,5 g/l) gemeten. In het noorden speelt tevens zoute kwel vanuit de Hondsbossche Vaart een rol bij de waterkwaliteit van de aangrenzende poldersloten. De EC-waarden variëren daar tussen 400 en 1500 mS/m (zoutgehalte 2,2-9 g/l).

6.2.2.2 Kwaliteit van het oppervlaktewater van de Groeterpolder en Grootdammerpolder

Zoals reeds in paragraaf 6.1.2 is vermeld, hebben we van de Groeterpolder en Grootdammerpolder geen EC-kaart van het oppervlaktewater samengesteld. Op grond van de weinige EC-metingen, die we in deze polders hebben verricht, kunnen we wel een beknopte beschrijving van de kwaliteit van het oppervlaktewater geven.

De sloten in het noordwestelijke deel van de Groeterpolder vertonen in maart 1994 vrij hoge EC-waarden (200- > 400 mS/m, zoutgehalte 1,1-2,2 g/l). De oorzaak hiervan kunnen we verklaren door kwelinvloed vanuit de Hondsbossche Vaart, waarin brak/zout water uit de wateren van de Vereenigde Harger- Pettemerpolder wordt geloosd. Voorts blijkt het water in het noordelijke deel van de Hargervaart in maart 1994 vrij hoge EC-waarden te hebben (> 400 mS/m, zoutgehalte $> 2,2$ g/l). De Hargervaart staat namelijk in verbinding met de Hondsbossche Vaart. Naarmate we de Hargervaart naar het zuiden volgen, nemen de EC-waarden af. Aan het begin van deze boezemvaart bij Hargen komen zeer lage EC-waarden (< 40 mS/m, zoutgehalte $< 0,2$ g/l) voor. Daar is duidelijk de invloed van duinwater merkbaar.

Tabel 13 EC-waarden (mS/m) van het grondwater in de ondiepe (o) en diepe (d) peilbuizen in de periode 26 februari t/m 23 november 1993

Buissnr.	Datum 1993																	
	26/2	12/3	26/3	14/4	28/4	14/5	25/5	14/6	28/6	16/7	28/7	20/8	30/8	14/9	20/9	20/10	9/11	23/11
2o	157	190	200	192	188	*	177	184	187	181	174	178	173	181	163	173	201	75
2d	125	127	125	125	125	*	123	123	123	122	120	116	114	125	95	121	135	137
3o	159	152	154	148	144	*	135	136	135	158	144	129	126	127	130	54	97	63
3d	88	87	86	85	85	*	83	83	83	82	81	76	76	59	36	45	48	47
4o	179	183	187	180	179	*	149	188	185	126	158	200	201	147	74	92	211	86
4d	184	183	184	184	182	*	178	183	181	181	180	182	177	174	170	*	192	185
5o	93	94	117	132	145	*	150	153	156	154	133	155	851	131	73	85	107	65
5d	81	89	93	99	100	*	100	101	101	101	98	150	149	141	75	66	49	46
6o	150	159	183	249	239	*	*	226	229	230	205	251	250	139	87	109	143	71
6d	358	353	355	355	357	*	*	354	353	353	340	351	363	365	337	363	394	397
7o	2240	2540	3106	2500	3340	*	3200	3480	3500	3620	3400	3690	3690	1580	1634	276	1453	919
7d	157	169	171	172	175	*	180	193	207	213	280	3940	4050	2500	2870	124	257	86
8o	61	40	73	76	80	*	93	109	103	105	113	121	121	117	40	75	81	54
8d	113	113	113	112	112	*	111	112	111	111	110	107	106	105	102	106	114	115
9o	107	100	109	112	114	113	*	112	114	114	113	103	99	67	27	60	102	39
9d	61	71	71	71	71	71	*	71	71	71	71	71	71	69	70	69	78	78
10o	121	121	118	115	111	105	*	104	103	101	101	100	98	50	81	91	104	80
10d	63	66	66	65	64	63	*	62	63	62	61	60	59	48	59	60	66	66
11o	155	187	262	139	283	282	280	243	290	283	290	304	297	260	*	176	233	80
11d	109	118	123	129	134	137	*	134	135	137	138	144	145	123	88	105	70	63
12o	74	73	95	109	64	*	146	118	114	34	88	182	141	29	58	53	185	95
12d	86	85	84	85	85	*	84	83	84	83	82	83	78	60	34	56	64	69
13o	61	61	74	79	86	*	75	104	108	200	298	197	200	94	33	36	66	37
13d	59	40	42	49	49	*	48	47	48	47	48	64	68	23	40	51	44	36

Tabel 14 Zoutgehalten (g/l) van het grondwater in de ondiepe (o) en diepe (d) peilbuizen in de periode 26 februari t/m 23 november 1993

Buisnr.	Datum 1993																	
	26/2	12/3	26/3	14/4	28/4	14/5	25/5	14/6	28/6	16/7	28/7	20/8	30/8	14/9	20/9	20/10	9/11	23/11
2o	0.8	1.0	1.1	1.0	1.0	*	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0	0.9	1.0	0.9	0.9	1.1	0.3
2d	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	*	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.0	0.5	0.6	0.7	0.7
3o	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	*	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.6	0.1	0.1	0.2	0.5	0.3
3d	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	*	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2
4o	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	*	0.8	1.0	1.0	0.7	0.9	1.1	1.1	0.8	0.3	0.4	1.2	0.4
4d	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	*	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	*	1.0	1.2
5o	0.4	0.4	0.6	0.7	0.7	*	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	5.8	0.7	0.3	0.4	0.5	0.3
5d	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	*	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	0.8	0.7	0.3	0.3	0.2	0.2
6o	0.7	0.8	0.7	1.4	1.3	*	*	1.2	1.2	1.3	1.1	1.4	1.4	0.1	0.4	0.5	0.8	0.3
6d	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	*	*	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	13.3	2.1	2.0	2.1	2.2	2.2
7o	14.9	16.8	21.4	16.9	22.9	*	22.1	24.2	25.0	25.4	23.6	25.9	25.9	0.8	0.9	0.6	14.0	10.0
7d	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	*	1.0	1.1	1.1	1.2	1.6	27.8	28.7	17.0	1.6	1.6	1.3	0.4
8o	0.2	0.1	0.3	0.4	0.4	*	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.1	0.3	0.4	0.2
8d	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	*	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6
9o	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	*	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.3	0.0	0.3	0.5	0.2
9d	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	*	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
10o	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	*	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	0.4	0.4	0.5	0.4
10d	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	*	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
11o	0.7	1.9	1.2	0.7	1.4	1.6	1.6	1.4	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.5	*	1.0	1.2	0.4
11d	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	*	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.6	0.4	0.5	0.3	0.3
12o	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	*	0.8	0.6	0.6	0.1	0.4	1.0	0.7	0.1	0.2	0.2	1.0	0.5
12d	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	*	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	0.1	0.2	0.3	0.3
13o	0.3	0.3	0.3	0.5	0.4	*	0.4	0.5	0.5	1.1	1.7	1.1	1.1	0.5	0.1	0.1	0.3	0.2
13d	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	*	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2

Tabel 15 *Temperatuur (graden Celcius) van het grondwater in de ondiepe (o) en diepe (d) peilbuizen in de periode 26 februari t/m 23 november 1993*

Buisnr.	Datum 1993																	
	26/2	12/3	26/3	14/4	28/4	14/5	25/5	14/6	28/6	16/7	28/7	20/8	30/8	14/9	20/9	20/10	9/11	23/11
2o	6.5	5.9	7.1	7.4	9.8	*	12.7	12.6	11.5	14.5	13.9	13.9	13.2	14.2	13.9	11.5	10.5	8.2
2d	7.3	7.2	7.4	7.3	8.3	*	12.3	12.5	12.7	12.5	14.9	14.2	13.4	14.6	13.5	11.7	10.1	9.8
3o	7.3	5.8	7.3	8.1	9.8	*	15.2	14.0	13.5	15.4	15.2	14.1	14.2	14.5	13.6	12.6	10.1	9.1
3d	7.1	7.5	8.0	8.3	8.8	*	13.3	12.8	14.2	15.2	15.9	14.5	14.2	14.7	14.2	12.0	10.3	9.3
4o	6.8	5.8	7.4	7.7	9.1	*	13.9	12.6	15.2	14.4	15.4	14.7	12.8	14.3	13.7	10.5	9.7	6.6
4d	7.1	6.3	7.2	7.3	8.4	*	13.2	11.7	14.9	14.1	14.9	14.0	13.0	13.8	13.4	*	10.1	9.2
5o	7.1	5.1	7.1	7.5	8.8	*	11.8	13.0	12.4	15.0	12.6	14.2	13.9	15.0	13.6	11.7	10.3	8.2
5d	6.8	6.1	7.2	7.4	8.4	*	13.3	12.8	13.1	14.3	14.6	14.5	14.1	14.7	14.2	11.9	10.5	9.1
6o	5.8	5.6	6.8	7.8	8.9	*	*	12.3	13.5	15.3	14.9	14.1	13.8	14.4	13.7	10.8	9.9	8.6
6d	6.4	7.0	7.5	7.8	8.5	*	*	12.0	14.0	14.2	14.6	14.7	13.3	14.6	13.7	11.7	9.9	9.4
7o	7.3	6.5	7.0	8.1	8.5	*	14.8	14.2	12.5	14.5	15.2	13.7	14.0	14.4	13.0	10.1	9.5	8.8
7d	6.3	5.9	6.6	7.9	9.4	*	14.4	13.5	13.5	15.9	14.2	13.9	14.5	16.1	14.2	10.5	9.5	9.0
8o	6.5	5.1	7.5	8.1	10.4	*	13.7	11.9	13.5	14.9	14.4	15.2	14.1	14.9	14.2	11.8	9.7	8.3
8d	7.3	7.4	7.8	7.8	9.6	*	12.2	11.8	13.3	14.3	14.4	14.5	14.0	15.0	14.2	11.7	9.8	9.4
9o	7.0	5.9	7.9	8.1	9.0	10.3	*	11.0	13.5	14.0	13.8	13.8	14.4	15.0	14.6	12.2	10.5	9.3
9d	7.8	6.6	7.4	7.8	8.3	9.8	*	12.2	11.2	13.5	13.5	13.9	14.9	14.9	14.1	12.3	10.6	10.3
10o	6.3	5.9	7.5	7.8	8.5	10.7	*	11.3	13.0	14.4	13.8	13.8	14.9	14.9	14.0	11.8	10.0	6.5
10d	7.3	7.0	7.8	7.7	8.3	10.7	*	12.5	13.0	13.0	14.5	13.7	14.7	14.9	13.8	11.6	10.1	9.2
11o	6.5	6.9	7.8	8.1	9.8	9.9	11.5	14.6	13.3	14.5	13.9	14.3	15.0	14.8	*	11.7	10.8	7.8
11d	7.7	7.8	7.8	7.8	8.6	9.2	*	14.1	13.8	13.3	14.4	15.1	14.3	14.1	14.4	12.0	10.3	9.0
12o	6.1	5.6	6.4	7.1	10.8	*	13.1	15.5	14.2	17.1	15.0	16.8	15.3	14.9	13.8	11.2	9.2	7.0
12d	6.6	5.3	7.2	7.5	8.9	*	13.3	14.5	14.1	15.6	15.8	16.2	14.9	15.0	13.6	11.3	9.5	8.8
13o	6.5	5.1	7.2	7.9	9.1	*	14.5	13.1	14.0	13.7	13.3	13.6	14.1	14.4	13.7	11.5	9.6	9.2
13d	6.1	5.9	6.8	7.5	7.5	*	11.4	13.1	13.1	14.9	13.0	14.4	14.4	14.7	13.4	11.5	10.0	9.1

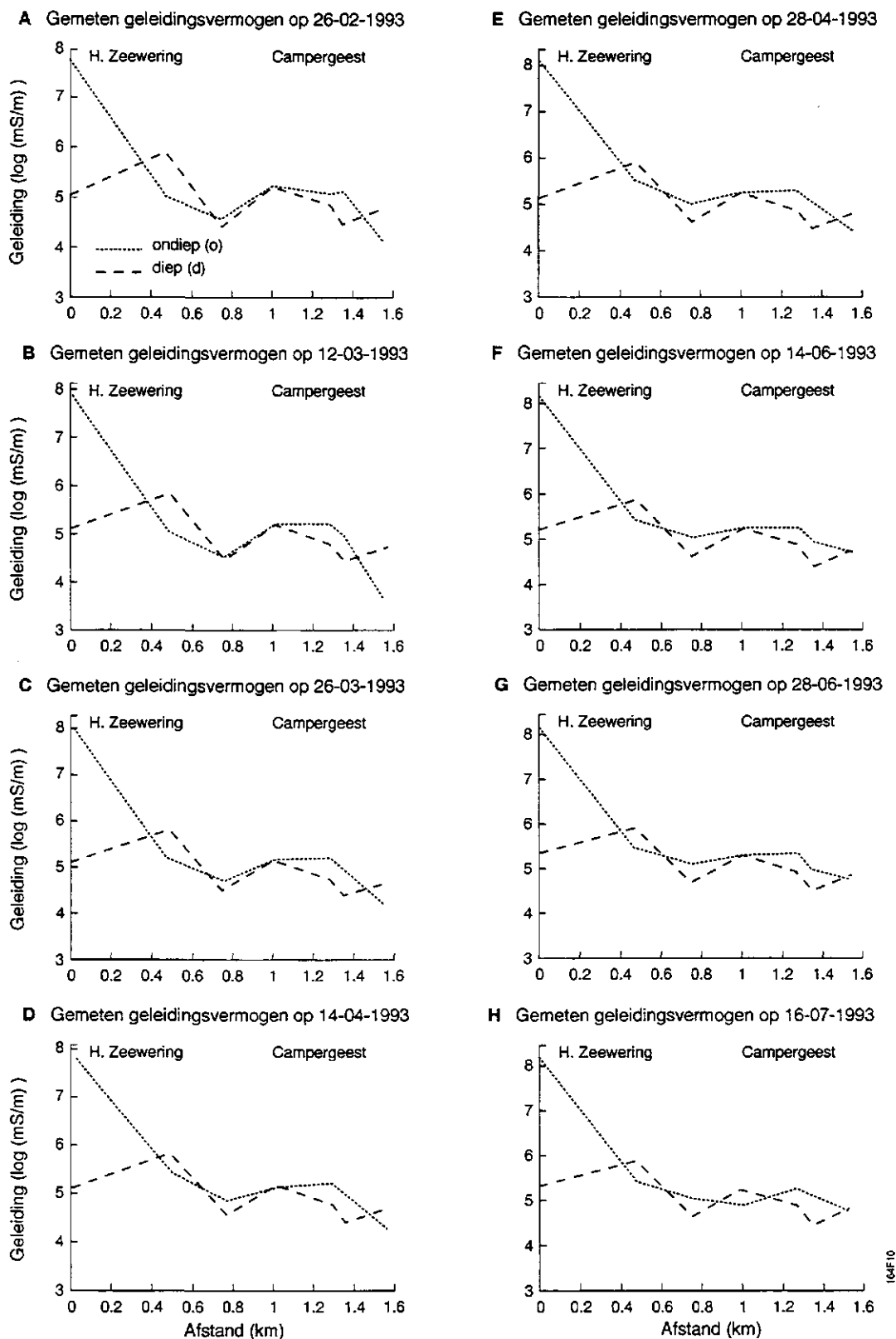


Fig. 16 Gemeten elektrisch geleidingsvermogen (EC) in de periode 26 februari t/m 23 november 1993 in de ondiepe en diepe peilbuizen van raai 1

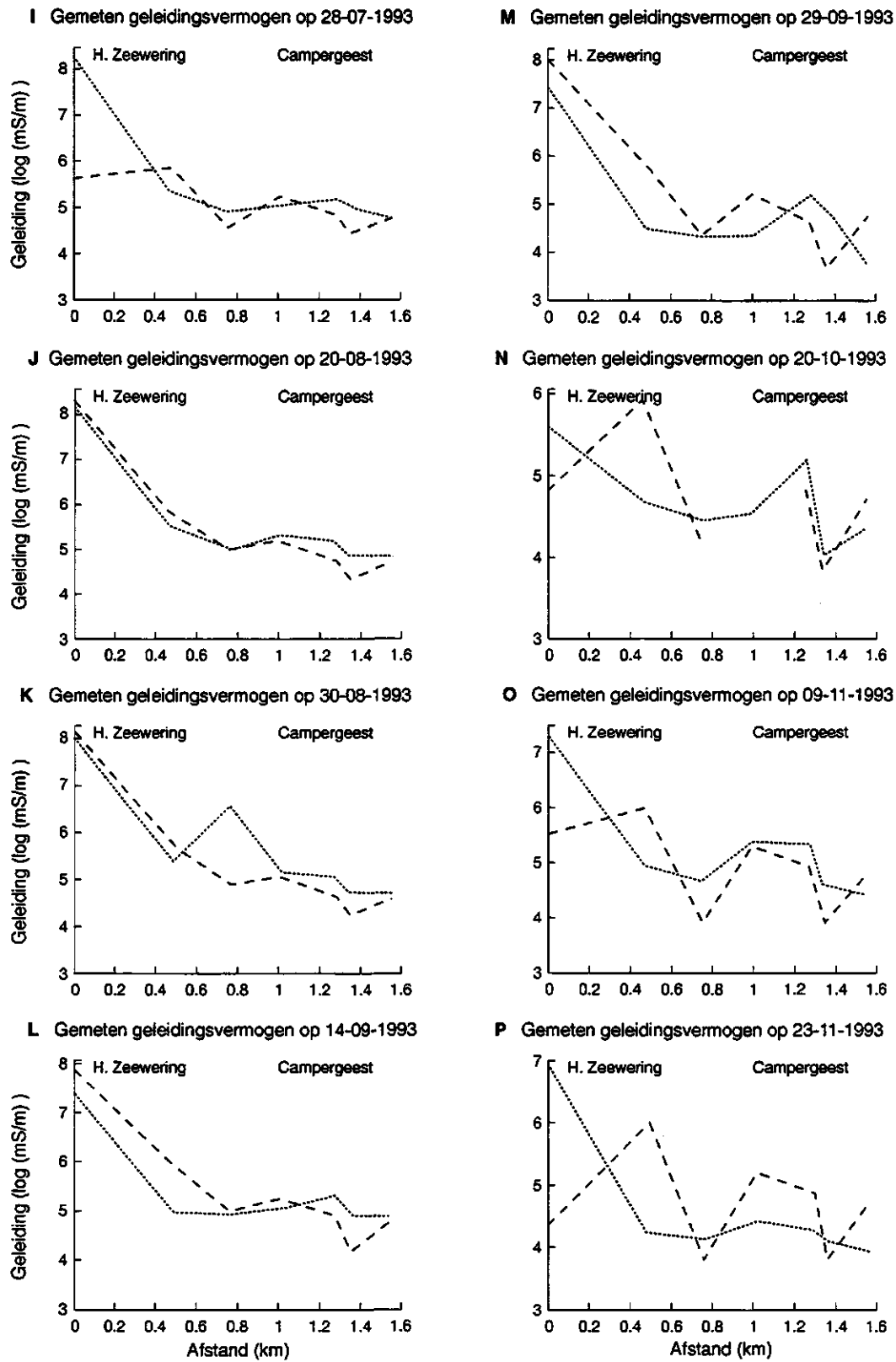


Fig. 16 vervolg

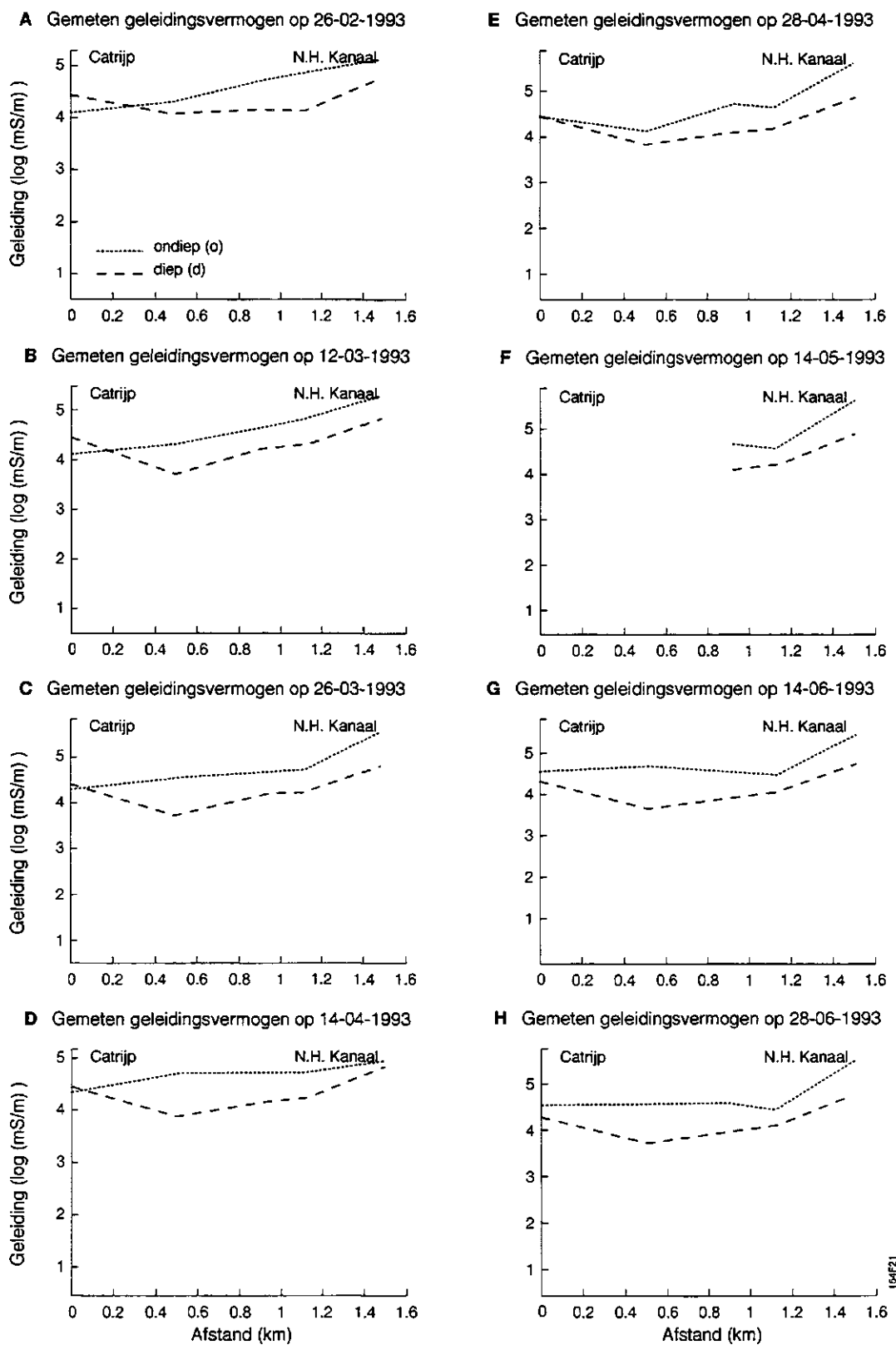


Fig. 17 Gemeten elektrisch geleidingsvermogen (EC) in de periode 26 februari t/m 23 november 1993 in de ondiepe en diepe peilbuizen van raai 2

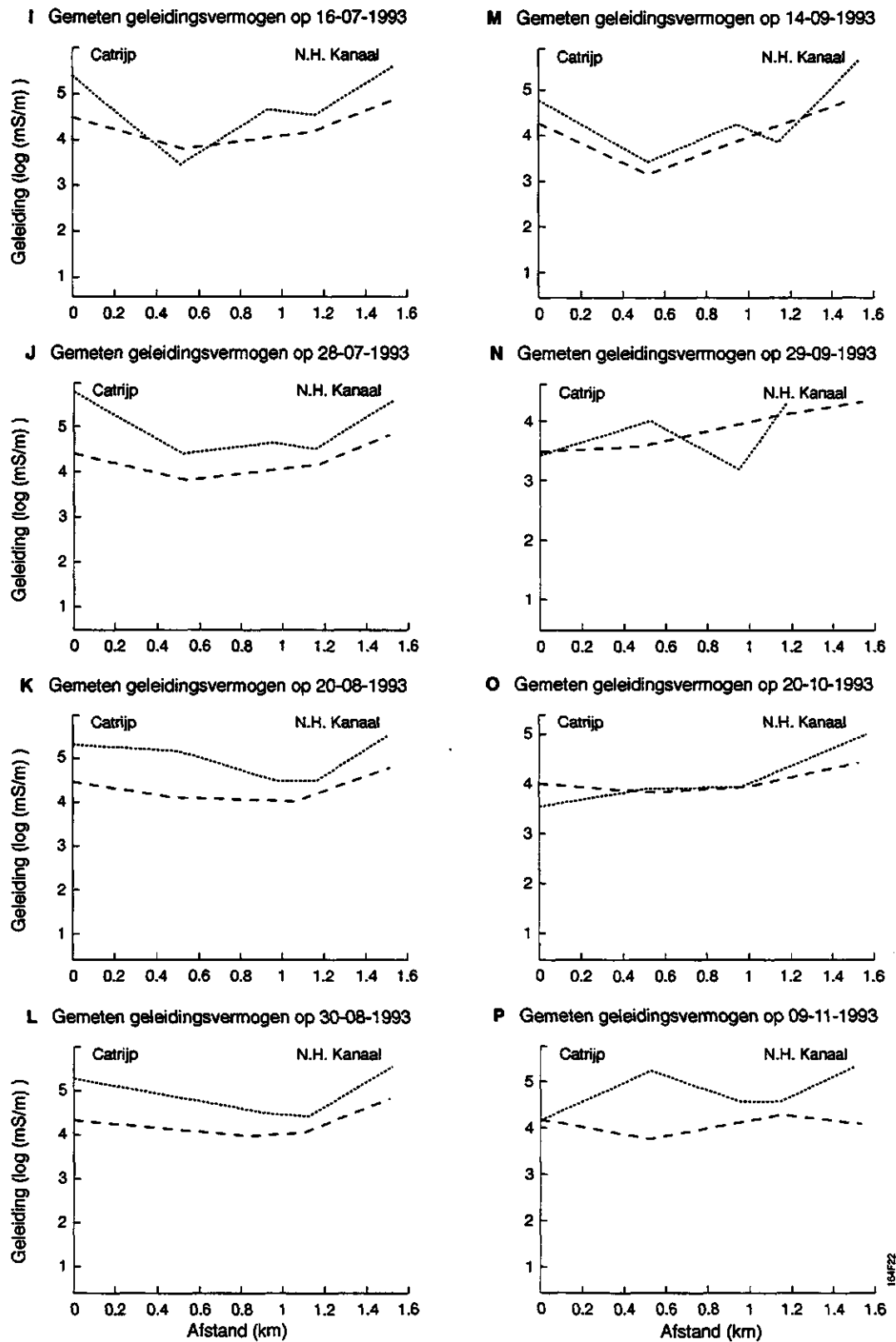


Fig. 17 vervolg

Q Gemeten geleidingsvermogen op 23-11-1993

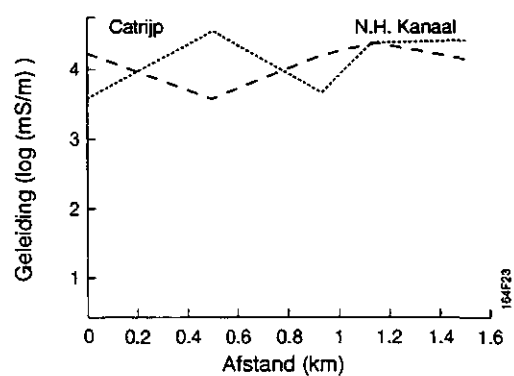


Fig. 17 vervolg

De sloten langs de binnenduinrand vertonen alle in maart 1994, zoals verwacht, lage EC-waarden die variëren van 35-60 mS/m (zoutgehalte 0,1-0,2 g/l). Dit is ook het geval bij de sloten in de polder, die zijn gegraven in het gebied met Rekere-afzettingen, waarin ingestoven zand voorkomt. Hier bestaat een duidelijk verband tussen de bodemgesteldheid en de waterkwaliteit van het oppervlaktewater.

In het middengedeelte van de Groeterpolder en Grootdammerpolder vertonen de sloten EC-waarden tussen 60 en 100 mS/m (zoutgehalte 0,2-0,5 g/l). Daar wordt het polderwater beïnvloed door kwel vanuit het Noordhollandsch Kanaal. De invloed wordt naar het kanaal toe groter met EC-waarden tussen 100 en 200 mS/m (zoutgehalte 0,5-1,1 g/l). In het oostelijke deel van de Grootdammerpolder neemt de invloed vanuit het Noordhollandsch Kanaal weer af. De zone tussen de binnenduinrand van Schoorl en het kanaal is hier betrekkelijk smal en de invloed van het duinwater op de oppervlaktewaterkwaliteit is sterker. Daar varieert de EC-waarde van < 40 mS/m (zoutgehalte < 0,2 g/l) aan de binnenduinrand tot 60 tot 80 mS/m (zoutgehalte 0,2-0,3 g/l) langs het Noordhollandsch Kanaal.

6.2.2.3 EC-kaart van het freatisch grondwater van de Leipolder, Vereenigde Harger- en Pettemerpolder, Groeterpolder en Grootdammerpolder

De resultaten van de EC-metingen van het freatisch grondwater²⁶ betreffen het gehele noordelijke deel van Bergen-Schoorl (kaart 2). Zoals reeds in paragraaf 6.1.2 is vermeld, moeten we bij de interpretatie van deze kaart enige kanttekeningen plaatsen. Het elektrisch geleidingsvermogen van het grondwater hebben wij gemeten in boorgaten, die voor het bodemkundige onderzoek (Mulder et al., 1995) zijn verricht. De opname van de noordelijke polders heeft plaatsgevonden in de periode mei-september 1993, die van de zuidelijke polders gedurende het najaar van 1993. Door factoren als verdamping, neerslag, effecten van bemaling enzovoort kunnen schommelingen optreden in de kwaliteit van het freatisch grondwater. De EC-metingen in de ondiepe buizen (tabel 13) laten dit fraai zien. De informatie op de EC-kaart van het grondwater geeft derhalve een enigszins vertekend beeld²⁷.

Uitgesproken hoge EC-waarden (< 1500 mS/m, zoutgehalte > 9 g/l) treffen we aan in het grondwater van de Leipolder en de Vereenigde Harger- Pettemerpolder met name langs de Hondsbossche Zeewering. Tussen Camperduin en Hargen komen zeer lage EC-waarden (< 40 mS/m) en zoutgehalten (< 0,2 g/l) in het grondwater voor, terwijl in het middengedeelte vermenging van zoet en zout water is opgetreden. Daar vinden we EC-waarden tussen 100-400 mS/m (zoutgehalte 0,5-2,2 g/l) met uitschieters tussen 750-1500 mS/m (zoutgehalte 4,5-9 g/l) in het gebied ten oosten van 'De Putten' tussen

²⁶ Tijdens de metingen van de EC van het grondwater en de peilbuizen (tabel 12) hebben we ook de saliniteit en de temperatuur van het grondwater gemeten. De resultaten zijn respectievelijk in tabel 14 en 15 weergegeven.

²⁷ Ook bij de vergelijking van beide EC-kaarten dient met dit probleem rekening te worden gehouden. De EC-metingen van het oppervlaktewater in de noordelijke polders hebben in twee dagen (augustus 1993) plaatsgevonden, die van het grondwater over het gehele gebied besloeg een periode van meer dan een half jaar.

de Houtendijk en de Miensloot. Het kaartbeeld laat voorts fraai zien, hoe het grondwater direct langs de Hondsbossche Slaperdijk vanaf Hargen met lage EC-waarden naar het noorden toe steeds zouter wordt.

De EC-waarden van het grondwater van de Groeterpolder en Grootdammerpolder geven eenzelfde beeld als dat van het oppervlaktewater, namelijk plaatselijk relatief hoge EC-waarden in het noordwesten, die variëren van 60- > 750 mS/m (zoutgehalte 0,2- > 4,5 g/l) en lage EC-waarden (tussen 30 en 60 mS/m, zoutgehalte 0,1-0,2 g/l) langs de binnenduinrand. Langs het Noordhollandsch Kanaal en in het middengedeelte van de beide polders treffen we EC-waarden aan, die variëren tussen 60 en 400 mS/m (zoutgehalte 0,2-2,2 g/l). In het uiterste zuidoosten bij Schoorl dam vinden we weer lage EC-waarden in het grondwater (30-40 mS/m, zoutgehalte < 0,2 g/l).

6.2.2.4 EC-waarden van het grondwater in de ondiepe en diepe buizen van de raaien 1 en 2

In tabel 13 zijn de EC-waarden van het grondwater weergegeven, die we in de ondiepe en diepe buizen van raai 1 en 2 hebben gemeten. Van beide raaien hebben we de EC-waarden per meetdatum in de periode februari-december 1993 in een grafiek uitgezet (figuur 16 en 17). Op de x-as is de afstand in kilometers tussen de buizen uitgezet en op de y-as de logaritmische waarden van de EC.

Figuur 16 laat zien, dat de EC-waarden van het grondwater in de ondiepe buizen van raai 1 (stippeltjeslijn) in het algemeen vanaf de Hondsbossche Zeewering afneemt van zeer hoog naar zeer laag (van > 1500 mS/m naar 40-60 mS/m, zoutgehalte van > 9 g/l naar 0,1 g/l). In de periode februari-augustus treden weinig schommelingen in de EC-waarden van het ondiepe grondwater op. Op 30 augustus komt daarin verandering²⁸. We nemen een forse stijging van de EC-waarden in de ondiepe buis 5 waar (851 mS/m), die echter in september weer terugzakt naar een waarde van 131 mS/m. Sinds die periode nemen de EC-waarden aan de zijde van de Hondsbossche Zeewering iets af. In het middengedeelte van raai 1 vinden behoorlijke schommelingen in de EC-waarden plaats.

De EC-waarden van het grondwater (fig. 16) in de diepe buizen van raai 1 (streepjeslijn) geven in de tijd gezien een meer constant beeld (van > 1500 mS/m naar 50 mS/m) tot en met september. Daarna treden er behoorlijke schommelingen op. Opmerkelijk is, dat buis 7d aan de Kamperkaai langs de Hondsbossche Zeewering in de periode februari-augustus aanzienlijk lagere EC-waarden aangeeft dan de ondiepe buis. Het lijkt erop, dat we hier te maken hebben met een ingesloten zoetwaterbel. We hebben deze buis begin augustus leeggepompt. Hierna zien we, dat de EC-waarden in buis 7d fors stijgen en gelijke tred houden met die van de ondiepe buis (7o). Op 20 oktober blijkt de EC-waarde van buis 7d weer tot op het oude niveau te zijn gedaald.

²⁸ Over de oorzaak hiervan kunnen we slechts gissen. Mogelijk speelt druk van regenwaterlenzen op het zout/brakke systeem een rol.

De grafieken van raai 2 Catrijp-Noordhollandsch Kanaal (fig. 17) laten een heel ander beeld zien. De EC-waarden van het grondwater in de ondiepe als diepe buizen zijn vrij constant, ook ten opzichte van elkaar.

De EC-waarden van het grondwater in de ondiepe buizen (stippeltjeslijn) zijn in het algemeen hoger dan die in de diepe buizen. We zien een toename van de EC-waarden richting Noordhollandsch Kanaal, die we toeschrijven aan kwel vanuit het kanaal.

6.2.3 Statistische analyse

6.2.3.1 Regressievergelijkingen

Tabel 16 geeft enkele regressievergelijkingen tussen een aantal relevante variabelen. Cl en Ca zijn goed te voorspellen met de EC. De verklaarde variantie is hoog. De voorspelling van rLiAng met IR is redelijk en van Th met EC laat te wensen over. De beste correlatie vinden we tussen Cl en EC. De correlatie tussen IR en LiAng is voor oppervlaktewater seizoensafhankelijk; in augustus (veel neerslag) is de relatie slecht, waarschijnlijk omdat het water dan een minder lithotroof karakter krijgt. De relatie tussen IR en LiAng is daarom voor deze situatie niet te gebruiken.

De regressievergelijking voor EC en Cl lijkt erg goed, namelijk ruim 99% verklaarde variantie. Uit figuur 18 blijkt, dat de meeste punten zich bevinden bij een EC van < 500 mS/m en de vorm van een waaier hebben. Het is mogelijk, dat door de uitschieters in de EC een vertekend beeld ontstaat. Als we de regressie-analyse uitvoeren om uitgaande van de EC_{20} , de Cl-waarden te bepalen, blijken forse verschillen te ontstaan tussen de berekende en de gemeten Cl-waarden. Tabel 17 geeft hiervan een overzicht. De eerste kolom bevat de gemeten Cl, de tweede de berekende Cl volgens de regressievergelijking van EC en Cl met tussen haakjes het verschil tussen berekende en gemeten waarde in %. Er zijn 3 Cl-waarden berekend: de eerste waarde is voor alle meetpunten; de tweede zonder de punten met $EC_{20} > 1000$ (mS/m); de derde zonder de punten met $EC_{20} > 500$ (mS/m).

Uit tabel 17 blijkt, dat vooral in de lagere Cl-gehalten forse verschillen tussen berekende en gemeten Cl voorkomen (> 30% afwijking bij een Cl-gehalte < 163 mg/l = EC < 120 mS/m). Waarschijnlijk ligt de verklaring hiervoor als volgt: door een mix te nemen van hoge en lage EC-waarden ontstaat een regressie met Cl die een hoge verklaarde variantie heeft, maar in het lage Cl-bereik (< 163 mg/l = ongeveer de RhL waarde) erg gevoelig is voor afwijkingen met de gemeten waarde.

Als aanbeveling kunnen de volgende regressievergelijkingen voor de volgende grenzen genomen worden:

* $Cl = 3,9831 \cdot EC_{20} - 256,4$ (verkl. var.= 99,8%) bij EC > 1000 mS/m

* $Cl = 3,688 \cdot EC_{20} - 199,8$ (verkl. var.= 97,5%) bij EC van 500-1000 mS/m

* $Cl = 3,384 \cdot EC_{20} - 156,8$ (verkl. var. = 92,5%) bij EC van 120-500 mS/m

Tabel 16 Regressievergelijkingen tussen een aantal relevante variabelen

Oppervlaktewater (mrt. 1993) (+ verklaarde variantie in %)	Oppervlaktewater (aug. 1993) (+ verklaarde variantie in %)	Grondwater (1993) (+ verklaarde variantie in %)	Totaal (+ verklaarde variantie in %)
LiAng = 0,843*IR+10,83 (78%)	LiAng = 0,634*IR+15,38 (23,9%) (niet significant)	LiAng = 0,731*IR+19,15 (73,1%)	LiAng = 07633*IR+14,90 (67,7%)
Cl = 3,821*EC ₂₀ -218,5 (99,3%)	Cl = 3,7735*EC ₂₀ -132,6 (99,8%)	Cl = 4,035*EC ₂₀ -342,2 (99,9%)	Cl = 3,9831*EC ₂₀ -256,4 (99,8%)
Ca = 0,1713*EC ₂₀ +57,9 (62,8%)	Ca = 0,1606*EC ₂₀ +29,16 (91,9%)	Ca = 0,0883*EC ₂₀ +74,9 (77,4%)	Ca = 0,0996*EC ₂₀ +63,18 (74,4%)
-	-	-	Th = 11,48*lnEC+24,72 (55,6%)

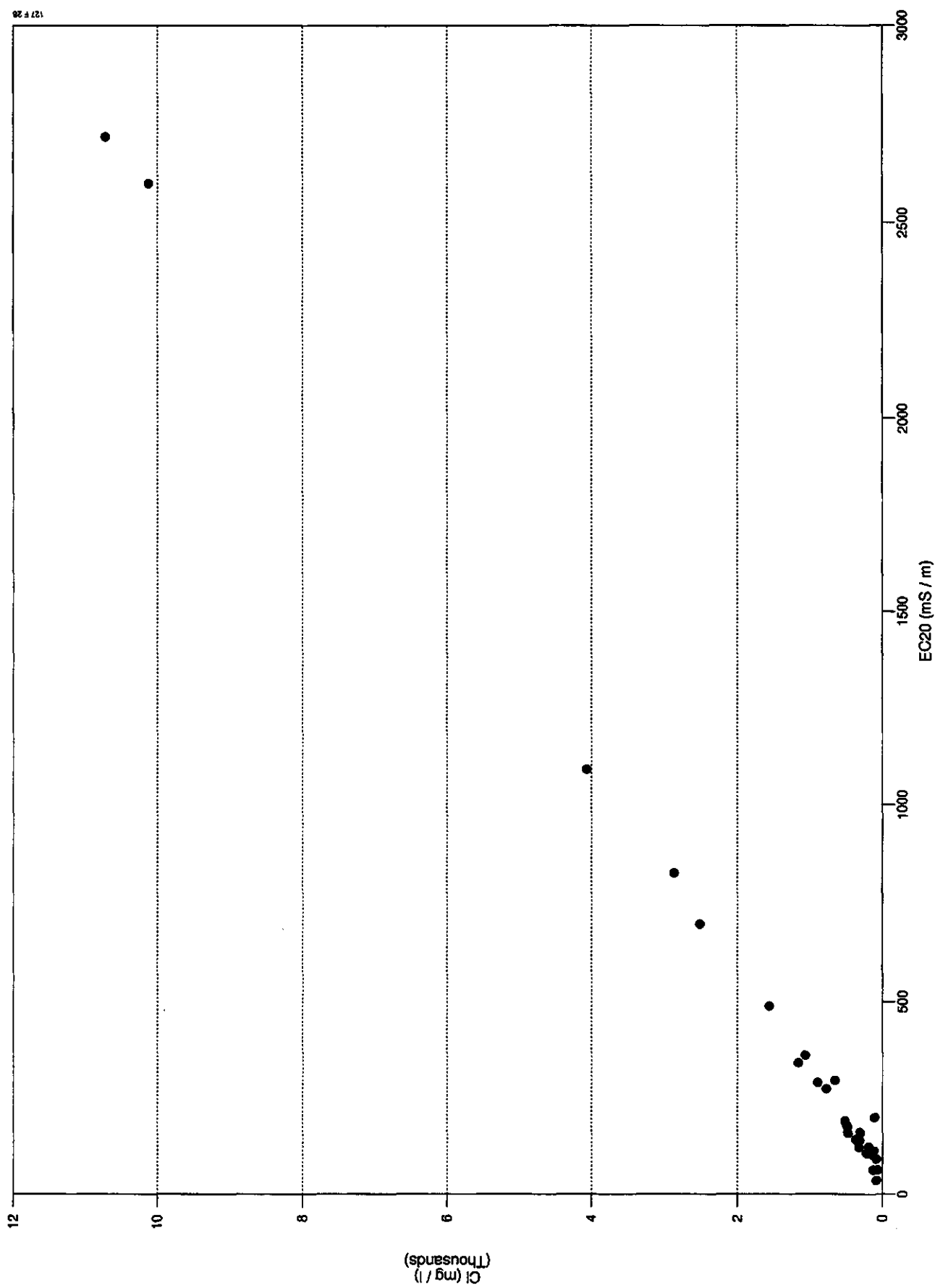


Fig. 18 Grafiek met de regressievergelijking tussen Cl en EC

Voor $EC < 120$ mS/m is het verschil tussen de berekende en gemeten Cl-gehalten relatief erg groot zodat uit de EC geen Cl berekend kan worden. Verder moet worden geconcludeerd, dat op grond van de vrij lage verklaarde variantie en op grond van het bovenstaande voor Cl met EC de relatie Ca met EC met name voor het zoete gebied ($EC < 120$ mS/m) geen betrouwbare voorspellingen van Ca uit EC zal geven.

Tabel 17 Gemeten en berekende Cl-waarden (met een GENSTAT-rekenprogramma)

Cl-gemeten	Cl-berekend volgens regressieanalyse					
	alle waarnemingen		EC < 1000		EC < 500	
10700	10578	(-1)	-		-	
10100	10100	(0)	-		-	
760	831	(9)	807	(6)	767	(1)
1070	1174	(10)	1124	(5)	1058	(-1)
490	438	(-11)	443	(-10)	433	(-12)
500	469	(-6)	471	(6)	459	(-8)
163	213	(31)	235	(44)	242	(49)
103	175	(69)	199	(93)	209	(103)
119	523	(340)	522	(339)	506	(325)
46	-3	(-105)	35	(-22)	59	(29)
670	907	(35)	877	(31)	831	(24)
350	322	(-8)	335	(-4)	334	(-5)
307	382	(24)	391	(27)	385	(26)
1560	1691	(8)	1604	(3)	1498	(-4)
2520	2524	(0)	2374	(-6)	-	
380	328	(-14)	342	(-10)	340	(-11)
888	891	(0)	862	(-3)	818	(-8)
295	277	(-6)	294	(-0)	297	(1)
95	109	(15)	138	(46)	154	(62)
87	-37	(-142)	3	(-96)	30	(-66)
85	11	(-87)	48	(-43)	71	(-17)
142	167	(18)	193	(36)	203	(43)
216	194	(-10)	217	(1)	226	(5)
2880	3038	(5)	2850	(-1)	-	
4070	4085	(0)	-		-	
320	249	(-22)	269	(-16)	273	(-15)
1160	1098	(-5)	1054	(-9)	994	(-14)
90	-92	(-202)	-47	(-153)	-17	(-119)
460	402	(-13)	410	(-11)	403	(-12)
77	-82	(-206)	-38	(-149)	-8	(-111)
85	-68	(-180)	-25	(-130)	3	(-96)
122	16	(-88)	53	(-57)	75	(-39)

6.2.3.2 Kaart met chloridegehalten van het grondwater

Uit het voorgaande blijkt, dat voor dit gebied, waar de zeewaterinvloed dominant is, de EC de beste informatie geeft over zout/brak/zoet gradiënten. Deze kan worden vertaald naar Cl-waarden. De volgende indeling in Cl-gehalten (mg/l) is gemaakt (CUWVO, 1988):

* zoet	0 - 170
* oligohalien	170 - 1 000
* mesohalien	1000 - 10 000
* polyhalien	10 000 - 17 000
* euhalien	> 17 000

Op deze manier hebben we met behulp van het GIS-programma ARC-INFO een zoet-zout kaart van het grondwater gemaakt (kaart 3). Euhalien water (Cl-waarde > 17 000 mg/l) komt in ons gebied niet voor. De patronen op de chloridekaart komen zoals verwacht overeen met de EC-kaarten (kaart 1 en 2). Vanaf Schoorl zien we richting Hondsbossche Zeewering het chloridegehalte oplopen van zoet (< 170 mg/l) naar brak-zout grondwater (meso- tot polyhalien, 1000-17 000 mg/l). In het centrale deel van het gebied treedt vermenging op (oligohalien water, 170-1000 mg/l).

6.2.3.3 Beschrijving van de histogrammen

Uit de histogrammen (fig. 19 t/m 24) kunnen we het volgende aflezen:

- EC, Ca, Cl, SO₄, RhL en Th zijn scheef verdeeld; LiAng en IR zijn normaal verdeeld;
- slechts 8 van de 32 monsterpunten hebben EC-waarden die te vergelijken zijn met die van RhL. Dat betekent dat veel monsters zout zijn;
- op basis van de EC-metingen is het aantal lithotrofe monsters beperkt (5 van de 32). Afgaande op de Ca- en HCO₃⁻-gehalten zouden ruim 20 monsters tot de lithotrofe groep moeten behoren. Bedacht moet worden dat een sterke zoutinvloed (dus zeewaterinvloed), zoals blijkt uit de hoge chloridegehalten en EC-waarden, ook een toename van Ca inhoudt (Ca van zeewater is ongeveer 4 keer zo hoog als van LiAng). Hoge HCO₃⁻-gehalten kunnen alleen uit LiAng verklaard worden (zeewater is een factor 3,5 keer zo klein);
- HCO₃⁻-gehalten van > 400 mg/l, zoals deze in het grondwater zijn aangetroffen, kunnen drie oorzaken hebben:
 - 1 hoge kalkgehalten in de bodem. Ook het Ca-gehalte moet dan hoog liggen, namelijk > 120 mg/l. Dit kan geen zeewaterinvloed zijn, omdat daarvoor het HCO₃⁻-gehalte te hoog is. Voor HCO₃⁻ geldt dat 8 van de 32 watermonsters hoger liggen dan 400 mg/l en voor Ca 11 monsters hoger dan 115 mg/l;
 - 2 historisch hoge nitraatgehalten. Nitraat wordt onder natte omstandigheden gedenitrificeerd door pyriet (dit geeft hoge sulfaatgehalten; pyriet kan door luchtzuurstof, dus onder aërobe omstandigheden ook hoge sulfaatgehalten geven) of door organische stof (geeft hoge bicarbonaatgehalten);
 - 3 reductie van sulfaat door organische stof;

- hoge sulfaatgehalten (hoger dan 80 mg/l = RhL referentiepunt) kunnen vier oorzaken hebben:
 - 1 oxydatie van pyriet;
 - 2 invloed van zeewater;
 - 3 verzuring²⁹;
 - 4 landbouwinvloed.
- vergelijken we het oppervlaktewater van maart met augustus (1993), dan zien we dat de zoutgehalten in augustus allemaal iets lager liggen dan in maart. Dit kan door verdunning verklaard worden. We zien dat goed als we de som van de kationen en anionen met elkaar vergelijken (in meq/l; tabel 18a en b). Overigens zijn de waarnemingen (10 per opp. water) te laag, om harde uitspraken te doen;
- het grondwater heeft hogere zoutgehalten dan het oppervlaktewater, vooral wat betreft de bicarbonaat- en chloridegehalten (buis 7o, 6o en 6d, 2o en 2d, 13o, 11o en 11d). Vaak is de ondiepe buis bicarbonaatrijker. Er is geen duidelijk verband met Ca. Waarschijnlijk hebben we niet te maken met kalk in de bodem, maar met een historische nitraatvervuiling en/of reductie van sulfaat door organische stof;
- omdat in het onderzochte gebied betrekkelijk veel oppervlakte- en grondwatermonsters met hoge zoutconcentraties zijn genomen, heeft dit consequenties voor de verwerking via het LAT frame, omdat teveel punten bij Th liggen.

Tabel 18a Som van de kationen en anionen van het oppervlaktewater (in meq/l) in maart 1993 (10 monsters)

-	0,40	0	
0,40 -	5,00	0	
5,00 -	14,00	1	*
14,00 -	19,00	1	*
19,00 -	50,00	5	*****
50,00 -	150,00	2	**
150,00 -	250,00	1	*

Tabel 18b Som van de kationen en anionen van het oppervlaktewater (in meq/l) in augustus 1993 (10 monsters)

-	0,40	0	
0,40 -	5,00	0	
5,00 -	14,00	3	***
14,00 -	19,00	1	*
19,00 -	50,00	3	***
50,00 -	150,00	1	*
150,00 -	250,00	2	**

²⁹ In dit gebied zal weinig verzuring voorkomen (de sulfaatdeposities zijn het hoogst in Zuid-West Nederland). Nagegaan kan worden of er pyriet voorkomt. Combineren we hoge sulfaat- met hoge chloridegehalten, dan is zee-invloed de meest voor de hand liggende verklaring.

6.3 Conclusies

Op basis van het hydrochemisch onderzoek kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- er is een significant verband met een hoge verklaarde variantie tussen EC en CL;
- er is een duidelijke zeewaterinvloed, waardoor het hoge Ca-gehalte moet worden verklaard (geen grondwaterinvloed);
- het oppervlaktewater in augustus 1993 is atmotrofer dan in maart 1993;
- het grondwater behoort meestal tot het zout-brakke watertype;
- er komen hoge sulfaatconcentraties voor, hetgeen op zeewaterinvloed wijst, maar ook door pyriet-oxydatie kan ontstaan;
- er komen hoge bicarbonaatgehalten voor. Dat kan door het kalkkarakter van het water c.q. bodem komen; het kan ook worden veroorzaakt door reductie van nitraat en/of sulfaat door organische stof in een anaëroob milieu;
- het oppervlaktewater van het regenwatertype is altijd sterk beïnvloed;
- de histogrammen geven een goede eerste indruk van de waterkwaliteit;
- het LAT frame is minder goed toepasbaar bij de bepalingen van de gradiënten atmotroof/lithotroof en atmotroof/polderwater, omdat de meeste punten in de buurt van het referentiepunt van zeewater liggen. Pas bij $EC < 100 \text{ mS/m}$ zijn bovengenoemde gradiënten op te sporen³⁰;
- het elektrisch geleidingsvermogen (EC) is voor dit gebied een uitstekende voorspeller van zoet/zoutgradiënten gebleken;
- uit kaart 1 en 2 blijkt dat de laagste EC-waarden van het oppervlakte- en grondwater voorkomen langs de binnenduinrand en de hoogste EC-waarden langs de Hondsbossche Zeewering en de Oude Schoorlse Zeedijk. In het middengebied van de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder treedt duidelijk vermenging van zout en zoet water op, in dat van de Groeterpolder en Grootdammerpolder vermenging van polderwater en duinwater.

³⁰ Om een dergelijk probleem op te vangen, zou vooraf aan de monsternamen vlakdekkend de EC van het oppervlaktewater (eventueel grondwater) van een gebied moeten worden gemeten om vervolgens van EC-waarden $< 100 \text{ mS/m}$ de samenstelling van de macro-ionen te bepalen om via IR-EC dan wel rLiAng-rTh de lokale waterbalans in % LiAng, AtW en RhL vast te stellen.

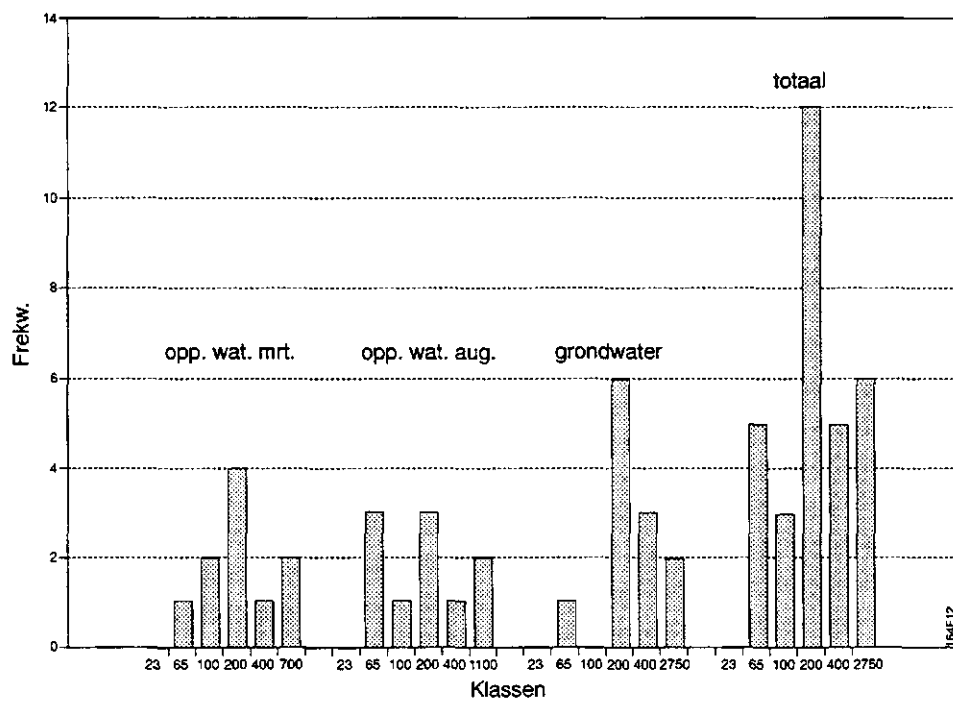


Fig. 19 Histogrammen van EC

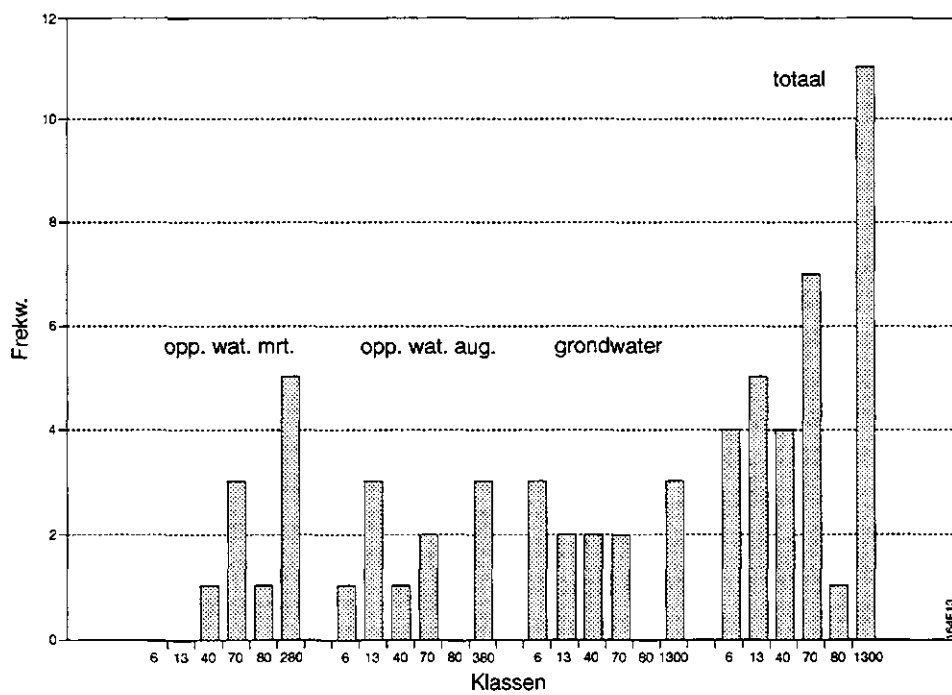


Fig. 20 Histogrammen van sulfaat

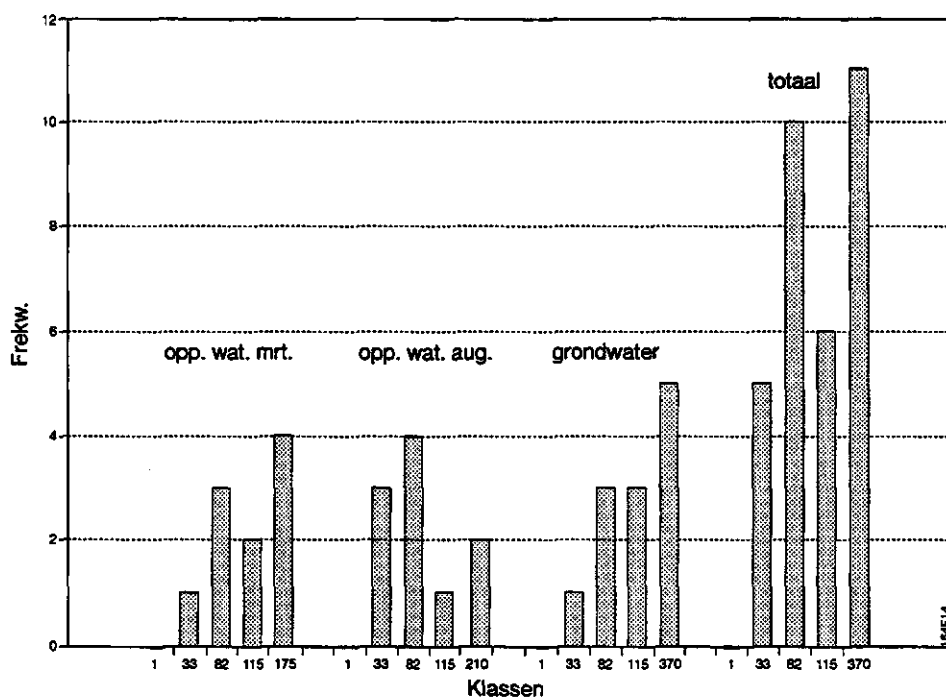


Fig. 21 Histogrammen van calcium

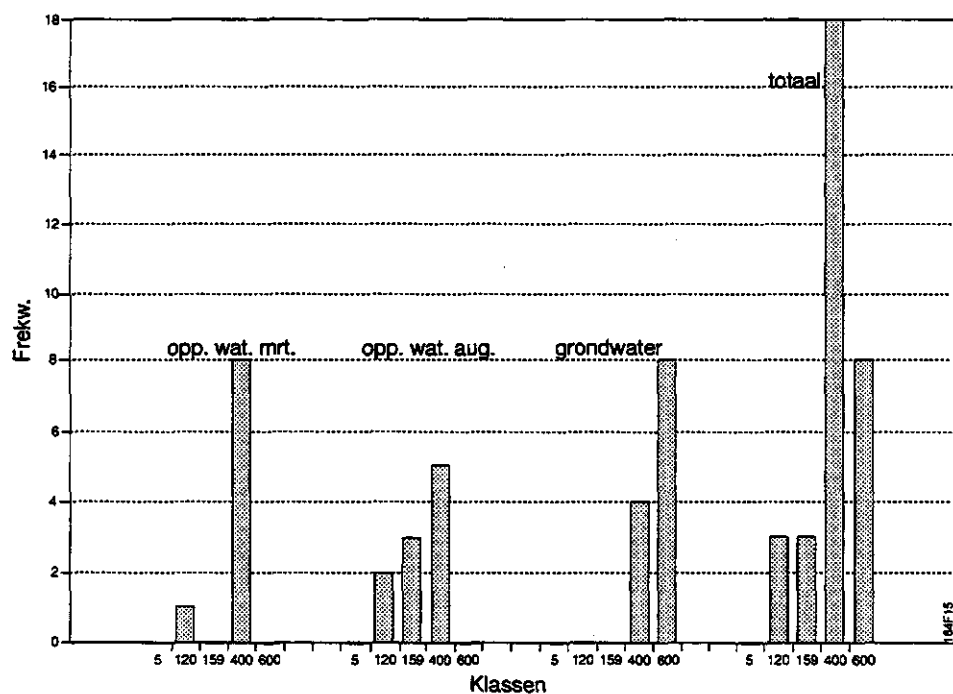


Fig. 22 Histogrammen van bicarbonaat

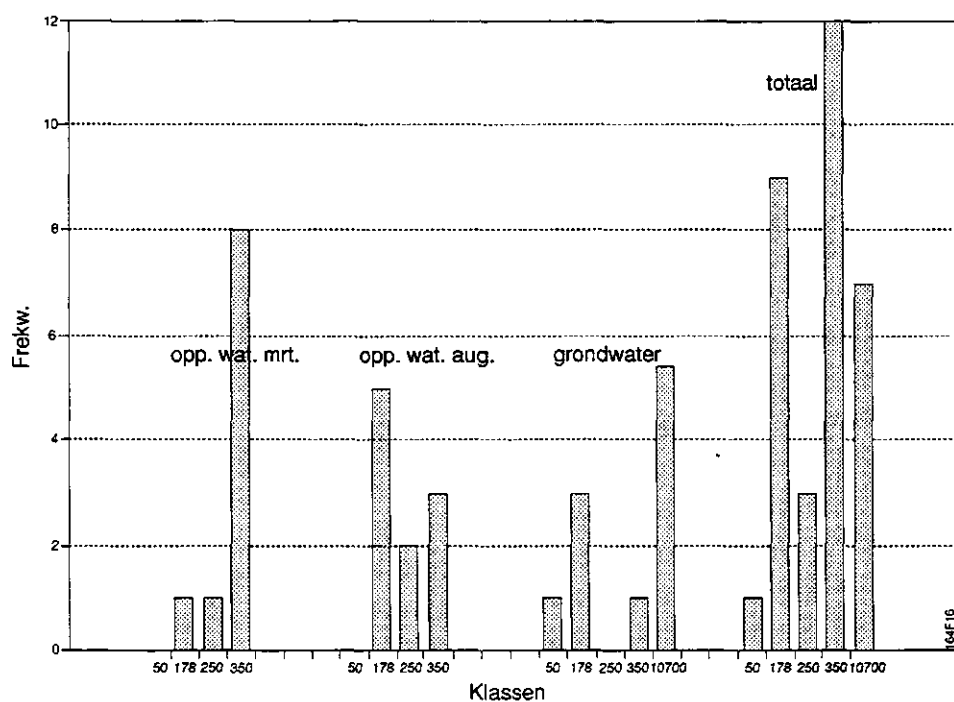


Fig. 23 Histogrammen van chloride

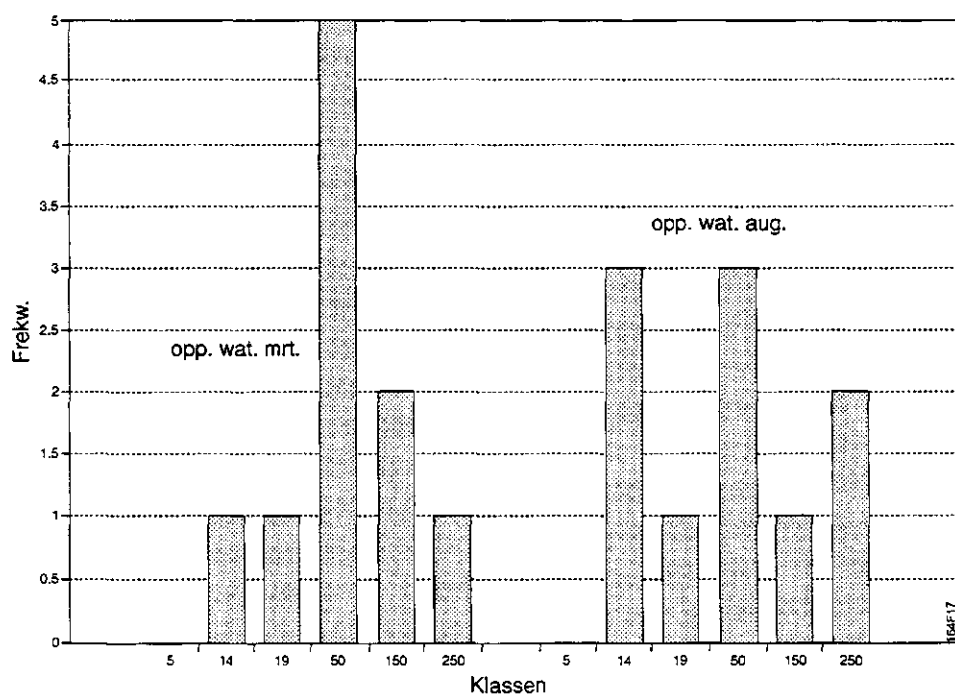


Fig. 24 Histogrammen van de som van kationen en anionen

7 Geohydrologische systemen

Op basis van de verzamelde abiotische gegevens hebben we een kaart met de geohydrologische systemen (kaart 4) vervaardigd. We hebben de volgende systemen en subsystemen onderscheiden:

- 1 Hondsbossche systeem (zout, Noordzee, duinen en Hondsbossche Vaart);
- 2 Binnenduinrandsysteem (zoet, duinen);
- 3 Noordhollandsch Kanaalsysteem (vervuild, polders, duinen en Noordhollandsch Kanaal);
- 4 Weichsysteem³¹ (gemengd, polders):
 - 4.1 Slaperdijksysteem (gradiënt zoet-brak-zout);
 - 4.2 Pettemersubstelsysteem (brak-zout);
 - 4.3 Hargersubstelsysteem (brak-zoet);
 - 4.4 Groetersubstelsysteem (zoet-brak, deels vervuild).

Op de kaart met de geohydrologische systemen hebben we de uitgesproken kwel- en wegzijgingsgebieden met een raster aangegeven. Voorts hebben we de voornaamste boezems en watergangen met hun stroomrichting ingetekend, evenals de plaats van de gemalen. Hieronder geven we een beschrijving van de systemen.

7.1 Hondsbossche systeem

Topografie

Het gebied van het Hondsbossche systeem (systeem 1 op kaart 4) ligt langs de Hondsbossche Zeewering en de Oude Schoorlse Zeedijk met de Munnikenweg en Kamperkaai als oost- en noordgrens. Het gebied helt af van zuid naar noord en van oost naar west 0,25 m -> 2,00 m - NAP.

Geologie

Het afdekkende pakket is circa 3,50 tot 4,50 m dik en bestaat in het algemeen uit lichte Rekere-afzettingen (plaatselijk met pikklei in de ondergrond) op Hollandveen (voor zover dat niet is opgeruimd) op slappe rietklei (Duinkerken 0) op klei en zavel (Calais IV). Ten noorden van de 'De Putten', in de Leipolder en ten oosten van 'Het verdolven End' bestaat de bovengrond uit zeer lichte zavel (dijkdoorbraakafzettingen). WPV-1 bestaat uit fijne, kalkrijke zanden (Calais IV). Het Basisveen komt wel langs de Hondsbossche Zeewering voor op een diepte van circa 15 m -NAP, maar is in de omgeving van de Oude Schoorlse Zeedijk door latere zee-inbraken opgeruimd.

³¹ Weich was een landstreek tussen Groet en Petten. In een oorkonde uit 1231 komt de naam 'Weich' het eerst voor. Daarin werd bepaald dat het bedoelde land bedijkt mocht worden (Westenberg, 1974).

Bodemgesteldheid

Het gebied is opgebouwd uit jonge getij- en doorbraakafzettingen (zeekleigronden), die uit drechtvaag- en poldervaaggronden bestaan. De bovengrond van de drechtvaaggronden bestaat uit lichte zavel (doorbraakafzettingen). De ondergrond bestaat veelal uit vrij goed doorlatende, gelaagde zand en zavel- en kleibandjes. Tussen 40 en 80 cm - mv. begint het rietzeggeveen (Hollandveen). De drechtvaaggronden komen overwegend voor op Gt IIa.

De poldervaaggronden hebben een bovengrond van zeer lichte (doorbraakafzettingen) tot zware zavel (getij-afzettingen) met overwegend profielverloop 5. Ten oosten van de 'De Putten' komen poldervaaggronden voor, waar direct onder de bovengrond een 50 tot 80 cm dikke laag pikklei voorkomt (profielverloop 3 en 4) waaronder zich rietzeggeveen bevindt. Ter plaatse van voormalige Rekere-geulen is het Hollandveen opgeruimd. Daar bestaat de ondergrond uit kalkrijke, gelaagde zavel (beddingmateriaal).

De grondwatertrappen variëren van Gt IIa in de kommen en afgegraven percelen, Gt III bij de oeverafzettingen tot Gt VIo bij de kreekruggen.

De voormalige tankgracht ten noorden van de Kamperkaai heeft als stortplaats gefundeerd. Ten zuiden van 'De Putten' is de tankgracht in hoofdzaak opgevuld met klei en veen.

Geomorfologie en hoogteligging

Vooraf in het noordwesten komen vlakten van getij-afzettingen voor op 1 m tot 2 m - NAP; welvingen in getij-afzettingen (relatief hooggelegen kreekruggen, restgeultjes en kommen) in het midden en zuiden van het gebied op 0,25 m tot 1 m - NAP; zee-erosie-laagten (als gevolg van dijkdoorbraken) op circa 1 m tot 2 m - NAP. Laagten ontstaan door afgraving komen in hoofdzaak voor in smalle stroken langs de Hondsbossche Zeewering en ter plaatse van het poldertje 'Het Verdolven End'. De hoogteligging varieert van 1 m tot 1,5 m - NAP. In het uiterste noorden komt een gebiedje voor, waar klei is opgetast. De Hondsbossche Zeewering (circa 11 m + NAP) en de Oude Schoorlse Zeedijk (circa 4 m + NAP) vormen twee afzonderlijke systemen en bepalen in hoge mate het landschappelijke beeld van dit gebied. In de Leipolder bevindt zich nog een restant van de Dromerdijk. Belangrijke wateren zijn de molensloot, 'De Putten' en een aantal doorbraakkolken. De voormalige tankgracht is nog vrijwel over de gehele lengte van het gebied als een smalle laagte in het landschap zichtbaar. Bij Camperduin bevinden zich nog de restanten van een tankwering.

Geohydrologie

Het afdekkende pakket (SDP-1F) is door erosie vanuit de Noordzee (kustafslag, dijkdoorbraken) zeer wisselend van dikte en samenstelling met c-waarden, die variëren van > 700 dagen tot < 200 dagen. De k-waarde van het eerste watervoerende pakket (WVP-1) bedraagt 5-30 m/d. Het eerste scheidende pakket (SDP-1G) bestaat grotendeels uit compact veen (Basisveen), waarvan de c-waarde 10 000 tot 30 000 dagen bedraagt. Langs de Oude Schoorlse Zeedijk is het Basisveen opgeruimd.

Het zomer- en winterpeil van de polder ten zuiden van 'De Putten' bedraagt respectievelijk 1,40 m en 1,53 m - NAP, van het gebied van de 'De Putten' 2,10 m - NAP (manipulatie is mogelijk vanwege een afsluitbare duiker in de Kamperkaai), van de aangrenzende oostelijke polder 1,45 m en 1,53 m - NAP, van de polder ten noorden van de Kamperkaai 1,48 m en 1,53 m - NAP, en van de Leipolder 2,18 m en 2,28 m - NAP.

De gronden op Gt Vlo zijn op de systemenkaart aangegeven als gebieden met lichte wegzijging. Het betreft de relatief hooggelegen, lichte kreekkruggen in de omgeving van 'De Putten' en in het noorden van dit gebied. De laaggelegen, veelal afgegraven percelen (en opgevulde tankgrachten) op GT Ila zijn aangegeven als kwelgebieden. De kwelfluxen vanuit het grondwater variëren van circa 0,2 mm/dag tot > 1 mm/dag; vanuit de sloten van circa 0,5 mm tot meer dan 2 mm/dag.

Het Hondsbossche systeem ontvangt kwelwater vanuit de Noordzee en de duinen. Voorts ontvangt dit systeem kwelwater vanuit de Hondsbossche Vaart. De dijk van de Hondsbossche Zeewering en het aangrenzende duingebied van Camperduin leveren bijdragen aan de regenwatertoevoer naar dit systeemgebied via 'run off' en 'overflow'.

De stroomrichting van het oppervlaktewater verloopt langs de Hondsbossche Zeewering van zuid naar noord en vanaf de Slaperdijk van oost naar west. De gemalen in de Leipolder en aan de Kamperkaai slaan het polderwater uit op de boezem van de Hondsbossche Vaart.

Waterkwaliteit

De Noordzee oefent sterke invloed uit op de waterkwaliteit van het Hondsbossche Systeem. De hoge EC-waarden en zout- en chloridegehalten (respectievelijk > 1500 mS/m, > 9 g/l en > 10 000 mg/l) treffen we zowel in het oppervlaktewater als in het grondwater aan. Onder andere in het water van 'De Putten' hebben we EC-waarden van > 2500 mS/m (zoutgehalte > 15 g/l) aangetroffen. Onder invloed van kwelwater vanuit de duinen, 'overflow' en 'run off' treedt verdunning op. Langs de Hondsbossche Vaart vindt lokale, brakke tot zoute kwel plaats. Het brakke tot zoute polderwater van de Leipolder en de Vereenigde Harger-en Pettemerpolder wordt op deze vaart uitgeslagen. Het grondwater in het poldertje 'Het Verdolven End' (kaart 2) heeft lagere EC-waarden (100-400 mS/m) dan het oppervlaktewater (400- > 1500 mS/m; kaart 1). Mogelijk hebben we te maken met een ingesloten zoetwaterbel die licht beïnvloed wordt door Noordzeewater.

In het algemeen kunnen we het oppervlaktewater (zomer en winter) van het Hondsbossche systeem typeren als polderwater met verziltingsverschijnselen; het grondwater als zout water.

Met name achter de Hondsbossche Zeewering vindt depositie van zout plaats (overheersende zuidwesten wind). Vooral bij stormvloed waait zeeschuim in grote hoeveelheden over de zeewering heen en slaat neer in het achterliggende polderland.

Voorts heeft de verdamping een belangrijke invloed op de waterkwaliteit. Het zoute grondwater stijgt in de zomer via capillaire werking naar het oppervlak, waar

verdamping optreedt en zout op de bodem neerslaat. Bij regenval lost het zout op en via greppels wordt het zoute water naar de sloten afgevoerd.

7.2 Binnenduinsysteem

Topografie

Het gebied van het Binnenduinsysteem (systeem 2 op kaart 4) strekt zich uit van Schoorldam (waar het een groot deel van de Grootdammerpolder beslaat) tot aan Camperduin. Het gebied helt af van zuid naar noord van $> 5 \text{ m} + \text{NAP}$ tot $0,50 \text{ m} - \text{NAP}$.

Geologie

Tussen Camperduin en Hargen, en tussen Groet en Bregtdorp bestaat het gebied uit kalkloze, fijne zanden (Jonge Duinen), die tot het eerste watervoerende pakket worden gerekend. Daaronder komt een scheidende laag voor, opgebouwd uit Rekere-afzettingen, Hollandveen (indien aanwezig) en klei van de Afzettingen van Duinkerken 0 en Calais IV. Deze lagen vormen in de Groeterpolder en Grootdammerpolder het afdekkende pakket, dat in dikte varieert van 3 tot 5 m. Binnen de Rekere-afzettingen komt veelal een laag ingestoven duinzand voor. In de Grootdammerpolder treffen we ook gebieden met pikklei in de ondergrond aan. WVP-1 bestaat uit fijne, kalkrijke zanden (Afzettingen van Calais) met op circa $15 \text{ m} - \text{NAP}$ het Basisveen (voor zover aanwezig) als scheidende laag.

Bodemgesteldheid

Het gebied is opgebouwd uit strand- en duinafzettingen, en jonge getij-afzettingen. De duin- en strandafzettingen bestaan uit kalkloze zandgronden met beekvaag-, bekeerd-, vlakvaag-, gooreerd-, enkeerd- en duinvaaggronden. Ze komen langs de binnenduinsrand voor. De zandgronden zijn in het algemeen goed doorlatend. Tussen Camperduin en Hargen komt onder het zand tussen 40 en 80 cm - mv. een slecht doorlatende laag voor. De beekvaag- en bekeerdgronden liggen relatief laag op Gt IIa en IIIa. De percelen zijn veelal begreppeld. De enkeerdgronden nabij Camperduin liggen relatief hoog op Gt IIIb en VIo. De gooreerd- en vlakvaaggronden liggen op Gt IIIa, IIIb, IVu en VIo.

De jonge getij-afzettingen (zeekleigronden) bestaan overwegend uit poldervaaggronden. In de Groeterpolder en in de Grootdammerpolder bestaat de bovengrond uit kalkloze zavel met daaronder een laag ingestoven duinzand (profielverloop 2). Daaronder treffen we veelal geulafzettingen (Rekere) aan. Van noordwest naar zuidoost bevindt zich een betrekkelijk smalle strook gronden, die niet onderhevig is geweest aan erosie en waar beneden 80 cm - mv. een laag rietzeggeveen (Hollandveen) voorkomt. In de Grootdammerpolder bevinden zich overwegend poldervaaggronden met pikklei (profielverloop 3 en 4) in de ondergrond, al dan niet rustend op rietzeggeveen (Hollandveen). Gt IIa treffen we vooral aan bij de laaggelegen zandgronden, de kommen en afgegraven percelen, Gt III bij de middelhoge zandgronden en oeverafzettingen, en Gt IIIb tot VIo bij de enkeerd- en duinvaaggronden en de relatief hoge kreekruigen.

De voormalige tankgracht in de Grootdammerpolder is in hoofdzaak opgevuld met zand en klei.

Geomorfologie en hoogteligging

De hoogteligging van de binnenduinrand varieert van 0 tot meer dan 5 m + NAP; van de gebieden in de Grootdammerpolder en de Groeterpolder van NAP tot 0,50 m - NAP.

Lage kustduinen komen bij Camperduin op circa 3- > 5 m + NAP voor. Ze zijn licht geëgaliseerd en hellen af van zuid naar noord. We treffen er duinrellen aan. Vlakten ontstaan door afgraving vinden we bij de geestgronden langs de binnenduinrand vanaf Camperduin tot voorbij Bregtdorp op circa 0-3 m + NAP. Dit gebied helt af van noord naar zuid. In de Groeterpolder en Grootdammerpolder treffen we vlakten van en welvingen in getij-afzettingen aan. Belangrijke boezemwateren zijn het Noordhollandsch Kanaal en de Hargervaart. De voormalige tankgracht in de Grootdammerpolder is nog als een smalle laagte in het landschap zichtbaar. De Tarwedijk en de Oudedijk vormen de belangrijkste dijken. Het gebied is voornamelijk als grasland in gebruik.

Geohydrologie

Het afdekkende pakket (SDP-1F) varieert in dikte van 3 tot 5 m met c-waarden van > 700 dagen tot < 200 dagen (afhankelijk van de dikte en samenstelling) en wordt langs de binnenduinrand bedekt door een pakket duinzand (WVP-1). De k-waarde van het eerste watervoerende pakket bedraagt 5-30 m/d. Het Basisveen vormt SDP-1G met c-waarden van 10 000 tot 30 000 dagen.

De geestgronden en twee kreekkruggetjes in de Grootdammerpolder op Gt IVu en VIo zijn aangegeven als gebieden met lichte wegzijging; de laaggelegen kommen en afgegraven zandgronden op GT IIa als kwelgebieden. Bij de zandgronden hebben we veelal te maken met 'overflow'. Dit geldt in wezen ook bij de kleigronden met ingestoven zand. Dit zandpakket is goed doorlatend en gedraagt zich als een (weliswaar dun) watervoerend pakket. De kwelfluxen vanuit het grondwater variëren van circa 0,2 mm/dag tot > 5 mm/dag.

Het zomer- en winterpeil van de Grootdammerpolder bedraagt respectievelijk 0,95 m en 1,10 m - NAP, Bregtdorp en Catrijp > 0,90 m en Groet > 0,55 + NAP, het zuidelijke deel van de Groeterpolder > 1,05 m - NAP.

Het Binnenduinrandsysteem ontvangt voornamelijk kwelwater vanuit de duinen, waarbij tevens 'run off' en 'overflow' belangrijke bijdragen leveren aan de watertoevoer.

De stroomrichting van het oppervlaktewater verloopt vanaf de binnenduinrand naar de polders. Op twee plaatsen langs de Tarwedijk staan gemalen die het overtollige polderwater op het Noordhollandsch Kanaal uitslaan. Na langdurig droge periode kan ook water worden ingelaten. Voorts vervult de boezem van de Catrijpermooer een rol in de afwatering van de gronden van de binnenduinrand.

Waterkwaliteit

De duinen oefenen sterke invloed uit op de waterkwaliteit van het Binnenduindrandsysteem. Zowel het grondwater als het oppervlaktewater hebben een atmotroof karakter met lage EC-waarden en zout- en chloridegehalten (respectievelijk 30-60 mS/m, 0,2-0,3 g/l en < 170 mg/l). In het algemeen kunnen we het oppervlaktewater (zomer en winter) en het grondwater van het binnenduindrandsysteem typeren als (kalkarm) duinwater met verzoetingsverschijnselen.

7.3 Noordhollandsch Kanaalsysteem

Topografie

Het gebied van het Noordhollandsch Kanaalsysteem (systeem 3 op kaart 4) omvat de smalle strook grond tussen het Noordhollandsch Kanaal en de Tarwedijk (of Hoge Dijk genoemd) en strekt zich uit van Schoorldam tot aan de Rekerdam. De hoogteligging varieert van circa NAP tot 75 cm - NAP.

Geologie

Het gebied maakt vrijwel geheel deel uit van de hoofdgeul van de Rekere en is opgevuld met relatief lichte sedimenten (kalkrijke zavel) en plaatselijk afgebouwd met lichte klei. In het noorden van het gebied komt in de ondergrond een laag pikklei voor. Het Hollandveen en het bovenste deel van de 'Oude Blauwe Zeeklei' (Calais IV) is door erosie van de Rekere-hoofdgeul opgeruimd, behalve een klein gebied ten noordoosten van de Houtjeslaan, waar we zeggegeven onder het Rekere-dek hebben aangetroffen. Het afdekkende pakket varieert in dikte van 4 tot 5 m. WVP-1 bestaat uit fijne, kalkrijke zanden (Afzettingen van Calais) met op circa 15 m - NAP het Basisveen (voor zover aanwezig) als scheidende laag.

Bodemgesteldheid

Het gebied is opgebouwd uit jonge getij-afzettingen (zeekleigronden), die uit poldervaaggronden en leekerdgronden bestaan. De zwaarte van de bovengrond varieert van lichte zavel tot lichte klei. Bij Schoorldam zijn de gronden opgehoogd met kanaalspecie (leekerdgronden). De lichte geulafzettingen nemen de grootste oppervlakte in en bestaan uit gelaagde, plaatselijk schelprijke, lichte zavel die vrij goed doorlatend is. Plaatselijk komen poldervaaggronden voor met een tussenlaag van pikklei (profielverloop 3).

De meest voorkomende grondwatertrappen zijn Gt III en Gt VIo.

Geomorfologie en hoogteligging

De hoogteligging van het gebied varieert van circa NAP tot 75 cm - NAP. Geomorfologisch maakt het gebied vrijwel geheel deel uit van de eenheid zee-erosiegeul. We hebben hier te maken met een hoofdgeul van de Rekere, die in de 13e eeuw door de aanleg

van de Rekerdam buiten werking werd gesteld. Het Noordhollandsch Kanaal met aangrenzende weg en de Tarwedijk begrenzen het gebied.

Geohydrologie

Het afdekkende pakket (SDP-1F) varieert in dikte van 3 tot 5 m, maar is in het algemeen opgebouwd uit vrij goed doorlatende sedimenten. Wij hebben er c-waarden geschat variërend van 20 tot 300 dagen (afhankelijk van de dikte en samenstelling). De k-waarde van het eerste watervoerende pakket bedraagt 5-30 m/d. Het Basisveen vormt SDP-1G met c-waarden van 10 000 tot 30 000 dagen.

De hoogste delen van de kreekruggen op Gt VIo zijn aangegeven als gebieden met lichte wegzijging; de twee komgebiedjes op GT IIa ten noorden van de Grootdammerpolder als kwelgebieden. De kwelfluxen vanuit het grondwater variëren van circa 0,5 tot 2 mm/d; vanuit de sloten mogelijk meer dan 2 mm/d.

Het zomer- en winterpeil van het gebied bedraagt respectievelijk 1,22 en 1,28 m - NAP. Het gebied ontvangt kwelwater vanuit de polders en het Noordhollandsch Kanaal.

Waterkwaliteit

De duinen en het Noordhollandsch Kanaal oefenen beide invloed uit op de waterkwaliteit van dit systeem. Zowel het grondwater als het oppervlaktewater hebben het vervuilde karakter van Rijnwater met EC-waarden, en zout- en chloridegehalten van respectievelijk 60-400 mS/m, 0,3-2,2 g/l en < 170-1000 mg/l. Bij gebieden met relatief hoge EC-waarden is mogelijk sprake van invloed van ingesloten fossiel zeewater.

In het algemeen kunnen we het oppervlaktewater (zomer en winter) van het Noordhollandsch Kanaalsysteem typeren als polderwater met verzoetingsverschijnselen; het grondwater als brak tot zoet water met verzoetingsverschijnselen; het water van het Noordhollandsch Kanaal zelf als boezemwater met verzoetingsverschijnselen.

7.4 Weichsysteem

Het gebied van het Weichsysteem (systeem 4 op kaart 4) omvat het centrale deel van het noordelijke gebied van Bergen-Schoorl. We hebben het Weichsysteem op grond van verschillen in waterkwaliteit opgesplitst in 4 subsystemen, die we als volgt hebben benoemd: Slaperdijksubstelsiem, Pettemersubstelsiem, Hargersubstelsiem en Groetersubstelsiem.

7.4.1 Slaperdijksubsysteem

Topografie

Het gebied van het Slaperdijksubsysteem (subsysteem 4.1 op kaart 4) heeft betrekking op de smalle strook, afgegraven grond langs de westzijde van de Hondsbossche Slaperdijk. De klei is gebruikt als specie voor de aanleg en ophoging van de dijk. De hoogteligging varieert van circa 0,50-1,25 m - NAP. Het Jaagpad loopt parallel aan de Slaperdijk.

Geologie

Het grootste deel van het Rekere-kleipakket is afgegraven, waardoor het Hollandveen binnen 40 cm - mv. voorkomt. Op een aantal plaatsen hebben voormalige Rekere-geultjes het veen opgeruimd. In het noorden bevindt zich onder het Hollandveen een 30-50 cm dikke laag slappe rietklei (Duinkerken 0) op stugge, blauwe klei (Calais IV). In het zuidelijke deel is het Hollandveen verdwenen. Daar reikt de rietklei vrijwel tot aan het maaiveld. Nabij Hargen vinden we een strook duinzand op Rekere-afzettingen op Hollandveen op oudere afzettingen.

Bodemgesteldheid

Het noordelijke deel van het gebied is opgebouwd uit een dunne laag jonge getij-afzettingen (kleidek) met daaronder een 15-40 cm dikke laag rietzeggeveen rustend op slappe rietklei (oude getij- en lagunaire afzettingen). Ze bestaan uit plaseerdgronden. Het zuidelijk deel van het gebied is opgebouwd uit nesvaaggronden, waarvan de bovengrond uit kalkloze, matig zware klei bestaat die naar beneden toe overgaat in slappe rietklei. In de ondergrond treffen we blauwe, matig zware klei aan, die naar beneden toe lichter en kalkrijk wordt. De beekvaaggronden bij Hargen bestaan uit kalkloos, leemarm, matig fijn zand.

De gronden liggen relatief laag, op Gt Ia en IIa, en vormen de natste gronden van het noordelijke deel van Bergen-Schoorl.

Geomorfologie en hoogteligging

De hoogteligging van het gebied varieert van circa 0,50 m in het zuiden tot 1,25 m - NAP in het noorden. In geomorfologisch opzicht bestaat het gebied geheel uit laagten ontstaan door afgraving. De circa 5 m hoge Hondsbossche Slaperdijk vormt de oostgrens van dit subsysteem en is aangelegd in 1528.

Geohydrologie

Het afdekkende pakket (SDP-1F) varieert in dikte van 3 tot 3,50 m, waarvan de top is opgebouwd uit slecht doorlatende sedimenten. Wij hebben er c-waarden geschat variërend van 300-500 dagen. De k-waarde van het eerste watervoerende pakket bedraagt 5-30 m/d. Het Basisveen (voor zover aanwezig) vormt SDP-1G met c-waarden van 10 000 tot 30 000 dagen. Het gehele gebied van het Slaperdijksubsysteem is aangegeven

als kwelgebied. In het uiterste zuiden hebben we vooral te maken met toestroming van water uit de duinen ('*overflow*'). Voorts speelt oppervlakkige afstroming van regenwater ('*run off*') van de Slaperdijk voor dit gehele gebied een belangrijk rol op het hydrologische systeem. De kwelfluxen vanuit het grondwater schatten we op 0,2-1 mm/dag, vanuit de sloten op 1-2 mm/dag.

Het zomer- en winterpeil van het gebied bedraagt 1,68 m - NAP. Bij Hargen kan via een duiker onder de weg water uit het Hargergat worden ingelaten. Het overtollige polderwater van het Slaperdijksysteem wordt via twee windmolentjes uitgeslagen op het polderwater van het naastliggende gebied (onder andere op de Miensloot). Het gebied ontvangt kwelwater vanuit de duinen, de polders en de Hondsbossche Vaart. Vanwege de lage, geïsoleerde ligging speelt neerslag en '*run off*' een belangrijke rol in dit systeem.

Waterkwaliteit

Van zuid naar noord zien we de kwaliteit zowel van het grondwater als van het oppervlaktewater verschuiven van uitgesproken zoet naar brak/ zout met EC-waarden en zout- en chloridegehalten van respectievelijk 30-750 mS/m, 0,1-4,5 g/l en < 170-10000 mg/l.

In het zuiden kunnen we het oppervlaktewater typeren als (kalkarm) duinwater met verzoetingsverschijnselen; in het midden als polderwater met verzoetingsverschijnselen; in het noorden als polderwater met verziltingsverschijnselen. Het grondwater gaat over van duinwater met verzoetingsverschijnselen in het zuiden naar brak water in het noorden.

Bij langdurig natte perioden kunnen regenwaterlenzen ontstaan.

7.4.2 Pettemersubstelsysteem

Topografie

Het gebied van het Pettemersubstelsysteem (substelsysteem 4.2 op kaart 4) wordt gevormd door het noordelijke centrale deel van de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder met de Kamperkaai als noordgrens. De hoogteligging van het gebied varieert van circa NAP tot 1,25 m - NAP.

Geologie

Het afdekkende pakket is circa 4,50 tot 5,50 m dik en bestaat in het algemeen uit lichte Rekere-afzettingen (plaatselijk met pikklei) op Hollandveen (voor zover aanwezig) op slappe rietklei (Duinkerken 0) op klei en zavel (Calais IV). In het noordoosten bestaat de bovengrond uit zeer lichte zavel (dijkdoorbraakafzettingen) op pikklei. WVP-1 bestaat uit fijne, kalkrijke zanden (Afzettingen van Calais). Het Basisveen (voor zover aanwezig) komt voor op een diepte van circa 15 m - NAP. In de omgeving van de Oude Schoorlse Zeedijk is het Basisveen door latere zee-inbraken opgeruimd.

Bodemgesteldheid

Het gebied is opgebouwd uit jonge getij- en doorbraakafzettingen (zeekleigronden), die uit poldervaaggronden bestaan. De doorbraakafzettingen hebben een bovengrond, die uit kalkloze, gelaagde, zeer lichte zavel bestaat, waaronder een 25-40 cm dikke laag pikklei voorkomt. Daaronder bevindt zich een laag rietzeggeveen (Hollandveen).

De jonge getij-afzettingen bestaan overwegend uit oeverafzettingen al dan niet met pikklei in de ondergrond (profielverloop 3, 4 en 5) en met beneden 80 cm - mv. rietzeggeveen (Hollandveen) op rietklei. Tussen de Miensloot en de Coochlaan is het Hollandveen en het bovenste deel van de oudere afzettingen door Rekere-geulen grotendeels opgeruimd. De geulopvulling bestaat uit gelaagde, kalkrijke, plaatselijk schelprijke, lichte tot zware zavel.

Er komen in dit gebied veel percelen voor die in de loop der jaren zijn geëgaliseerd.

De grondwatertrappen variëren van Gt IIa in de kommen tot Gt VIo bij de kreekruggen en doorbraakgronden. Op de geëgaliseerde percelen vinden we veelal Gt IIIb.

Geomorfologie en hoogteligging

De meest voorkomende geomorfologische eenheden zijn vlakten van en welvingen in getij-afzettingen. Ze variëren in hoogte van circa NAP tot 1 m - NAP. Ze vormen de oever- en geulafzettingen van de Rekere (geëgaliseerd), al dan niet rustend op Hollandveen. De welvingen in getij-afzettingen worden grotendeels bepaald door de niet geëgaliseerde kreekruggen, geulvormige laagten (restgeultjes) en kommen. De gronden zijn als grasland in gebruik. Langs de Houtendijk bevindt zich een kleine camping.

Geohydrologie

Het afdekkende pakket (SDP-1F) varieert in dikte van 4,50 tot 5,50 m met c-waarden van 200 tot > 700 dagen. De k-waarde van het eerste watervoerende pakket (WVP-1) bedraagt 5-30 m/d. De eerste scheidende laag (SDP-1G) bestaat uit Basisveen (voor zover aanwezig), waarvan de c-waarde 10 000 tot 30 000 dagen bedraagt.

Het zomer- en winterpeil van het Pettemersubstelsysteem bedraagt respectievelijk 1,40 en 1,53 m - NAP. De Miensloot vormt met de sloot langs de Coochlaan de belangrijkste afvoerleiding. De stroomrichting verloopt naar het noordwesten. Via het gemaal aan de Kamperkaai wordt het overvloedige polderwater op de boezem van de Hondsbossche Vaart uitgeslagen.

De lichte doorbraakgronden op Gt IIIb en VIo zijn aangegeven als gebieden met lichte wegzijging. Uitgesproken kwelgebieden hebben we in dit gebied niet aangetroffen, hetgeen kan worden verklaard door de vele egalisaties. De kwelfluxen vanuit het grondwater variëren van circa 0,2 mm/dag tot 0,7 mm/dag, vanuit de sloten van circa 0,5 mm tot meer dan 1 mm/dag.

Het Pettemersubstelsysteem ontvangt kwelwater vanuit de Noordzee, de polders en de duinen. Ook het kwelwater vanuit de Hondsbossche Vaart heeft invloed op dit systeem.

Waterkwaliteit

De kwaliteit van het grondwater en het oppervlaktewater van het Pettemersubstelsysteem wordt sterk beïnvloed door kwelwater vanuit de Noordzee. De EC-waarden, zout- en chloridegehalten variëren van respectievelijk 100-1500 mS/m, 0,5-9 g/l en circa 170-10 000 mg/l. In het algemeen kunnen we het oppervlaktewater typeren als polderwater met verziltingsverschijnselen en het grondwater als brak water.

Het gebied van substelsysteem 4.2 is voorts onderhevig aan depositie van zout (overheersende zuidwesten wind).

7.4.3 Hargersubstelsysteem

Topografie

Het gebied van het Hargersubstelsysteem (substelsysteem 4.3 op kaart 4) ligt in de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder, zuidelijk van substelsysteem 4.2 met als zuidgrens het Binnenduinsubstelsysteem, als westgrens het Hondsbossche Stelsysteem en als oostgrens het Slaperdijksubstelsysteem. De hoogteligging van het gebied varieert van NAP tot 1,25 m - NAP. Het gebied helt licht af van zuid naar noord.

Geologie

Het afdekkende pakket is circa 2,50 tot 4,50 m dik en bestaat overwegend uit geulafzettingen van de Rekere (plaatselijk met pikklei) op slappe rietklei (Duinkerken 0) op klei en zavel (Calais IV). In het noordoosten langs het Jaagpad komt in de ondergrond Hollandveen voort. WVP-1 bestaat uit fijne, kalkrijke zanden (Calais IV). Het Basisveen (voor zover aanwezig) komt voor op een diepte van circa 15 m - NAP.

Bodemgesteldheid

Het gebied is opgebouwd uit jonge getij-afzettingen (zeekleigronden), die uit poldervaaggronden bestaan. Nabij de binnenduinsrand zijn de gronden licht beïnvloed door zandverstuivingen en is de bovengrond vermengd met duinzand. De kreekruigronden hebben een bovengrond, die uit kalkrijke, lichte zavel bestaat (met profielverloop 5). De komgronden hebben een bovengrond, bestaande uit kalkloze, lichte tot matig zware klei met daaronder een 20 tot meer dan 40 cm dikke laag pikklei. Daaronder bevindt zich veelal geulmateriaal, bestaande uit gelaagde, plaatselijk schelprijke zavel op rietklei op blauwe, matig zware klei. Vooral in het oostelijke deel van het gebied komen oevergronden voor op rietzeggeveen (Hollandveen). De tankgracht bij Campergeest is opgevuld met zand, zavel en klei.

De grondwatertrappen variëren van Gt IIa en IIIa in de kommen tot Gt IIIb bij de kreek-ruggen.

Geomorfologie en hoogteligging

Het gebied bestaat uit vlakten van en welvingen in getij-afzettingen. Ze vormen de oever- en geulafzettingen van de Rekere. De hoogteverschillen worden bepaald door kreekkruggen, geulvormige laagten (restgeultjes) en kommen. De relatief hooggelegen kreekkruggen liggen tussen NAP en 0,50 m - NAP, de laaggelegen kommen tussen 0,75 m en 1,25 m - NAP. De voormalige tankgracht, ten noorden van Campergeest, is plaatselijk als een smalle laagte in het landschap zichtbaar. De gronden zijn als grasland in gebruik.

Geohydrologie

Het afdekkende pakket (SDP-1F) varieert in dikte van 2,50 tot 4,50 m met geschatte c-waarden van 200 tot > 700 dagen. De k-waarde van het eerste watervoerende pakket (WVP-1) bedraagt 5-30 m/d. De eerste scheidende laag (SDP-1G) bestaat uit Basisveen (voor zover aanwezig), waarvan de c-waarde 10 000 tot 30 000 dagen bedraagt.

Het zomer- en winterpeil van het Hargersubstelsysteem bedraagt > 1,40 m -NAP. Dit gemengde systeem wordt sterk beïnvloed door kwelwater vanuit de duinen. De watergangen aan weerszijden van de Munnikenweg en de Houtendijk zijn op verscheidene plaatsen voorzien van stuwen. De stroomrichting verloopt naar het noordwesten. Via de gemalen aan de Kamperkaai en in de Leipolder wordt het overtollige polderwater op de boezem van de Hondsbossche Vaart uitgeslagen. Het Hargersubstelsysteem ontvangt vooral kwelwater vanuit de duinen en in mindere mate vanuit de Noordzee. Uitgesproken gebieden met wegzijging of kwel hebben we in dit gebied niet aangetroffen. De kwelfluxen vanuit het grondwater variëren van circa 0,2 mm/dag tot 0,7 mm/dag en vanuit de sloten van circa 0,5 mm tot meer dan 2 mm/dag.

Waterkwaliteit

De kwaliteit van het grondwater en het oppervlaktewater van het Hargersubstelsysteem wordt sterk beïnvloed door het kwelwater vanuit de duinen en licht beïnvloed door kwelwater vanuit de Noordzee. De EC-waarden, zout- en chloridegehalten zijn relatief laag en variëren van respectievelijk 35-400 mS/m, 0,1-2,2 g/l en < 170-1000 mg/l). In het algemeen kunnen we het oppervlaktewater en grondwater typeren als duinwater met verzoetingsverschijnselen.

Het gebied is voorts onderhevig aan depositie van zout (overheersende zuidwesten wind).

7.4.4 Groetersubstelsysteem

Topografie

Het gebied van het Groetersubstelsysteem (substelsysteem 4.4 op kaart 4) ligt in de Groeterpolder en in de Grootdammerpolder, ingeklemd tussen het Binnenduindrandsysteem en het Noordhollandsch Kanaalsysteem. De hoogteligging van het gebied varieert van NAP tot 1,00 - NAP. Het gebied helt licht af van oost naar west.

Geologie

Het afdekkende pakket is circa 3,00 tot 5,50 m dik en bestaat overwegend uit geulafzettingen van de Rekere (plaatselijk met pikklei) op klei en zavel (Calais IV). De rietklei (Duinkerken 0) is veelal door erosie van de Rekere opgeruimd. In het noordwesten in een smalle strook en in het oosten komt een aantal gebieden voor, waar het Hollandveen (en Duinkerken 0) niet is opgeruimd. WVP-1 bestaat uit fijne, kalkrijke zanden (Calais IV). Het Basisveen (voor zover aanwezig) komt voor op een diepte van circa 15 m - NAP.

Bodemgesteldheid

Het gebied is opgebouwd uit jonge getij-afzettingen (zeekleigronden), die uit poldervaaggronden bestaan. Nabij de binnenduinrand zijn de gronden licht beïnvloed door zandverstuivingen en is de bovengrond vermengd met duinzand. De kreekruggronden hebben een bovengrond van kalkhoudende, lichte zavel met profielverloop 3 (tussenlaag van pikklei) en 5. De komgronden hebben een bovengrond, bestaande uit kalkloze, lichte tot matig zware klei met daaronder een 20 tot meer dan 40 cm dikke laag pikklei. Daaronder bevindt zich veelal geulmateriaal, bestaande uit gelaagde, plaatselijk schelprijke zavel op rietklei of op blauwe, matig zware klei. Vooral in het oostelijke deel van het gebied komen oevergronden voor op rietzeggeveen (Hollandveen).

De grondwatertrappen variëren van Gt IIa en IIIa in de kommen tot Gt IIIb en VIo bij de kreekruggen.

Geomorfologie en hoogteligging

Het gebied bestaat uit vlakten van en welvingen in getij-afzettingen. Ze vormen de oever- en geulafzettingen van de Rekere. De hoogteverschillen worden bepaald door kreekruggen, geulvormige laagten (restgeultjes) en kommen. De relatief hooggelegen kreekruggen liggen tussen NAP en 0,50 m - NAP, de laaggelegen kommen tussen 0,75 m en 1,00 m - NAP. Veel percelen zijn in de loop der jaren geëgaliseerd. De Hargervaart (boezem) staat in verbinding met de Hondsbossche Vaart. De gronden zijn als grasland in gebruik.

Geohydrologie

Het afdekkende pakket (SDP-1F) varieert in dikte van 3,00 tot 5,50 m met c-waarden van 200 tot > 700 dagen. De k-waarde van het eerste watervoerende pakket (WVP-1) bedraagt 5-30 m/d. De eerste scheidende laag (SDP-1G) bestaat uit Basisveen (voor zover aanwezig), waarvan de c-waarde 10 000 tot 30 000 dagen bedraagt.

Het zomer- en winterpeil van het Groetersubstelsysteem bedraagt in het oosten van de Grootdammerpolder respectievelijk 0,95 m en 1,10 m - NAP, ten westen van de Bree- laan 1,22 m en 1,28 m - NAP, ten noorden van de Vaalderweg 1,14 m en 1,28 m -NAP en het gebied ten zuiden van de Hargervweg 1,22 en 1,28 m - NAP. Dit gemengde systeem wordt sterk beïnvloed door het kwelwater vanuit de duinen en verder door kwelwater vanuit de polders, de Hargervaart en het Noordhollandsch Kanaal (vervuiling). Voorts

is mogelijk sprake van invloed van opgesloten fossiel zeewater. Het overtollige polderwater wordt door het gemaal (en molen) aan de Hargerweg uitgeslagen op de boezem van het Noordhollandsch Kanaal. De stroomrichting verloopt van zuid naar noord. Gebieden met lichte wegzijging omvatten de relatief hoge kreekruggen op Gt VIo en zijn als zodanig op de systemenkaart (kaart 4) aangegeven. In het uiterste westen vinden we een aantal kleine komgebiedjes op Gt IIa, die we op de systemenkaart als gebieden met licht kwel hebben aangegeven. De kwelfluxen vanuit het grondwater variëren van circa 0,2 mm/dag tot 0,7 mm/dag en vanuit de sloten van circa 0,5 mm tot meer dan 1 mm/dag.

Waterkwaliteit

De kwaliteit van het grondwater en het oppervlaktewater van het Groeterssubstysteem wordt sterk beïnvloed door kwelwater vanuit de duinen en in geringe mate door kwelwater vanuit het Noordhollandsch Kanaal (vervuiling). De EC-waarden, zout- en chloridegehalten variëren van respectievelijk 35-400 mS/m, 0,1-2,2 g/l en < 170-1000 mg/l). Het oppervlaktewater wordt getypeerd als polderwater en duin- en polderwater met verzoutingsverschijnselen; het grondwater als duinwater met verzoutingsverschijnselen.

Literatuur

Bakker, T.W.M., J.A. Klijn en F.J. van Zadelhof, 1979. *Duinen en duinvalleien. Een landschapsecologische studie van het Nederlandse duingebied*. Wageningen, Centrum voor landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie.

Bakker, T.W.M., J.A. Klijn en F.J. van Zadelhof, 1981. *Nederlandse kustduinen. Landschapsecologie*. Wageningen, Centrum voor landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie.

Bakker, H. de en J. Schelling, 1989. *Systeem voor bodemclassificatie voor Nederland; de hogere niveau's*. Wageningen, PUDOC.

Bakker, T.W.M. en R.Q.L. Slings, 1993. *Duininfiltratie en natuurwaarden, nu en in de toekomst*. H2O. Tijdschrift voor watervoorziening en afvalwaterbehandeling. Jrg 26. 16/93:445-452.

Beltman, J.H. en J. Kost, 1952. *Een onderzoek naar de veranderingen van de grondwaterstand in de duinen in de gemeente Schoorl*. 's-Gravenhage, Archief van grondwaterstanden T.N.O. Mededeling 1.

Cate, J.A.M. ten en G.C. van Maarleveld, 1977. *Geomorfologische kaart van Nederland schaal 1 : 50 000. Toelichting bij de legenda*. Wageningen, STIBOKA/Haarlem, Rijks Geologische Dienst.

Cock, J.K. de, 1965. *Bijdrage tot de historische geografie van Kennemerland in de middeleeuwen op fysisch-geografische grondslag*. Academisch Proefschrift. Ongewijzigde herdruk (1980). Arnhem, Gijsbers en Van Loon.

CUWVO, 1988. *Ecologische Normdoelstellingen voor Nederlandse oppervlaktewateren*.

Daamen, S.H.B. en C.G. Toussaint, 1980. *De chemische samenstelling van het oppervlaktewater in Noord-Holland benoorden het Noordzeekanaal en het IJ*. Wageningen, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding. Nota 1223.

Dekker, S., 1991. *De namen van dorpen - streken - wateren in, en de geologische ontwikkeling van, Noord-Holland*. Grondboor & Hamer 5/6: 168-171. Nederlandse Geologische Vereniging.

Edelman, T., 1958. *Oude ontginningen van de veengebieden in de Nederlandse kuststrook*. Tijdschrift voor economische en sociale geografie. Rotterdam. 49e jaargang: 239-246.

Edelman, T., 1974. *Bijdrage tot de historische geografie van de Nederlandse kuststreek*. 's-Gravenhage, Directie waterhuishouding en waterbeweging.

Genstat 5 Committee, 1987. *Genstat 5, Reference Manual*. Oxford, Clarendon Press.

Goes, H. van der, e.a., 1986. *Duinrellen in Noord-Kennemerland*. Werkgroep duinrellen.

Gottschalk, M.K.E., 1971, 1975 en 1977. *Stormvloeden en rivieroverstromingen in Nederland, Deel 1, de periode voor 1400, Deel 2, de periode 1400-1600, Deel 3, de periode 1600-1700*. Assen/Amsterdam, Van Gorcum.

Gruijter, J.J. en P. van der Sluijs, 1985. *Water table classes: a method to describe seasonal fluctuation and duration of water tables on Dutch soilmaps*. Agricultural water management 10: 109-125.

Haaf, C. ten en T.W.M. Bakker, 1986. *De duinzoom, een kansrijke gradiënt*. De Leven-
de Natuur 87, 6.

Heij, G.J., 1984. *Schatting van de hydraulische weerstand van slecht doorlatende lagen*. H2O, 14: 286-291.

ICW, 1982. *Grond- en oppervlaktewater Noord-holland benoorden het IJ*. Kwaliteit en kwantiteit. Regionale studies 16. Wageningen, Werkgroep Noord-Holland.

Jelles, J.G.G., 1968. *Geschiedenis van beheer en gebruik van het Noordhollands duin-reservaat*. Arnhem, ITBON. Mededeling nr. 87.

Jenny, H., 1961. *Derivation of state factor equations of soils and ecosystems*. Proc. Soil Sci. Am. 25(5): 385-388.

Kemmers, R.H., 1993. *Ecohydrologie. Concepten en methoden van een interdisciplinair vakgebied*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 8.

Kemmers, R.H., F. Brouwer en J.R. Mulder, 1993. *Kartering van waterkwaliteit*. Landschap Nr. 3: 5-14.

Kemmers, R.H. en G. van Wirdum, 1988. *De betekenis van de chemische samenstelling van het grondwater voor het milieu van wilde planten*. Biovisie Magazine 2: 1-6.

Kleijer, H., J.A.M. ten Cate en J. Spoelstra, 1995. *Hydrologische systeembeschrijving van het herinrichtingsgebied Enschede-Noord*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 330.

Klijn, J.A., 1981. *Nederlandse kustduinen. Geomorfologie en bodems*. Wageningen, Centrum voor landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie.

Kluiters, J., 1993. *Water: van de ecologische kant. Ecologisch omgaan met water en oevers in Noord-Holland*. Haarlem, Provincie Noord-Holland. Ecologisch Beheer.

KNMI, 1972. *Klimaatatlas van Nederland*. 's-Gravenhage.

KNMI, 1994/1995. *Jaar- en maandoorzicht neerslag en verdamping in Nederland*. JONV-Bulletin.

Kooistra, M.J., 1971. *De chemische samenstelling van de neerslag op Terschelling in het algemeen en de invloed hiervan op de vegetatie*. Rijks Universiteit Utrecht, Geografisch Instituut. Berichten Fysisch Geografische Afdeling, no. 4.

Mulder, E.F.J. de en J.H.A. Bosch, 1982. *Holocene stratigraphy, radiocarbon datings and paleogeography of central and northern North-Holland. (The Netherlands)*. Haarlem, Mededelingen Rijks Geologische Dienst. Volume 36-3.

Mulder, E.F.J. de, 1984. *Geologische geschiedenis van de Hondsbossche Zeewering*. Grondboor en hamer. Tijdschrift Nederlandse Geologische Vereniging, 1: 15-31.

Mulder, J.R., E.T.M. Overkamp, F. Brouwer en M. Knotters, 1992. *Een ecohydrologische systeembeschrijving van het landinrichtingsgebied Ochten-Opheusden*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 166.

Mulder, J.R., T.C. van Steenbergen en M.M. van der Werff, 1995. *De bodemgesteldheid van het herinrichtingsgebied Bergen-Schoorl*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 324.

Pons, L.J., 1957. *Rapport van de verkenning van de bodemgesteldheid van het midden-gedeelte van de provincie Noord-Holland*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Rapport 468.

Pons, L.J. en M.F. van Oosten, 1974. *De bodem van Noord-Holland; Toelichting bij blad 5 van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.

Provincie Noord-Holland, 1990. *Waterhuishoudingsplan*. Natuur, Water:

- Ecologische aspecten en normdoelstelling;
- Plan;
- Toelichting;
- Kaartbijlagen.

Provinciaal Waterhuishoudingsplan Noord-Holland. Provincie Noord-Holland.

Querner, E.P. en H.Th.L. Massop, 1994. *Berekening van kwel- en wegzijgingsfluxen*. Landinrichting. Tijdschrift voor inrichting en beheer van het landelijk gebied. Jrg. 34, 7:30-35.

Roo, H.C. de, 1953. *De bodemgesteldheid van Noord-Kennemerland*. De bodemkartering van Nederland. Deel XIV. 's-Gravenhage, Versl. landbouwk. onderz. no. 59.3.

Rosing, H. i.v. *Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000; toelichting bij de kaartbladen 14 Schagen en 19 Alkmaar*. Wageningen, DLO-Staring Centrum.

Santing, G., 1980. *Een probleem bij de stroming van zoet en zout grondwater: de correcties op de stijghoogten*. H₂O (13), 22: 544-?.

Schilstra, J.J., 1981. *De Hondsbossche*. Wormerveer, Hoogheemraadschap Noordhollands Noorderkwartier.

Schoorl, H., 1973. *Zeshonderd jaar water en land*. Wolters-Noordhoff nv. Groningen.

Soonius, C.M., 1995. *Herinrichtingsgebied Bergen-Egmond-Schoorl. Een archeologische kartering, inventarisatie en waardering*. Amsterdam, Stichting RAAP. Rapport 73.

Steenvoorden, J.H.A.M., J.W.H. van der Kolk, R. Rondaij, O.F. Schoumans en R.W. de Waal, 1990. *Bestrijdingsmiddelen en eutrofiërende stoffen in bodem en water. Verkenning van de problematiek in het landinrichtingsgebied Bergen-Schoorl*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 78.

Stuyfzand, P.J., 1984. *Effecten van vegetatie en luchtverontreiniging op de grondwaterkwaliteit in kalkrijke duinen bij Castricum: lysimeterwaarnemingen*. H₂O, 17: 152-159

Stuyfzand, P.J., 1989. *Hydrochemie en hydrologie van duinen en aangrenzende polders tussen Egmond aan Zee en Petten*. Nieuwegein, KIWA N.V. SWE 87.001.

Stuyfzand, P.J., 1990. *Hydrochemical facies analysis of coastal dunes and adjacent low lands: The Netherlands as an example*. In: *Dunes of the European coasts*. Catena Supplement 18.

Stuyfzand, P.J. en J. Bol, 1991. *Grondwater in Holland*. Grondboor & Hamer. Tijdschrift Nederlandse Geologische Vereniging. 5/6: 142-145.

Stuyfzand, P.J., 1993. *Hydrochemistry and Hydrology of the Coastal Dune area of the Western Netherlands*. Academisch Proefschrift. Nieuwegein, KIWA N.V.

Vademecum, 1988. *Cultuurtechnisch vademecum*. Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch Vademecum. Utrecht, Cultuurtechnische vereniging.

Vos, G.A., 1982/1983. *De doorlatendheid van veen en de interpretatie van bodemkaarten*. Cultuurtechnisch tijdschrift 22, 4: 243-254.

Vries, W. de, J.A. Klijn en J. Kros., 1994. *Simulation of long-term impact of atmospheric deposition on dune ecosystems in the Netherlands*. Journal of Applied Ecology, 31: 59-73.

Westenberg, J. 1974. *Kennemer Dijkgeschiedenis*. Verhandelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, afd. Natuurkunde. Eerste Reeks. Deel 27. Nr.2. Amsterdam, Londen, N.V. Noord-Hollandsche Uitgevers Maatschappij.

Westerhoff, W.E., P. Cleveringa en H.J. Mülcher, 1984. *Development of dunkirk III deposits near Alkmaar, the Netherlands*. In: Berendsen, H.J.A. and W.H. Zagwijn (eds): *Geological changes in the western Netherlands during the period 1000-1300 AD*. Geologie en Mijnbouw 63, 3: 277-286.

Westerhoff, W.E., E.F.J. de Mulder en W. de Gans, 1987. *Toelichting op de geologische kaart van Nederland 1 : 50 000. Blad Alkmaar West (19W) en Alkmaar Oost (19O)*. Haarlem, Rijks Geologische Dienst.

Wirdum, G. van, 1991. *Vegetation and hydrology of floating rich-fens*. Maastricht, Uitgeverij Datawyse.

Witt, H. en K.E. Wit, 1982. *Het verziltingsproces in de ondergrond van Noord-Holland*. Werkgroep Noord-Holland XXXV. Wageningen, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding. Nota 1323.

Zagwijn, W.H. en C.J. van Staalduinen (ed.), 1975. *Geologische overzichtskaarten van Nederland; kaarten, profielen en toelichting*. Haarlem, Rijks Geologische Dienst.

Zagwijn, W.H., 1983. *Sea-level changes in the Netherlands during the Eemian*. *Geologie en Mijnbouw* 62, 3:437-450.

Zomer, D.J., C. ten Haaf en K. Albers, 1992. *Landschapsecologische gebiedsbeschrijving Bergen-Schoorl*. LB&P, bureau voor landschaps-ecologisch onderzoek b.v. Rapportnummer: 922232.

GERAADPLEEGDE KAARTEN

Geomorfologische Kaart van Nederland 1 : 50 000

Blad 14 Medemblik en blad 19-20 Alkmaar-Lelystad (Kleinsman, 1981. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering; Haarlem, Rijks Geologische Dienst).

Topografische kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, Blad 14 West, Medemblik en Blad 19 West, Alkmaar.

Topografische kaart van Nederland, schaal 1 : 25 000, Blad 14D, 19A, B en C.

Gebruikte oude kaarten:

- Manuscript van de Topografische en Militaire kaart van het Koninkrijk der Nederlanden. Blad 14 en 19. Circa 1850. Vergroting op schaal 1 : 25 000 van het origineel op de schaal 1 : 50 000. Uit: Kartografische Bibliotheek van DLO-Staring Centrum.
- Geschiedkundige Atlas van Nederland. Eerste deel. Holland in 1300 door A.A. Beekman. 's-Gravenhage. Martinus Nijhoff. 1913-1932.

Gebruikte luchtfoto's:

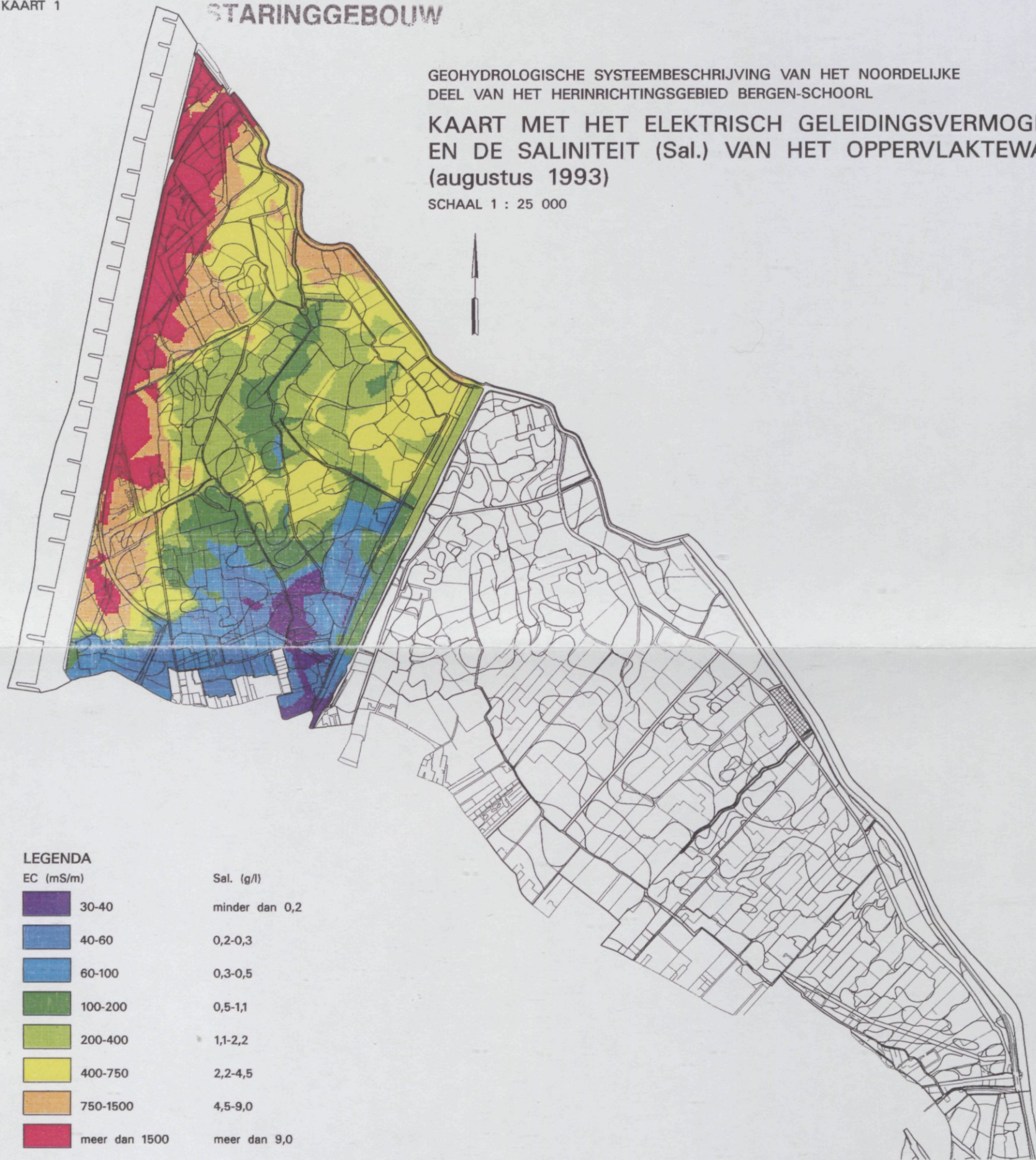
Luchtfoto's van de geallieerde luchtmacht 1944/45. Uit: Kartografische bibliotheek van DLO-Staring Centrum.

BIBLIOTHEEK STARINGGEBOUW

GEOHYDROLOGISCHE SYSTEEMBESCHRIJVING VAN HET NOORDELIJKE
DEEL VAN HET HERINRICHTINGSGEBIED BERGEN-SCHOORL

KAART MET HET ELEKTRISCH GELEIDINGSVERMOGEN (EC)
EN DE SALINITEIT (Sal.) VAN HET OPPERVLAKTEWATER
(augustus 1993)

SCHAAL 1 : 25 000



LEGENDA

EC (mS/m)

	30-40
	40-60
	60-100
	100-200
	200-400
	400-750
	750-1500
	meer dan 1500

Sal. (g/l)

minder dan 0,2
0,2-0,3
0,3-0,5
0,5-1,1
1,1-2,2
2,2-4,5
4,5-9,0
meer dan 9,0

0 0,5 1 km



DLO-STARING CENTRUM WAGENINGEN
Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied

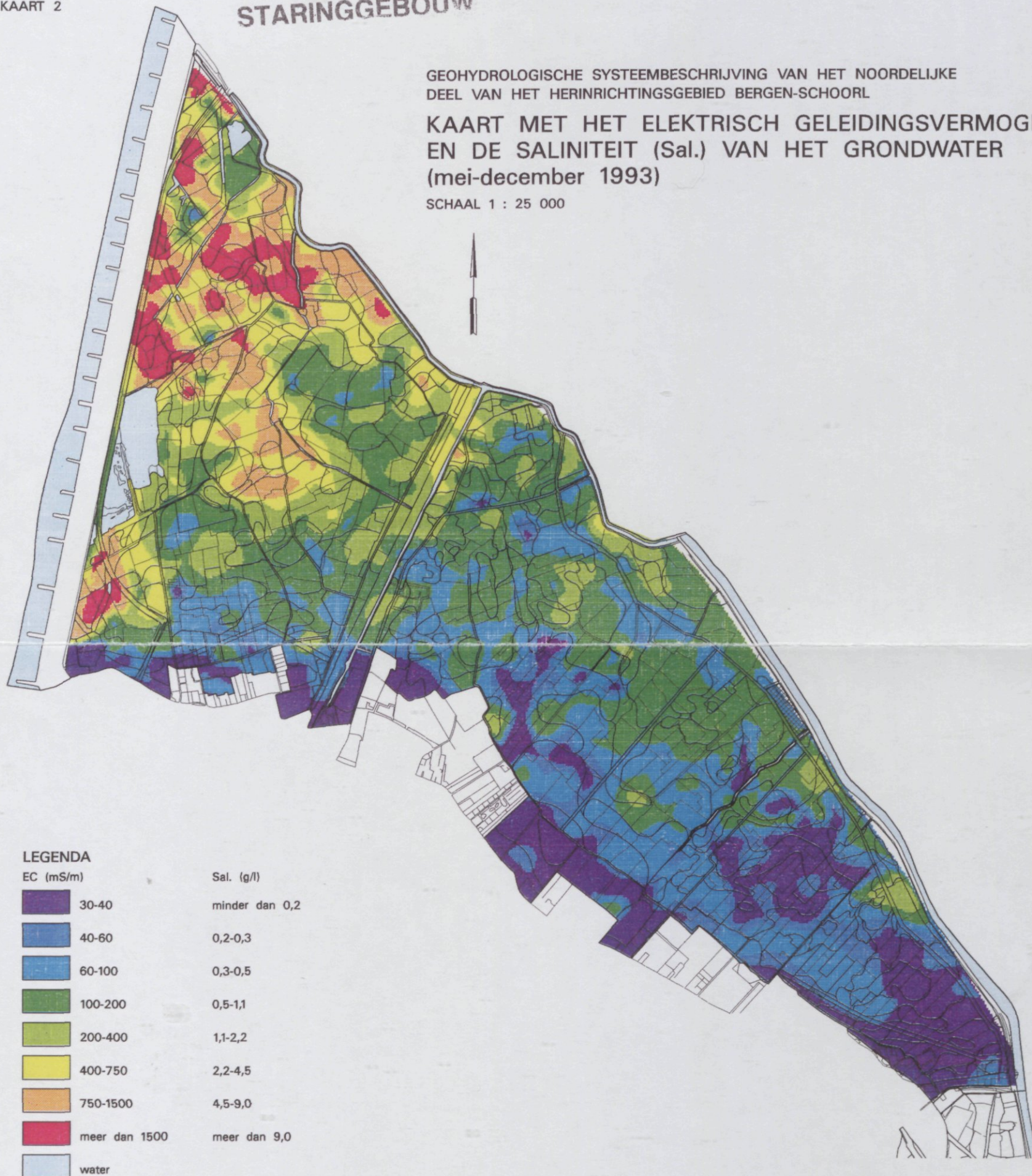
Opdrachtgever: Dienst L.B.L., Haarlem
Opname: 1993/94 o.l.v. J.R. Mulder
Topografie: DIGTOP L.I. Project: 8500027-4210
Kartografie: G.J. van Dorland
© 1995 DLO-Staring Centrum Wageningen

BIBLIOTHEEK STARINGGEBOUW

GEOHYDROLOGISCHE SYSTEEMBESCHRIJVING VAN HET NOORDELIJKE
DEEL VAN HET HERINRICHTINGSGBIED BERGEN-SCHOORL

KAART MET HET ELEKTRISCH GELEIDINGSVERMOGEN (EC)
EN DE SALINITEIT (Sal.) VAN HET GRONDWATER
(mei-december 1993)

SCHAAL 1 : 25 000



0 0,5 1 km



DLO-STARING CENTRUM WAGENINGEN
Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied

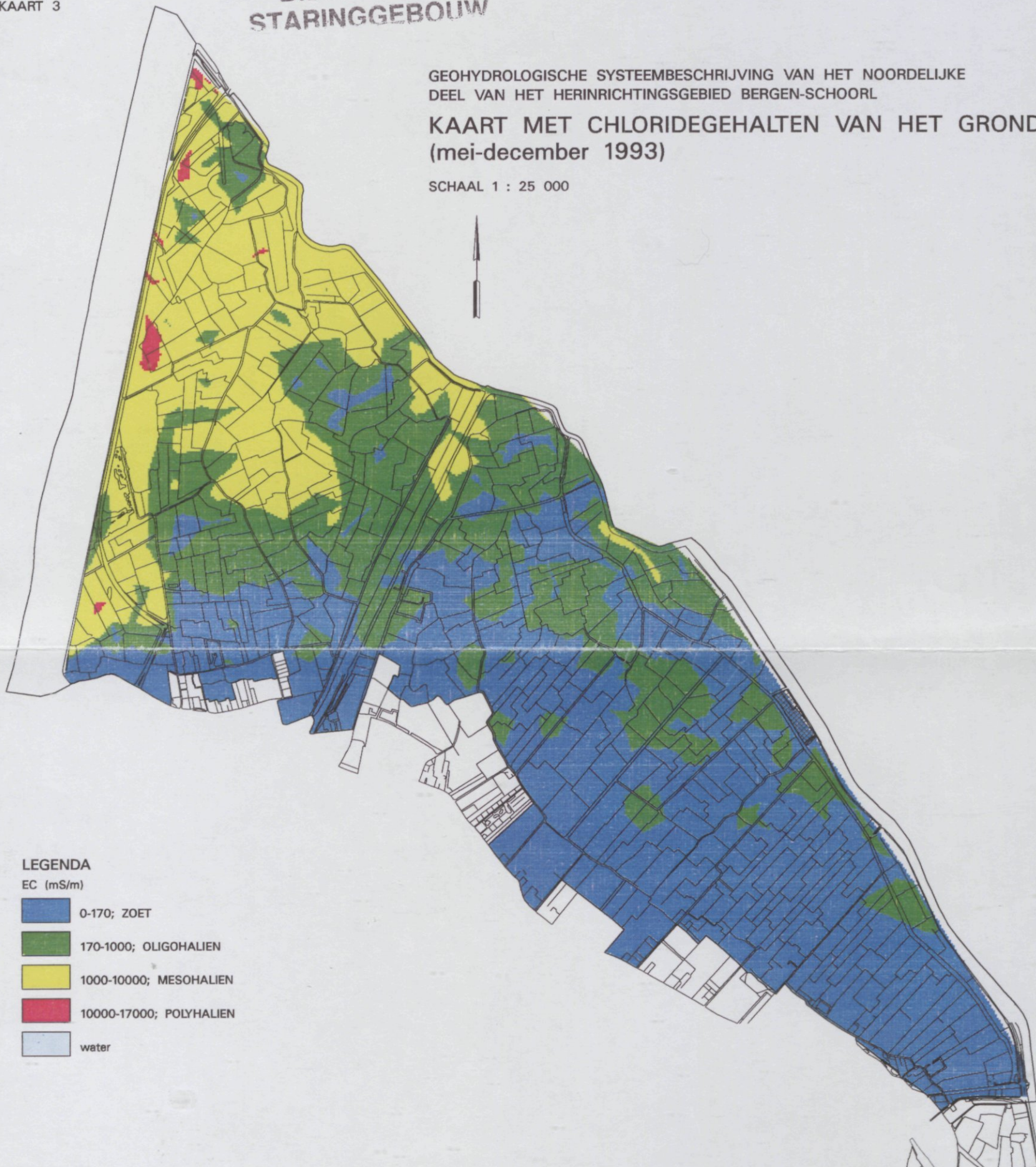
Opdrachtgever: Dienst L.B.L., Haarlem
Opname: 1993/94 o.l.v. J.R. Mulder
Topografie: DIGTOP L.I. Project: 9500027-4210
Kartografie: G.J. van Dorland
© 1995 DLO-Staring Centrum Wageningen

BIBLIOTHEEK STARINGGEBOUW

GEOHYDROLOGISCHE SYSTEEMBESCHRIJVING VAN HET NOORDELIJKE
DEEL VAN HET HERINRICHTINGSGBIED BERGEN-SCHOORL

KAART MET CHLORIDEGEHALTEN VAN HET GRONDWATER (mei-december 1993)

SCHAAL 1 : 25 000



LEGENDA

EC (mS/m)

-  0-170; ZOET
-  170-1000; OLIGOHALIEN
-  1000-10000; MESOHALIEN
-  10000-17000; POLYHALIEN
-  water

0 0,5 1 km



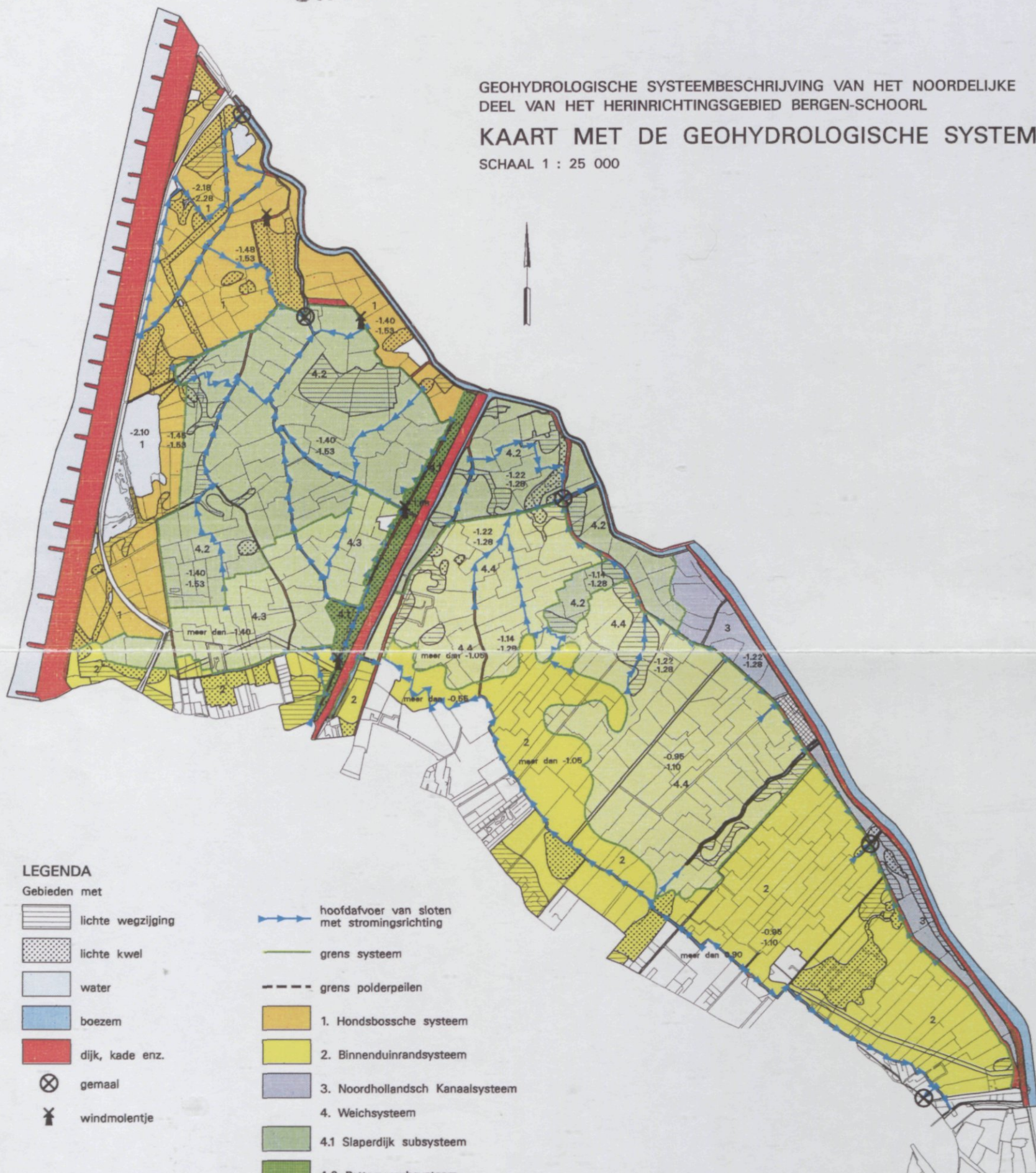
DLO-STARING CENTRUM WAGENINGEN
Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied

Opdrachtgever: Dienst L.B.L., Haarlem
Opname: 1993/94 o.l.v. J.R. Mulder
Topografie: DIGTOP L.I. Project: 9500027-4210
Kartografie: G.J. van Dorland
© 1995 DLO-Staring Centrum Wageningen

GEOHYDROLOGISCHE SYSTEEMBESCHRIJVING VAN HET NOORDELIJKE
DEEL VAN HET HERINRICHTINGSGBIED BERGEN-SCHOORL

KAART MET DE GEOHYDROLOGISCHE SYSTEMEN

SCHAAL 1 : 25 000



LEGENDA

Gebieden met

- lichte wegzijging
- lichte kwel
- water
- boezem
- dijk, kade enz.

- gemaal
- windmolentje

hoofdafvoer van sloten met stromingsrichting

grens systeem

grens polderpeilen

- 1. Hondsbossche systeem
- 2. Binnenduinrandstelsysteem
- 3. Noordhollandsch Kanaalsysteem
- 4. Weichstelsysteem
- 4.1 Slaperdijk subsysteem
- 4.2 Pettemersubsysteem
- 4.3 Hargersubsysteem
- 4.4 Groefersubsysteem

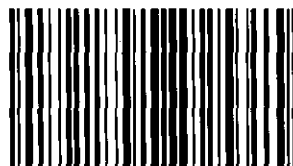


DLO-STARING CENTRUM WAGENINGEN
Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied

Opdrachtgever: Dienst L.B.L., Haarlem
Opname: 1993/94 o.l.v. J.R. Mulder
Topografie: DIGTOP L.I. Project: 9500027-4210
Kartografie: G.J. van Dorland
© 1995 DLO-Staring Centrum Wageningen



Wageningen UR library
P.O.Box 9100
6700 HA Wageningen
the Netherlands
library.wur.nl



10001024232620