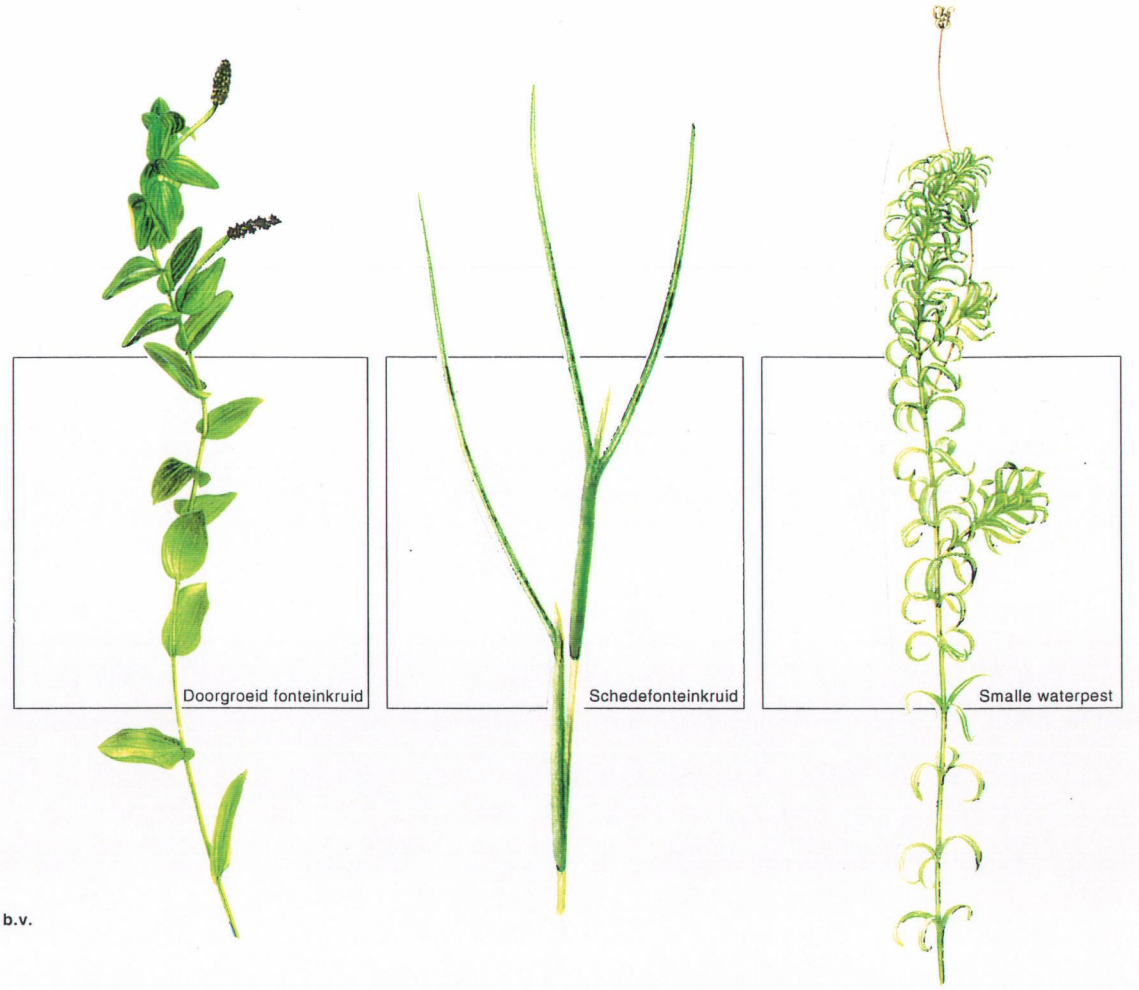
Raadgevende ingenieurs
Witteveen + Bos

water
infrastructuur
milieu
bouw

Zuiveringsbeheer Provincie Groningen

nader onderzoek naar het ecologisch functioneren van het Schildmeer



Witteveen+Bos
Raadgevende ingenieurs b.v.

Van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

Raadgevende ingenieurs
Witteveen + Bos

water
infrastructuur
milieu
bouw

Zuiveringsbeheer Provincie Groningen

nader onderzoek naar het ecologisch functioneren van het Schildmeer

registratie	projectcode	status
Rap/70.046	Gn34.3	definitief
projectleider	**projectdirecteur**	**datum**
drs. M. Klinge	drs. M.P. Grimm	98-02-25

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	drs. M. Klinge	

Witteveen+Bos
Raadgevende ingenieurs b.v.

Van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

ISN: 958175

De kwaliteitssystemen van Witteveen+Bos zijn gecertificeerd volgens NEN-EN-ISO 9001

© Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs b.v.
Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs b.v., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING 1

2. OPZET EN UITVOERING VAN HET NADER ONDERZOEK 2
2.1. Nader onderzoek naar de rol van ijzer in het water 2
2.1.1. Onderzoek naar de biologische beschikbaarheid van P in het Schildmeerwater 2
2.1.2. Onderzoek naar de herkomst van het ijzer in het Schildmeerwater 2
2.1.3. Nadere analyse van beschikbare waterkwaliteitsgegevens 3
2.2. Nader onderzoek naar de rol van katteklei 4

3. RESULTATEN EN BESPREKING 5
3.1. Nader onderzoek naar de rol van ijzer in het water 5
3.1.1. Onderzoek naar de biologische beschikbaarheid van P in het Schildmeerwater 5
3.1.2. Onderzoek naar de herkomst van het ijzer in het Schildmeerwater 6
3.1.3. Nadere analyse van beschikbare waterkwaliteitsgegevens 14
3.2. Nader onderzoek naar de rol van katteklei; herhaling bioassay met muggenlarven 18

4. DISCUSSIE EN CONCLUSIES 19
4.1. Nader onderzoek naar de rol van ijzer 19
4.2. Nader onderzoek naar de rol van katteklei 19
4.3. Nieuwe ontwikkeling: terugkeer ondergedoken waterplanten in 1996! 20
4.3.1. Hypothesevorming in het licht van de waterplantenontwikkeling 21
4.4. Evaluatie van de bevindingen in een bijeenkomst met materiedeskundigen 22

5. AANBEVELINGEN 25

LITERATUUR 26

laatste bladzijde 26

BIJLAGE aantal bladzijden
I Achtergrondinformatie systeemanalyse en waterbalans Duurswold 13

1. INLEIDING

In 1994 en 1995 is er een onderzoek uitgevoerd naar het ecologisch functioneren van het Schildmeer en de mogelijkheden om dit te verbeteren (Klinge, 1995). Dit onderzoek stond in het teken van de specifiek ecologische functie van dit meer. In het kader van deze functie wordt er gestreefd naar een duurzaam helder en plantenrijk water en een snoek-zeelt type visgemeenschap. Thans is het meer weliswaar redelijk helder (doorzicht 60-120 cm), ondergedoken waterplanten en de daarmee geassocieerde levensgemeenschap ontbreken vrijwel geheel.

Uit het genoemde onderzoek is naar voren gekomen dat het Schildmeer gekenmerkt wordt door een **algeheel lage productiviteit**. De visstand heeft een biomassa van slechts 50 kg/ha hetgeen voor Nederlandse begrippen zeer laag te noemen is. De oorzaak van de lage biomassa lijkt terug te voeren op zowel de waterbodem als de waterkolom.

De **waterbodem** lijkt een ongunstig milieu te vormen voor macrofauna en waterplanten. Aanwijzingen hiervoor zijn:
- in de bodem komt nauwelijks macrofauna voor;
- bij bioassays, uitgevoerd met muggenlarven, bleek bij de bodems van het Schildmeer > 95% sterfte op te treden, tegen slechts 5% bij de controle;
- ondergedoken waterplanten ontbreken vrijwel geheel en de oevervegetatie lijkt niet in staat zich uit te breiden;
- in de enclosures trad geen spontane ontwikkeling van wortelende ondergedoken waterplanten op; geënte planten ontwikkelden zich niet.

Vermoed wordt dat het ongunstige bodemmilieu veroorzaakt wordt door de aanwezigheid van **katteklei**. Dit is een klei van mariene oorsprong welke veel ijzer en zwavel bevat. Een bekende eigenschap van deze klei is dat er onder toetreding van zuurstof zwavelzuur gevormd wordt. Hierdoor kan de pH van het water sterk dalen.

De **waterkolom** wordt, gezien de relatief hoge gehalten aan nutriënten (zomergemiddelde totaal-P en totaal-N bedragen 0,1-0,15 respectievelijk 4-5 mg/l), gekenmerkt door een opvallend lage algenbiomassa (zomergemiddeld chlorofyl-a gehalte < 20 µg/l). De oorzaak hiervan is vooralsnog onduidelijk. Vermoed wordt dat het relatief hoge gehalte aan **ijzer** van het water waarmee het meer gevoed wordt ervoor zorgt dat een groot deel van het fosfaat niet biologisch beschikbaar is.

Op basis van de resultaten van het onderzoek heeft de dienst Zuiveringsbeheer Provincie Groningen besloten de rol van de factoren **ijzer** en **katteklei** in de huidige ecologische status van het meer nader te onderzoeken. Aan Witteveen+Bos is gevraagd dit onderzoek vorm te geven en uit te voeren. Dit rapport handelt over de opzet en resultaten van dit nadere onderzoek.

leeswijzer
De opbouw van het voorliggende rapport is als volgt:
- in hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de opzet en de uitvoering van het onderzoek;
- in hoofdstuk 3 worden de resultaten van het onderzoek gepresenteerd;
- in hoofdstuk 4 vindt een discussie plaats;
- in hoofdstuk 5 tenslotte worden conclusies en aanbevelingen gepresenteerd.

2. OPZET EN UITVOERING VAN HET NADER ONDERZOEK

Het onderzoek is uitgevoerd langs twee sporen:
1) Uitvoering van een aantal nadere analyses;
2) Evaluatie van de bevindingen in de vorm van een bijeenkomst met materiedeskundigen.

In de navolgende paragrafen in dit hoofdstuk wordt de uitvoering van de verschillende analyses beschreven. Op de bijeenkomst met de materiedeskundigen wordt teruggekomen in hoofdstuk 4 (discussie).

2.1. Nader onderzoek naar de rol van ijzer in het water

Het onderzoek naar de rol van ijzer heeft bestaan uit de volgende onderdelen
1. onderzoek naar de biologische beschikbaarheid van P in het Schildmeerwater;
2. onderzoek naar de herkomst van het ijzer in het Schildmeerwater;
3. nadere analyse van beschikbare waterkwaliteitsgegevens.

Onderstaand wordt nader op deze onderdelen ingegaan.

2.1.1. Onderzoek naar de biologische beschikbaarheid van P in het Schildmeerwater

De biologische beschikbaarheid van P in het Schildmeerwater is onderzocht door middel van een bioassay met de alg *Chlorella pyreniodosa*. Bij deze bioassay wordt de groei van de alg in Schildmeerwater onderzocht onder toediening van verschillende concentraties P. Het doel hiervan is om vast te stellen of de algengroei in het Schildmeer P-gelimiteerd is. Dit zou de beperkte biologische beschikbaarheid van dit element in het Schildmeerwater aantonen. Naast een bioassay met P is tevens een bioassay met Fe uitgevoerd. De gedachte hierachter was dat complexering en sedimentatie van Fe-P complexen beide elementen verminderd biologisch beschikbaar zou kunnen maken.

De test is uitgevoerd in het laboratorium van Witteveen+Bos. Eerst werden 26 erlenmeijers van 300 ml gevuld met 100 ml Schildmeerwater. In 24 erlenmeijers werd vervolgens 1 ml (± 20.000 cellen) van een hongercultuur van *Chlorella pyreniodosa* geënt. De overige 2 erlenmeijers werden niet geënt. Hierin werd groei van de algen van het Schildmeer zelf, welke in zeer kleine hoeveelheden aanwezig waren, gevolgd.

Aan 10 erlenmeijers werd een hoeveelheid KH_2PO_4 toegediend totdat de volgende eindconcentraties bereikt werden: 50, 100, 200, 350 en 500 µg P/l (in duplo). Aan 10 andere erlenmeijers werd een hoeveelheid $FeSO_4$ oplossing toegediend. De eindconcentraties hier waren: 0,5, 1, 2, 3 en 4 mg Fe/l (in duplo). Aan vier erlenmeijers werd zowel ijzer als fosfor toegediend tot eindconcentraties van respectievelijk 4 mg Fe/l en 0,5 mg P/l (in duplo).

De bioassays werden uitgevoerd bij 20 ± 2°C en met een licht/donker regime van 16/8 uur bij 5000 lux. De erlenmeijers werden continu geroerd met magneetroerders. De algengroei is gedurende 4 dagen gemeten met een Optical Particle Sizer (model 770).

2.1.2. Onderzoek naar de herkomst van het ijzer in het Schildmeerwater

Het onderzoek naar de herkomst van het ijzer in het water van het Schildmeer is vormgegeven langs twee sporen:
1. vaststellen van de herkomst van het water in het Schildmeer;
2. vaststellen van de ijzerhoudendheid van de brongebieden.

De onderzoeken zijn uitgevoerd op basis van bestaande literatuur en informatie. De volgende literatuur was beschikbaar:
- Clingeborg, A.E., 1986.
  Bodemkaart van Nederland. Toelichting bij de kaartbladen 7 Oost-Groningen en 8 Nieuweschans. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- RIVM, 1995.
  Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. Gegevens van het monsterpunt Siddeburen.
- IWACO, 1992.
  Natuurontwikkeling Midden-Groningen, een inventarisatie. Rapportnr. 91190.
- IWACO, 1992.
  Hydrologisch onderzoek Woudbloem. Rapportnr. 22.1273.0.
- IWACO, 1990.
  Detailberekeningen de Ae's. Rapportnr. 220.2730.
- Provincie Groningen, 1987.
  Grondwaterplan provincie Groningen.
- TNO, 1978.
  Grondwaterkaart van Nederland: noord-oost Groningen, 3 oost, 7 oost, 8 west. Delft.

Naast deze literatuur is ook informatie verkregen bij het Waterschap Eemszijlvest. Het betrof de volgende informatie:
- overzicht van het bemalingsgebied en het boezemstelsel;
- informatie over het verloop van de hoeveelheden uitslagwater uit het totale gebied en uit de verschillende brongebieden;
- informatie over de inlaat van gebiedsvreemd water.

Op basis van de beschikbare informatie is het volgende uitgevoerd:
- beschrijving van het hydrologisch systeem (brongebieden, afwateringsstelsel en dergelijke);
- opstellen van indicatieve waterbalansen;
- bepalen van de ijzerhoudendheid van de brongebieden.

2.1.3. Nadere analyse van beschikbare waterkwaliteitsgegevens

Een aantal bestaande waterkwaliteitsgegevens welke beschikbaar was bij de provincie is onderworpen aan een nadere analyse. Het betreft enige gegevens van de samenstelling en het verloop van het gehalte aan **zwevend stof**. Redenen om deze gegevens nader te beschouwen zijn:
- vermoed wordt dat de waterkwaliteit in de boezem in sterke mate door het gehalte aan zwevend stof gestuurd wordt;
- ijzer staat bekend om de complexerende (deeltjesvormende) capaciteit, waardoor het vooral in het zwevend stof aanwezig is.

Metingen aan het zwevend stof worden door de provincie niet standaard uitgevoerd. Desondanks waren de volgende gegevens beschikbaar:
- Het verloop van de samenstelling en het gehalte aan zwevend stof vanaf 1992, op monsterpunt 405. Dit monsterpunt is gelegen in het afwateringskanaal van Duurswold, op de plaats waar boezemwater naar de Eems afgevoerd wordt.
- Het verloop van het doorzicht en het totaal-Fe gehalte in juni 1996, op een traject vanaf het Schildmeer naar het zuiden, tot aan Woudbloem. Deze informatie is verzameld door studenten.

De gegevens van het zwevend stof zijn in verband gebracht met de standaard fysisch-chemische gegevens van de provincie.

2.2. Nader onderzoek naar de rol van katteklei

Het nader onderzoek naar de rol van katteklei heeft bestaan uit een herhaling van de bioassay met muggenlarven met tussentijds bijvoeren. Bij uitvoering van een bioassay zonder tussentijds bijvoeren in 1995 bleek > 95% sterfte onder de muggenlarven op te treden, tegen slechts 5% bij de controle (zie Klinge, 1995). Twee mogelijke oorzaken lagen hieraan ten grondslag:

- toxische werking van de bodem van het Schildmeer;
- voedselgebrek van de muggenlarven.

Teneinde hierover duidelijkheid te krijgen is de bioassay in 1996 herhaald onder bijvoering van de muggenlarven. Net als in 1995 is de bioassay uitgevoerd met de drie in het Schildmeer voorkomende bodemtypen: zand, veen en klei. Als blanco referentie diende sediment uit de Oostvaardersplassen.

Na een standaardvoorbehandeling (onder andere mengen en zeven van de bodem en menging met standaardmedium) werden 25 muggenlarven (*Chironomus riparius*) van zeven dagen oud in viervoud op het sediment-watermengsel overgebracht (in totaal voor 4 monsters derhalve 16 sediment-watersystemen). De larven zijn vervolgens 3 weken in dit systeem gebleven, bij een temperatuur van 20 ± 2°C. De volgende behandelingen werden toegepast:

- 3x per week beluchten en bijvoeren. De voeding bestond Trouvit-suspensie (0,1 ml in de 2^{e} week, 0,15 ml in de 3^{e} week en 0,2 ml in de 4^{e} week).
- 1x per week voorzichtig omwervelen van het sediment.
- Op dag 7, 14, 21 en 28 bepalen of de toetsingsomstandigheden zich binnen de vastgestelde randvoorwaarden bevonden. Hiertoe werden de volgende parameters bepaald: pH, NO_2, NH_4, O_2 en EGV.

De volgende parameters van de muggenlarven zijn bestudeerd:

- sterfte van de larven na 21 dagen op het sediment-watersysteem;
- groeivertraging (gemiddelde percentage larven in stadium L2, L3 of dood);
- ontwikkeling (gemiddeld drooggewicht van de larven in stadium L4).

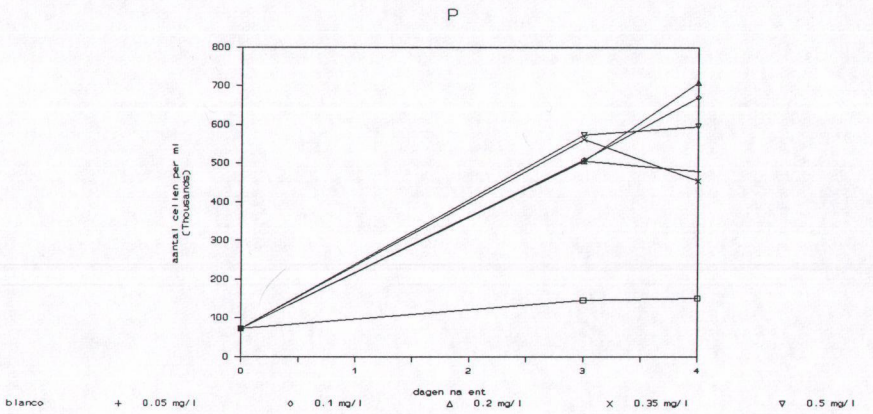
3. RESULTATEN EN BESPREKING

3.1. Nader onderzoek naar de rol van ijzer in het water

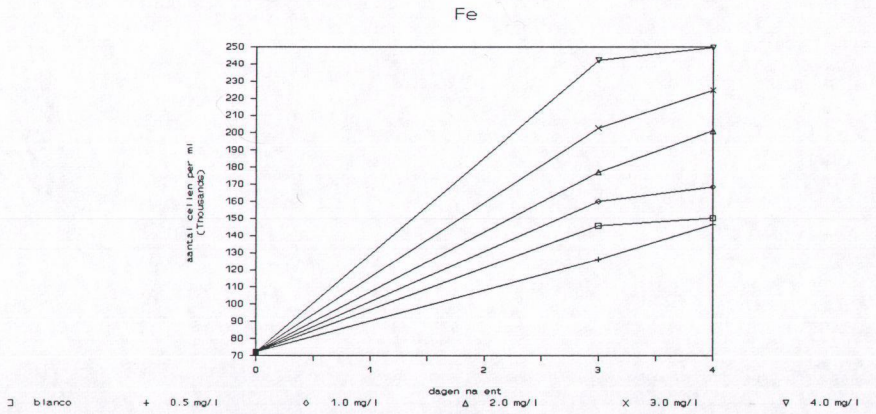
3.1.1. Onderzoek naar de biologische beschikbaarheid van P in het Schildmeerwater

De resultaten van de bioassays worden weergegeven in **afbeelding 3.1. t/m 3.3.**

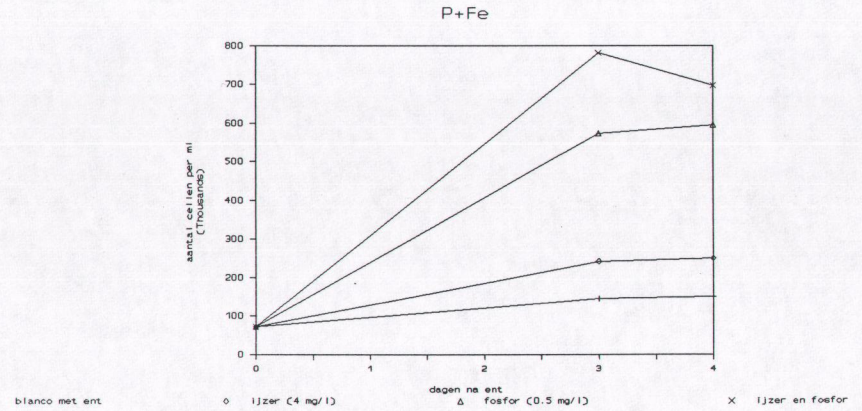
Afbeelding 3.1. Bioassay met toediening van P



Afbeelding 3.2. Bioassay met toediening van Fe



Afbeelding 3.3. Bioassay met toediening van P + Fe



Uit de afbeeldingen komt het volgende naar voren:
- Er is duidelijk sprake van een P-limitatie van de algengroei (afbeelding 3.1.): toevoegen van P levert in alle gevallen een duidelijke verhoging van het aantal cellen ten opzichte van de blanco. Opvallend is dat er nauwelijks verschillen tussen de 5 doseringen optreden; na drie dagen lijkt de groei te stagneren. Dit is zeer waarschijnlijk veroorzaakt door een te hoge pH. In het zwak gebufferde water van het Schildmeer liep de pH na drie dagen op tot boven de 9,5. Bij een dergelijk hoge pH stoppen de algen met groeien hetgeen dus voorkomt dat de verschillende doseringen leiden tot verschillende algenhoeveelheden.
- Naast een P-limitatie blijkt er ook een Fe-limitatie van de algengroei te bestaan (afbeelding 3.2.): toevoegen van Fe leidt tot een toename van het aantal cellen. De toename is evenwel veel beperkter dan bij het toedienen van P. De verschillen tussen de doseringen komen goed tot uitdrukking. De pH kwam nergens boven de 9,5.
- Bij het toevoegen van zowel P als Fe worden de hoogste aantallen cellen bereikt (afbeelding 3.3.). De groei lijkt een sommatie van de groei die optreedt bij toevoeging van de afzonderlijke elementen. Ook hier treedt na drie dagen stagnatie van de groei op. Ook hier kwam de pH boven de 9,5.

In hoofdstuk 4 worden de bevindingen uit de bioassays nader in beschouwing genomen.

3.1.2. Onderzoek naar de herkomst van het ijzer in het Schildmeerwater

1. Hydrologische systeembeschrijving

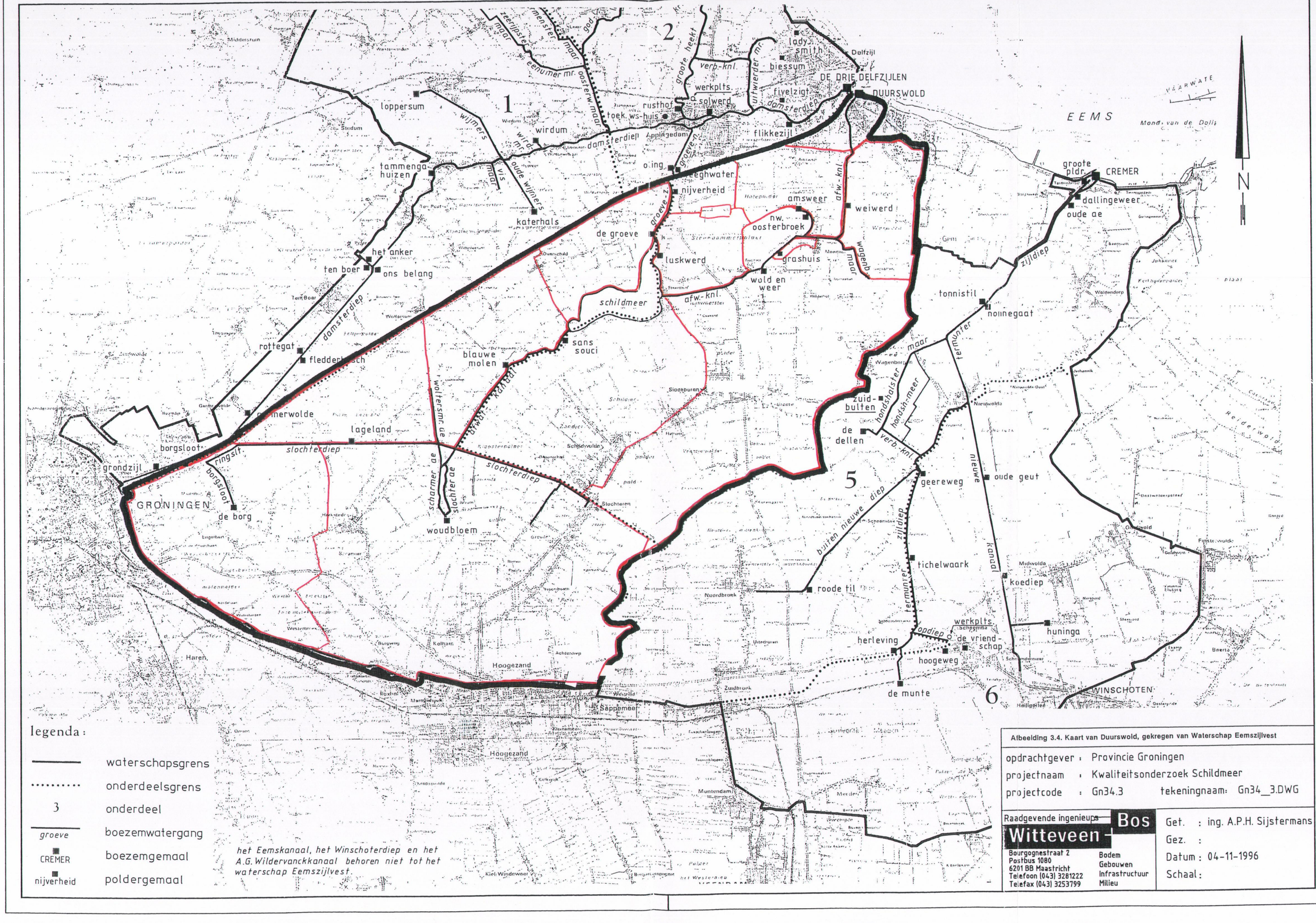
Teneinde de herkomst van het ijzer in het Schildmeerwater te kunnen vaststellen, is het primair van belang om inzicht te hebben in de hydrologie van het gebied. Deze systeembeschrijving is opgesteld aan de hand van de bestaande informatie zoals gegeven in paragraaf 2.1.2. In **bijlage I** wordt uitgebreid ingegaan op deze systeembeschrijving. Onderstaand worden de belangrijkste bevindingen samengevat.

Het boezemgebied Duurswold beslaat een oppervlak van circa 21.000 ha. Het oppervlak van de boezem zelf bedraagt circa 380 ha, waarvan circa 280 ha wordt ingenomen door het Schildmeer. De overige 100 ha bestaat uit een stelsel van watergangen. Rondom de boezem ligt een aantal polders, welke als brongebieden functioneren. In elke polder wordt een bepaald oppervlaktewaterpeil gehandhaafd door middel van een gemaal. Een kaart van de boezem en de brongebieden is gegeven in **afbeelding 3.4.**

Behalve door neerslag worden de polders gevoed door kwelwater. Er is in Duurswold sprake van drie soorten kwelwater:
1. Lokaal kwelwater. Deze kwel kan afkomstig zijn van:
   - de hoger gelegen boezem van Duurswold en uit enkele, hoger gelegen kanalen welke het boezemgebied omgeven (Winschoterdiep, Eemskanaal);
   - naastliggende, hoger gelegen polders;
   - een infiltratiegebied tussen Kolham en Slochteren.
2. (Sub)regionaal kwelwater vanuit het eerste watervoerende pakket. Dit water infiltreert voor een belangrijk deel op de Hondsrug en stroom over een pakket Eemklei naar het noorden, waar het in de polders ten noorden van het Winschoterdiep opkwelt.
3. Regionaal kwelwater vanuit het tweede watervoerende pakket. Dit water komt via een kwelvenster in het gebied globaal tussen het Slochterdiep en Hoogezand omhoog. Het water is afkomstig van zowel het noorden als het zuiden. Het is niet geheel duidelijk in hoeverre dit kwelwater het oppervlak bereikt. Mogelijk is dit alleen het geval in de diepe ontwateringssloten van de polders van De Borg en Woudbloem.

Vanwege de geohydrologische opbouw vindt er nagenoeg geen wegzijging uit Duurswold plaats.

Via gemalen wordt het regen- en kwelwater vanuit de verschillende polders op de boezem gebracht. De boezem loost haar water in het noorden van het gebied via gemaal Duurswold op de Eems.



legenda :

———	waterschapsgrens
·····	onderdeelsgrens
3	onderdeel
groeve	boezemwatergang
CREMER	boezemgemaal
nijverheid	poldergemaal

het Eemskanaal, het Winschoterdiep en het A.G. Wildervanckkanaal behoren niet tot het waterschap Eemszijlvest.

Afbeelding 3.4. Kaart van Duurswold, gekregen van Waterschap Eemszijlvest

opdrachtgever : Provincie Groningen
projectnaam : Kwaliteitsonderzoek Schildmeer
projectcode : Gn34.3 tekeningnaam: Gn34_3.DWG

Raadgevende ingenieurs
Witteveen + Bos
Bourgognestraat 2
Postbus 1080
6201 BB Maastricht
Telefoon (043) 3281222
Telefax (043) 3253799
Bodem
Gebouwen
Infrastructuur
Milieu

Get. : ing. A.P.H. Sijstermans
Gez. :
Datum : 04-11-1996
Schaal :

Als gevolg van deze omstandigheden en de ligging van de boezemkanalen lopen er door het Schildmeer twee waterstromen: één vanuit het zuiden en één vanuit het noorden. Beide waterstromen komen aan de oostzijde van het Schildmeer samen en worden via het afwateringskanaal van Duurswold in de richting van gemaal Duurswold geleid.

Het waterpeil in de boezem is zomer en winter constant; er treedt geen winterse berging van water op. In droge perioden heeft dit tot gevolg dat er gebiedsvreemd water ingelaten moet worden. Dit gebeurt vanuit het Eemskanaal bij het Slochterdiep (zie afbeelding 3.4.).

2. Indicatieve waterbalans

Teneinde informatie over de **omvang** van de verschillende waterstromen te krijgen is getracht enkele indicatieve waterbalansen voor het gebied op te stellen. Hiervoor is de volgende informatie gebruikt:

- draaiuren en capaciteiten van de verschillende poldergemalen in het Duurswoldgebied;
- informatie over de hoeveelheden water welke vanuit de boezem op de Eems zijn gebracht;
- neerslaggegevens van station Farmsum;
- verdampingsgegevens in de vorm van decadesommen van meteohoofdstation Eelde;
- gegevens over hoeveelheden ingelaten gebiedsvreemd water.

In bijlage I is alle beschikbare informatie weergegeven. Het bleek mogelijk om voor 1992 en 1995 indicatieve waterbalansen op te stellen. Deze balansen worden gegeven in **tabel 3.1.**

Tabel 3.1. Indicatieve waterbalansen voor 1992 en 1995. Alle waarden in Mm^3. * = sluitpost

1992

polders			
in		**uit**	
- kwelwater*	56,3	- polderwater	89,5
- hemelwater	159,0	- verdamping	125,8
totaal	215,3	totaal	215,3
boezem			
in		**uit**	
- hemelwater	2,9	- wegzijging naar polders*	5,1
- polderwater	89,5	- verdamping	2,9
- gebiedsvreemd water	3,5	- lozing op Eems	87,9
totaal	95,9	totaal	95,9

1995

polders			
in		**uit**	
- kwelwater*	53,1	- polderwater	120,9
- hemelwater	189,0	- verdamping	121,2
totaal	242,1	totaal	242,1
boezem			
in		**uit**	
- hemelwater	3,5	- wegzijging naar polders*	10,6
- polderwater	120,9	- verdamping	2,8
- gebiedsvreemd water	1,4	- lozing op Eems	112,4
totaal	125,8	totaal	125,8

Uit de tabel komt het volgende naar voren:
- Hemelwater is veruit de belangrijkste post en vormt de motor achter het watersysteem;
- In de polders speelt naast hemelwater kwelwater een belangrijke rol. Dit water, dat een 'sluitpost' van de balans is, vormt 20-25% van de wateraanvoer naar de polders.
- In de boezem is polderwater veruit het belangrijkst. De hoeveelheid gebiedsvreemd water is, bezien op de jaarbalans, klein.
- De precieze herkomst van het kwelwater in de polders is goeddeels onbekend. Een relatief beperkt deel (5,1 tot 10,6 miljoen m^3) is afkomstig uit de boezem (tweede sluitpost van de balans). De rest is afkomstig uit de overige genoemde, lokale of (sub)regionale bronnen.

In een poging de herkomst van het kwelwater in de polders beter te bepalen is gekeken of de kwelstromen gelijkelijk over alle polders verdeeld zijn. Dit is gedaan door de hoeveelheden uitslagwater per hectare polderoppervlak in beschouwing te nemen. Een en ander is weergegeven in **tabel 3.2.**

Tabel 3.2. Jaarlijkse hoeveelheden uitslagwater van de verschillende poldergemalen (in m^3 per hectare bemalen oppervlak), weergegeven als procentuele afwijking van het gemiddelde voor heel Duurswold

	opp. (ha)	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
De Borg	2.600	+16,8	+19,1	+30,6	+47,7	+38,7	+25,6	+25,7	+2,0
Woudbloem	5.700	+13,1	+25,1	+20,7	+21,3	+11,4	+13,7	+11,4	+18,1
Lageland	1.200	-11,8	-10,1	-9,5	-12,3	-8,9	-5,7	-3,5	-8,2
Blauwe Molen	1.200	-2,7	-0,9	-7,6	-14,7	-8,9	1,2	-7,8	-5,3
Sans souci	2.300	-10,4	-17,1	-15,4	-18,4	-12,0	-6,6	-13,4	-19,1
Laskwerd	700	-9,7	-17,1	-15,9	-35,0	-70,1	-6,2	-5,2	-9,0
De Groeve	800	-2,1	-17,1	-15,1	-14,7	-1,1	-7,7	-6,4	-7,4
Nijverheid	400	-7,2	-3,2	-20,8	-21,8	-24,4	-1,6	-2,1	-18,2
Wold en Weer	4.400	-15,7	-21,5	-20,3	-23,7	-12,2	-24,7	-14,9	-6,9
Grashuis	30	-8,4	-7,8	-24,6	-5,2	+55,1	+9,4	+13,5	+14,8
Nw. Oosterbroek	90	+98,5	+207,2	+76,0	+89,6	+80,9	+64,1	+32,4	+33,9
Amsweer	600	-6,1	-26,3	-17,0	-19,4	-3,1	-7,0	-0,7	+6,2
Weiwerd	800	-2,1	-27,4	-20,8	-21,8	-12,8	-7,7	-19,1	-7,4
totaal Duurswold	20.820	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Uit tabel 3.2. komt naar voren dat drie bemalingseenheden een structureel afwijkend beeld vertonen ten opzichte van de rest. Het betreft de eenheden welke bemalen worden door de gemalen De Borg, Woudbloem en Nieuw Oosterbroek. Deze gemalen slaan per hectare bemalen oppervlak veel meer uit dan de andere gemalen. Voor gemaal Nieuw Oosterbroek, waar per hectare 30-200% meer water uitgemalen wordt dan het gemiddelde, moet de verklaring gezocht worden in de diepe ligging van de betreffende polder: het betreft een polder in een polder (zie afbeelding 3.4.) waardoor er relatief veel water naar deze eenheid toestroomt. Voor de gemalen De Borg en Woudbloem, welke per hectare gemiddeld 20-25% meer uitmalen dan gemiddeld, wordt de afwijking gezien als een sterke aanwijzing voor de aanvoer van (sub)regionaal kwelwater. In **tabel 3.3.** is getracht een indicatie van de hoeveelheden kwelwater in deze polders te krijgen. Hiertoe is bepaald hoeveel m^3 'extra' water door deze gemalen uitgeslagen wordt in vergelijking met het (naar bemalen oppervlak gewogen) gemiddelde. Als gemiddelde is gekozen voor het gemiddelde exclusief De Borg en Woudbloem zèlf; dit omdat deze, afwijkende, eenheden circa 40% van het totale oppervlak van Duurswold bemalen en dus een grote invloed op het gemiddelde hebben.

Tabel 3.3. Afwijkingen ten opzichte van het gemiddelde (exclusief De Borg en Woudbloem) in de jaarlijkse hoeveelheden uitslagwater (in miljoenen m^3)

	opp. (ha)	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
De Borg	2.600	4,97	3,25	5,32	6,15	5,80	5,88	5,54	1,61
Woudbloem	5.700	9,34	8,36	9,18	8,18	6,04	8,77	7,34	8,87
Lageland	1.200	-0,21	0,23	0,33	0,31	0,22	0,43	0,49	0,04
Blauwe Molen	1.200	0,59	0,63	0,43	0,21	0,22	0,93	0,19	0,24
Sans souci	2.300	-0,16	-0,14	0,04	0,10	0,12	0,70	-0,39	-1,40
Laskwerd	700	-0,01	-0,04	-0,01	-0,38	-1,71	0,23	0,22	-0,01
De Groeve	800	0,43	-0,05	0,02	0,14	0,42	0,19	0,20	0,06
Nijverheid	400	0,06	0,18	-0,09	-0,03	-0,19	0,24	0,20	-0,22
Wold en Weer	4.400	-1,99	-0,96	-0,88	-0,64	0,19	-3,52	-1,12	0,46
Grashuis	30	0,00	0,01	-0,01	0,02	0,09	0,04	0,04	0,04
Nw. Oosterbroek	90	0,71	0,72	0,37	0,35	0,36	0,41	0,23	0,22
Amsweer	600	0,15	-0,24	-0,03	0,00	0,26	0,17	0,35	0,52
Weiwerd	800	0,43	-0,35	-0,18	-0,06	0,02	0,19	-0,40	0,06

Uit de tabel komt naar voren dat De Borg en Woudbloem samen jaarlijks 10 tot 15 miljoen m^3 meer uitslaan dan het naar bemalen oppervlak gewogen gemiddelde van de overige gemalen. Het precieze aandeel van de verschillende kwelstromen in dit water (lokaal, (sub)regionaal en regionaal) is vooralsnog onbekend. Gezien de hoeveelheden en de geohydrologische situatie ter plekke wordt evenwel verwacht dat een substantieel deel van (sub)regionale en regionale oorsprong is. In hoofdstuk 4 wordt nader op deze bevindingen ingegaan.

3. IJzerhoudendheid van de verschillende waterstromen

De herkomst van het ijzerrijke water in het Schildmeer dient op basis van de waterbalans, waaruit naar voren komt dat jaargemiddelde > 90% van het boezemwater uit polderwater bestaat, vooral teruggevoerd te worden op de polders. Zoals aangegeven bestaat het water in de polders voor een significant deel uit kwelwater, dat ijzerrijk kan zijn. Het kwelwater in de polders kan zowel van lokale als (sub)regionale oorsprong zijn. De aanrijking met ijzer kan derhalve zowel in Duurswold zelf als elders plaatsvinden.

Teneinde dit te onderzoeken is eerst gekeken naar de ijzerhoudendheid van het ondiepe en diepe grondwater en van de bodem in de polders. Vervolgens is het oppervlaktewater in beschouwing genomen.

grondwater
Het RIVM heeft in het gebied rond het Schildmeer een aantal peilputten van het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit. Ook ijzer (Fe) is één van de parameters die wordt gemeten. De gegevens van de peilputten zijn gegeven in **tabel 3.4.**

Tabel 3.4. Overzicht van Fe-concentraties in een aantal peilputten van het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit binnen het boezemgebied Duurswold over de periode 1990-1995

RIVM-nummer	348		356		1.411	1.412	1.545	
diepte (m-mv)	9,0-11,0	27,9-29,9	9,1-11,1	23,1-25,1	7,0-8,0	29,0-30,0	8,0-10,0	18,0-20,0
Fe (mg/l)	8,2-9,7	51,1-53,8	32,1-33,2	22,8-24,0	6,1-7,0	39,0-46,0	1,9-2,1	20,0-23,0

Uit de gegevens kan worden vastgesteld dat in het ondiepe (± 10 m-mv) en diepe (> 20 m-mv) grondwater van het boezemgebied Duurswold over het algemeen hoge gehalten Fe voorkomen.

bodem
Sinds 1995 is het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit van het RIVM in gebruik genomen. Voor dit meetnet worden landsdekkend bodem- en grondwatermonsters genomen van onverdachte locaties. Deze monsters worden onder andere geanalyseerd op zware metalen, chloride, fosfaat en stikstof.

Eén van de meetpunten ligt nabij Siddeburen. De exacte locatie wordt echter niet vrijgegeven. Deze locatie ligt ten opzichte van de polders op een hoger gelegen gedeelte, hetgeen betekent dat op deze plaats sprake is van infiltratie. Opvallend in de monsters van 1995 is het hoge ijzergehalte, van gemiddeld 8.207 mg/kg ds tussen 0-10 cm-mv en gemiddeld 10.889 mg/kg ds tussen 30-40 cm-mv.

Verder onderzoek naar bodemkwaliteitsgegevens heeft geen nadere informatie opgeleverd. Enige kwalitatieve informatie is nog verkregen uit Clingeborg (1986), waarin regelmatig melding gemaakt wordt van bruinkleuringen in bodemprofielen, hetgeen duidt op het voorkomen van ijzer.

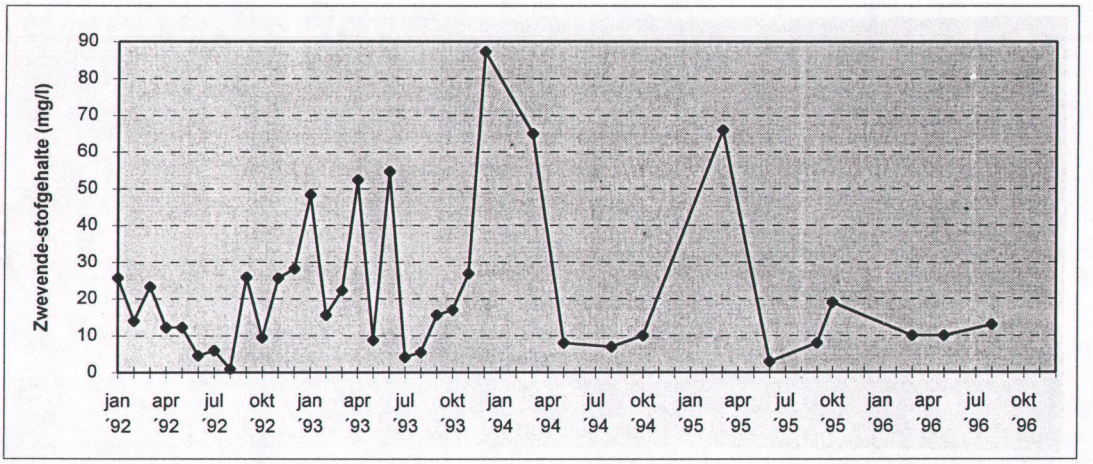
oppervlaktewater
Een probleem bij het beschouwen van het ijzer in het oppervlaktewater is de complexerende capaciteit van ijzer bij oxidatie. Wanneer het anaërobe kwelwater in de polders aan het oppervlak komt, vinden oxidatieprocessen plaats. Het in anaërobe toestand opgeloste Fe^{2+} oxideert tot Fe^{3+}, waarna een belangrijk deel complexen vormt met andere stoffen. Deze complexen slaan neer of vormen, in turbulent water, onderdeel van het zwevend stof.

De provincie Groningen bepaalt, in het kader van het reguliere waterkwaliteitsmeetnet, alleen het gehalte aan opgelost ijzer. Gezien het bovenstaande betekent dit dat de aanwezigheid van ijzer in het oppervlaktewater op deze manier sterk onderschat wordt. Metingen aan de hoeveelheid en samenstelling van het zwevend stof, welke een betere benadering van de aanwezigheid van ijzer in het oppervlaktewater vormt, worden slechts incidenteel uitgevoerd. Het betreft een meetpunt bij Farnsum (405), op de plaats waar het boezemwater op de Eems gebracht wordt. Daarnaast is er nog incidentele informatie van enkele andere plaatsen, waar in paragraaf 3.1.3. op ingegaan zal worden.

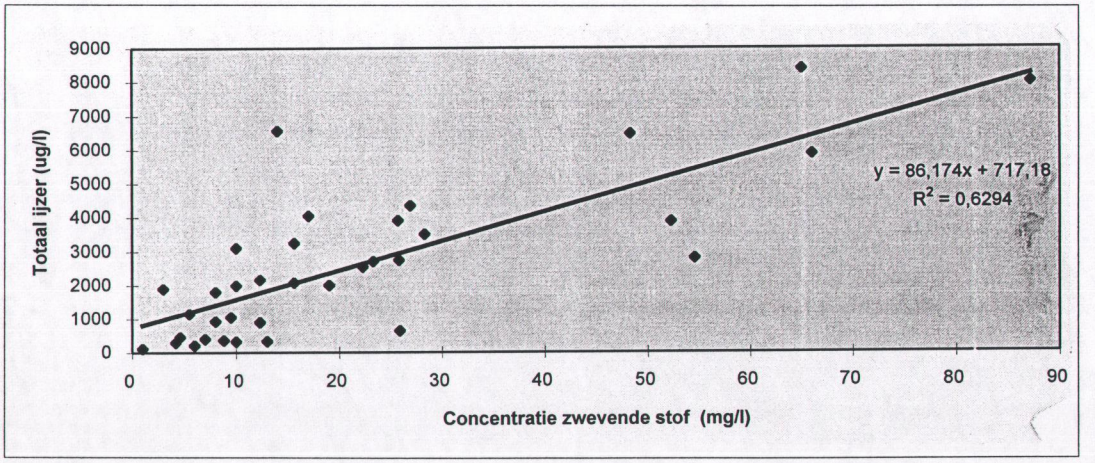
Op basis van de beschikbare informatie is er echter geen koppeling te maken tussen de verschillende waterstromen en de hiermee aangevoerde hoeveelheden ijzer.

samenvattend
Het ijzerrijke water in de boezem is zeer waarschijnlijk afkomstig van het kwelwater uit de polders. De beschikbare gegevens van het grondwater en de bodem gegeven aan dat zowel de lokale als de (sub)regionale kwelstromen naar de polders ijzerrijk zijn. De **mate** van ijzerrijkdom van deze stromen is op basis van de beschikbare informatie evenwel niet vast te stellen. Tevens wordt dit bemoeilijkt door de complexvorming van het ijzer die bij oxidatie van het kwelwater optreedt. Een indicatieve ijzerbalans op basis van de gehalten in het zwevend stof is door het ontbreken van informatie eveneens niet op te stellen. In hoofdstuk 4 wordt nader op deze bevindingen ingegaan.

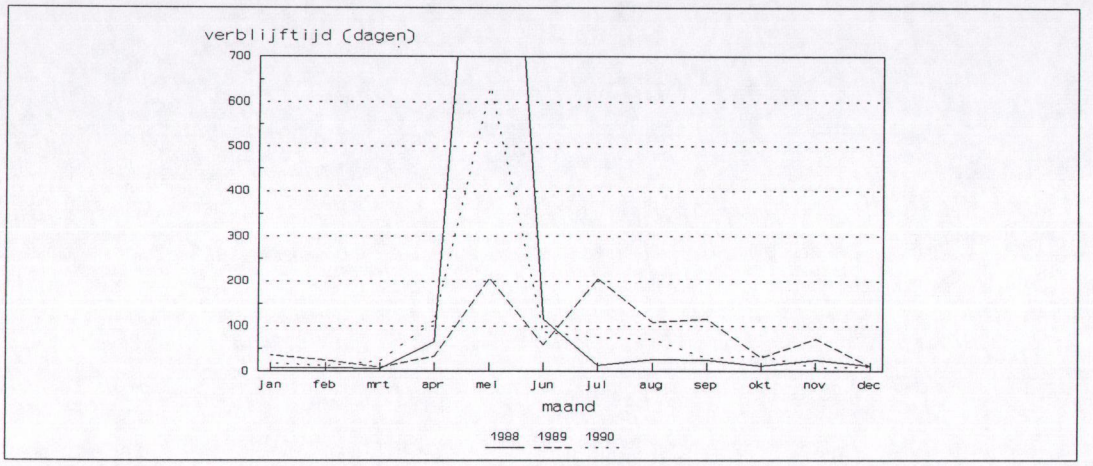
Afbeelding 3.5. Verloop zwevend stofgehalte



Afbeelding 3.6. Totaal-Fe in zwevend stof



Afbeelding 3.7. Verloop van de gemiddelde maandelijkse verblijftijd in de boezem

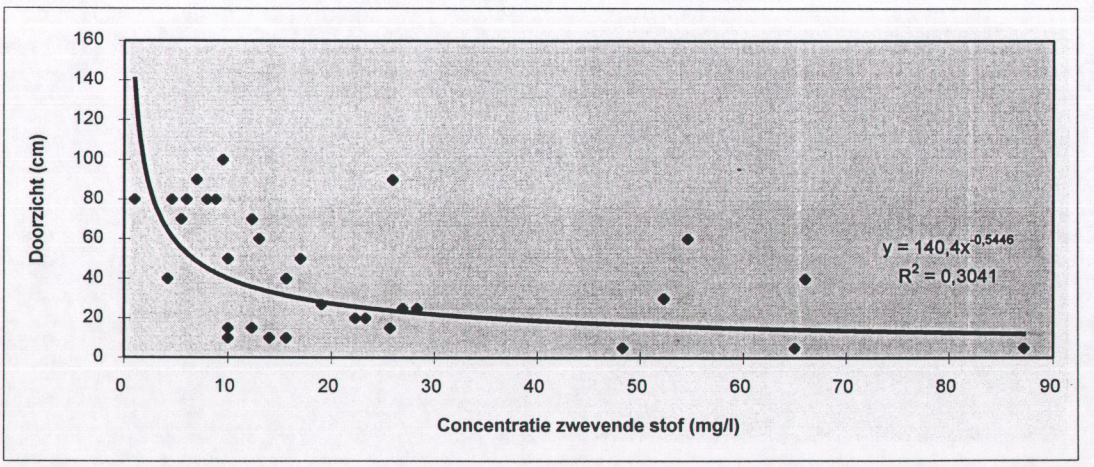


3.1.3. Nadere analyse van beschikbare waterkwaliteitsgegevens

In **afbeelding 3.5.** is het verloop van het gehalte aan zwevend stof in de tijd weergegeven. Uit de afbeelding komt een duidelijke seizoensfluctuatie naar voren, met zeer hoge concentraties in de winter en lage concentraties in de zomer. Zeer waarschijnlijk is dit verloop gekoppeld aan het neerslagpatroon:

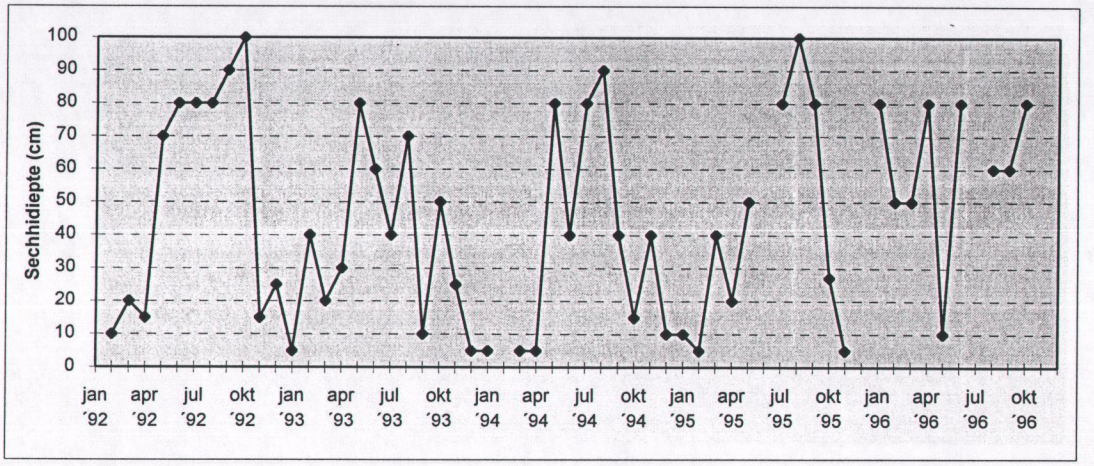
In het **winterhalfjaar** wordt er veel water vanuit de polders op de boezem uitgeslagen en vanuit de boezem op de Eems gebracht. Het water uit de polders bevat veel zwevend stof met daarin ijzercomplexen (**afbeelding 3.6.**) en is roodbruin gekleurd (eigen waarnemingen bij verschillende gemalen en mond. med. diverse omwonenden). Door het turbulente karakter van het water in deze tijd van het jaar blijft het zwevend stof in suspensie en kleurt de gehele boezem roodbruin (eigen waarnemingen en mond. med. diverse omwonenden). In het **zomerhalfjaar** neemt de aanvoer van water vanuit de polders sterk af en neemt de verblijftijd van het boezemwater toe (**afbeelding 3.7.**). Het in het water aanwezige zwevende stof kan bezinken, hoewel het in winderige perioden weer opwervelt en de waterkolom tijdelijk weer roodbruin kan kleuren (eigen waarnemingen en mond. med. diverse omwonenden).

Afbeelding 3.8. Zichtdiepte versus zwevend stofgehalte



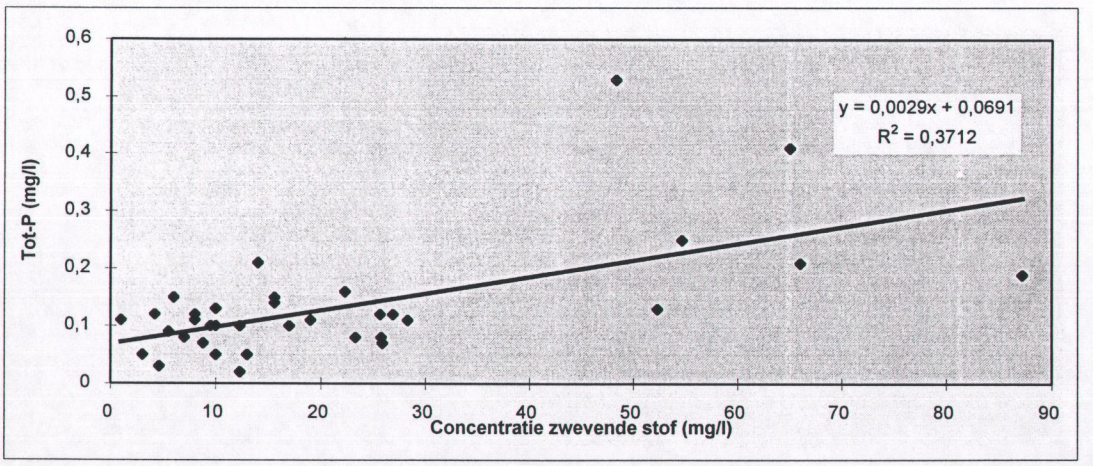
Omdat de zichtdiepte sterk gekoppeld is aan het gehalte aan zwevend stof (**afbeelding 3.8.**), is het water in de boezem in de winter troebel en in de zomer overwegend helder (**afbeelding 3.9.**).

Afbeelding 3.9. Verloop van de zichtdiepte in de tijd

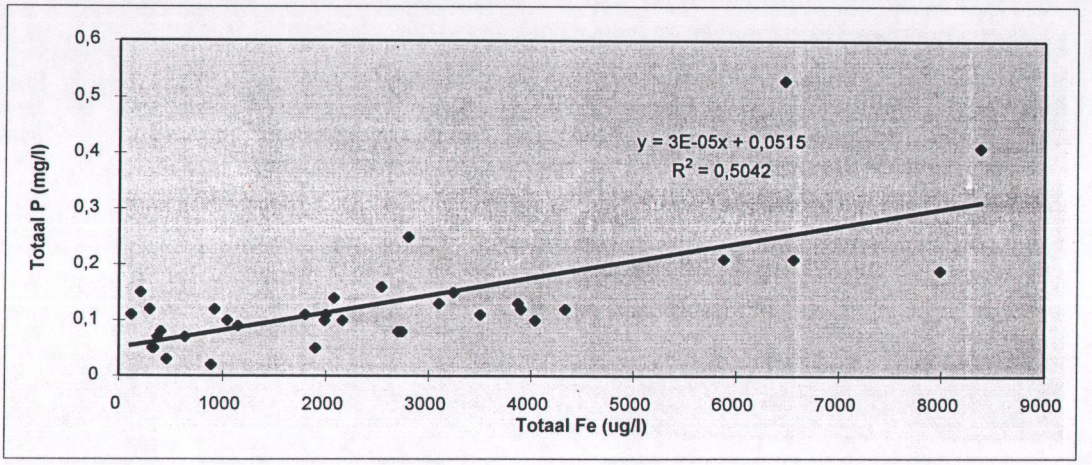


De capaciteit van het ijzer om fosfaat in complexen in te vangen wordt geacht een belangrijke rol te spelen bij het heldere water in de zomer; deze capaciteit wordt geacht te zorgen voor een sterke P-limitatie van de algengroei (zie paragraaf 3.1.1.). De positieve verbanden tussen het gehalte aan totaal-P en zwevend stof (**afbeelding 3.10.**) en totaal-P en totaal-ijzer (**afbeelding 3.11.**) illustreren de defosfaterende werking in het systeem. De defosfatering via complexvorming vindt waarschijnlijk voornamelijk plaats in de polders (gelukkig precies de plaatsen waar veel P in het systeem gebracht wordt), waar het anaërobe kwelwater aan het oppervlak komt en oxideert. De complexen bezinken waarschijnlijk reeds voor een belangrijk deel in de polders.

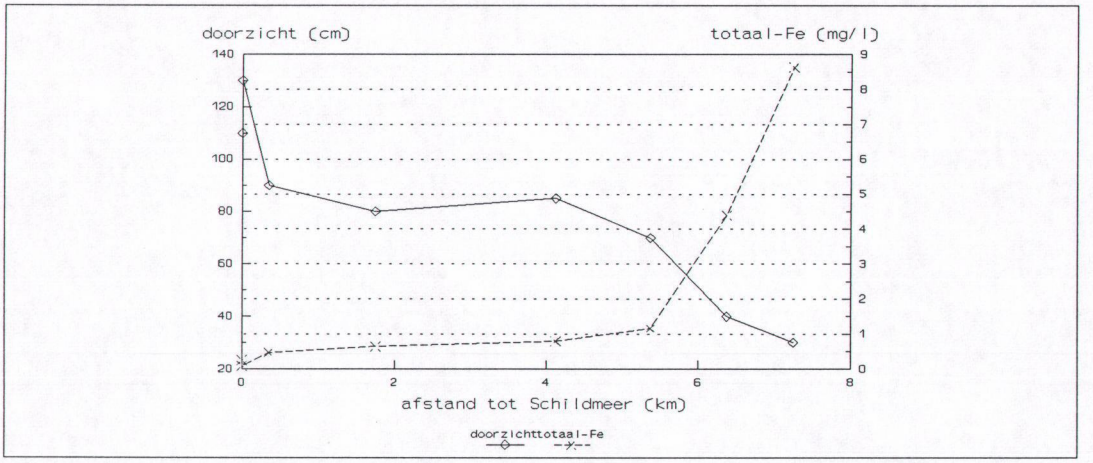
Afbeelding 3.10. Zwevend stof versus totaal-P



Afbeelding 3.11. Totaal-Fe versus totaal-P

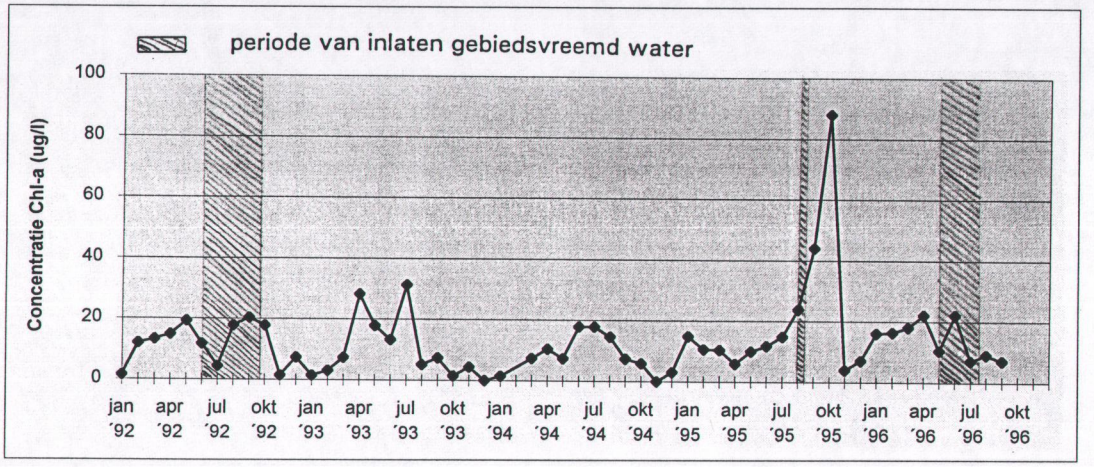


Afbeelding 3.12. Verloop van de zichtdiepte en het totaal-Fe gehalte op een traject tussen het Schildmeer en Woudbloem

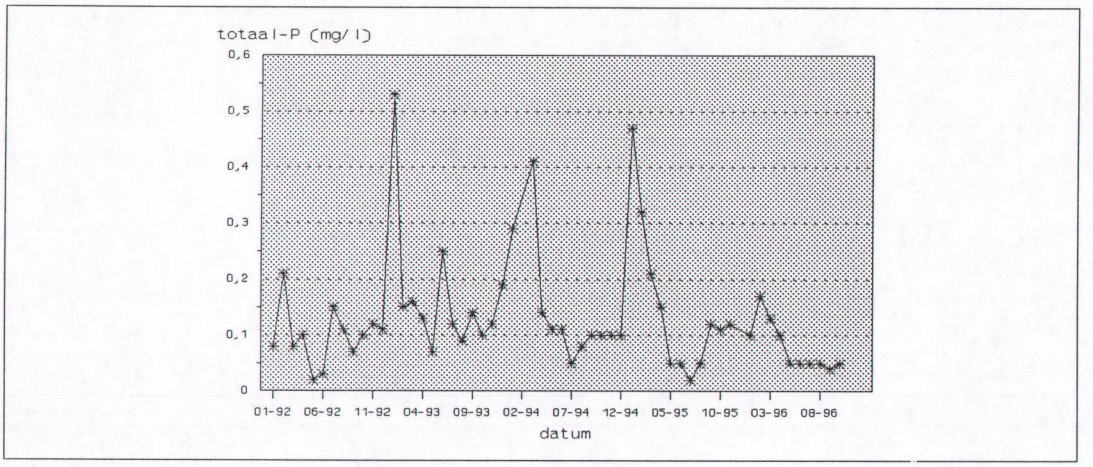


Complexen die in de zomer op de boezem uitgeslagen worden, zoals bijvoorbeeld het geval bij de bemalingseenheden van De Borg en Woudbloem, kunnen bezinken op de weg naar het Schildmeer. Dit wordt geïllustreerd in **afbeelding 3.12.**; op de weg naar het Schildmeer neemt het totaal-Fe gehalte (door bezinking) af en wordt het water steeds helderder.

Afbeelding 3.13. Verloop van het chlorofyl-a gehalte in de tijd



Afbeelding 3.14. Verloop van het totaal-P gehalte in de tijd



Het verloop van het chlorofyl-a gehalte (**afbeelding 3.13.**) illustreert de voedselarme omstandigheden in het water: het gehalte komt vrijwel nooit boven 10-20 µg/l, terwijl het totaal-P gehalte (**afbeelding 3.14**) veel hogere chlorofylgehalten doet verwachten. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat bij de chlorofyl-a bepalingen zeer waarschijnlijk geen rekening gehouden wordt met de aanwezigheid in het Schildmeer van de kolonievormende blauwalg *Aphanoteca stagnina*, welke in behoorlijke hoeveelheden aanwezig zijn (zie Klinge, 1995). Het chlorofyl-a gehalte wordt hierdoor onderschat. Echter, omdat de blauwalgen waarschijnlijk een deel van de primaire productie vormen dat toch niet of nauwelijks aan hogere trofische niveaus in de voedselketen doorgegeven wordt, is het chlorofyl-a gehalte wel indicatief voor de productiviteit van de rest van de voedselketen.

Tijdens en/of na perioden van inlaat van gebiedsvreemd water treedt telkens een stijging van het chlorofyl-a gehalte op (zie afbeelding 3.13.). Het sterkst is dit in de zomer van 1995, wanneer het chlorofyl-a gehalte bijna 90 µg/l wordt.

In andere jaren is de stijging echter zeer beperkt. In hoeverre de kwaliteit van het inlaatwater hierbij van invloed is, is onbekend; gegevens hieromtrent waren niet voorhanden. Op voorhand kan niet uitgesloten worden dat de aanvoer van ijzerrijk water via de gemalen De Borg en Woudbloem ervoor zorgt dat het fosfaat in het gebiedsvreemde water, dat via de Slochtersluis binnenkomt, (deels) wordt vastgelegd.

3.2. Nader onderzoek naar de rol van katteklei; herhaling bioassay met muggenlarven

De resultaten van de bioassay met muggenlarven zijn weergegeven in **tabel 3.5.** In deze tabel zijn tevens de resultaten van de bioassay uit 1995 opgenomen.

Tabel 3.5. Resultaten van de bioassays met *Chironomus riparius* in 1995 en 1996. Referentie 1 = Schoonrewoerdse Wiel; Referentie 2 = Oostvaardersplassen

sediment	sterfte (%)	groeivertraging (%)	drooggewicht (mg)
		1995 (zonder bijvoeren)	
referentie 1 (klei)	5	70	0,11
Schildmeer klei	100	-	-
Schildmeer veen/klei	96	100	0,12
Schildmeer veen	97	100	0,10
		1996 (met bijvoeren)	
referentie 2 (klei)	11	19	1,07
Schildmeer klei	4	42	1,11
Schildmeer veen	9	10	0,71
Schildmeer zand	5	22	0,82

Uit de tabel komt naar voren dat de overleving en groei van de muggenlarven met bijvoeren (1996) zeer significant beter zijn dan zonder bijvoeren (1995). Hieruit kan afgeleid worden dat niet de milieu-omstandigheden in de bodem, maar de **voedselsituatie** in de bodem in de huidige situatie beperkend is voor het voorkomen van muggenlarven. De bodem van het Schildmeer is dus uitzonderlijk voedselarm te noemen. In hoofdstuk 4 wordt hier nader op ingegaan.

4. DISCUSSIE EN CONCLUSIES

4.1. Nader onderzoek naar de rol van ijzer

Het onderzoek heeft aangetoond dat er veel ijzerrijk water in Duurswold aanwezig is. Het ijzerrijke water, dat via de polders in de boezem terecht komt, is zeer waarschijnlijk afkomstig van zowel lokale als regionale bronnen, hoewel de precieze herkomst en de verhouding tussen de verschillende bronnen nog onduidelijk is. Het ijzerrijke water wordt algemeen verantwoordelijk geacht voor de goede waterkwaliteit in het gebied. Anaëroob kwelwater in de polders zorgt bij oxidatie voor het op grote schaal invangen van fosfaat en zorgt zo voor het optreden van een natuurlijke defosfatering van het water in de polders, dat door de landbouwactiviteiten ter plekke voedselrijk is. Het complexrijke water wordt uitgeslagen op de boezem. In de winter zorgt dit voor een grote troebelheid door het in suspensie blijven van het complexrijke zwevend stof. In de groeiseizoen kunnen de complexen neerslaan en treden er, zoals het studentenonderzoek aantoont, periodes op dat het Schildmeer gevoed wordt met helder, gedefosfateerd water. Dit verklaart de P en Fe limitatie van de algengroei tijdens de bioassay in augustus 1996.

Vaak zijn de nutriënten in Fe-P complexen deels biologisch beschikbaar. Uit een discussienotitie van Boers (1992) blijkt dat de biologische beschikbaarheid van particulair P in beken en rivieren varieert tussen 5 en 65%. De biologische beschikbaarheid van particulair P in het effluent van RWZI's blijkt, ongeacht de zuiveringstechniek zoals defosfatering, nog hoger en te variëren van 60 tot 100%. Aangenomen mag derhalve worden dat de nutriënten in de complexen tenminste voor een deel biologisch beschikbaar zijn. Het Schildmeer zelf wordt echter vooral **buiten** het groeiseizoen met complexen gevoed, zodat dit zonder merkbare gevolgen kan blijven.

De zomerse voeding van het Schildmeer is, behalve in perioden van het inlaten van gebiedsvreemd water, waarschijnlijk voornamelijk afkomstig uit de bemalingsgebieden van Woudbloem en De Borg, waar relatief veel kwelwater van waarschijnlijk (sub)regionale oorsprong aan het oppervlak komt. Voor de waterkwaliteit van het Schildmeer is dit mogelijk een belangrijk gegeven. Zonder deze zomerse kwelvoeding zou er waarschijnlijk veel meer gebiedsvreemd water ingelaten moeten worden, hetgeen negatieve effecten kan hebben (zie afbeelding 3.11.). Het verdient aanbeveling nader naar de kwaliteit van het gebiedsvreemde water en de relaties met het kwelwater van De Borg en Woudbloem te kijken.

belangrijkste conclusie

IJzerrijke complexen worden zeer sturend geacht voor de waterkwaliteit in de boezem inclusief het Schildmeer. Niet alleen vormen ze een belangrijk bestanddeel van het zwevend stof dat voor een belangrijk deel het verloop van het doorzicht bepaalt, het ijzer zorgt ook voor het vastleggen van fosfaat en het op deze wijze verminderen van de productiviteit van het water.

4.2. Nader onderzoek naar de rol van katteklei

De herhaalde bioassay met muggenlarven heeft aangetoond dat er in het Schildmeer sprake is van een sterke voedsellimitatie en géén limitatie door toxische stoffen. In hoeverre het voedselgebrek in de bodem veroorzaakt wordt door een geringe aanvoer van voedsel in de vorm van organisch materiaal van buiten het Schildmeer dan wel een geringe interne productie van voedsel is nog niet duidelijk. Voorlopig neigen we naar het laatste. De eerste reden hiervoor is de constatering dat in veel oligotrofe wateren de hoeveelheden en biomassa aan muggenlarven en wormen veel groter zijn dan in het Schildmeer (zie onder andere AquaSense, 1993). Een voorbeeld is de Grote Maarsseveense Plas bij Utrecht. Bij een totaal-P gehalte van < 0,01 mg/l is hier circa 3 gram muggenlarven per m^2 aanwezig, tegen < 0,1 gram in het Schildmeer. De tweede reden voor het vermoeden dat het gebrek aan voedsel een probleem van de interne productie is, is gelegen in de samenstelling van de bodem. Een deel van de bodem bestaat uit grof veen. Zeer opvallend is dat dit veen geen enkel spoor van afbraak vertoont: het is maagdelijk veen, waarin mineralisatieprocessen volledig lijken te ontbreken. Wellicht staan in de bodem van het Schildmeer bacteriële

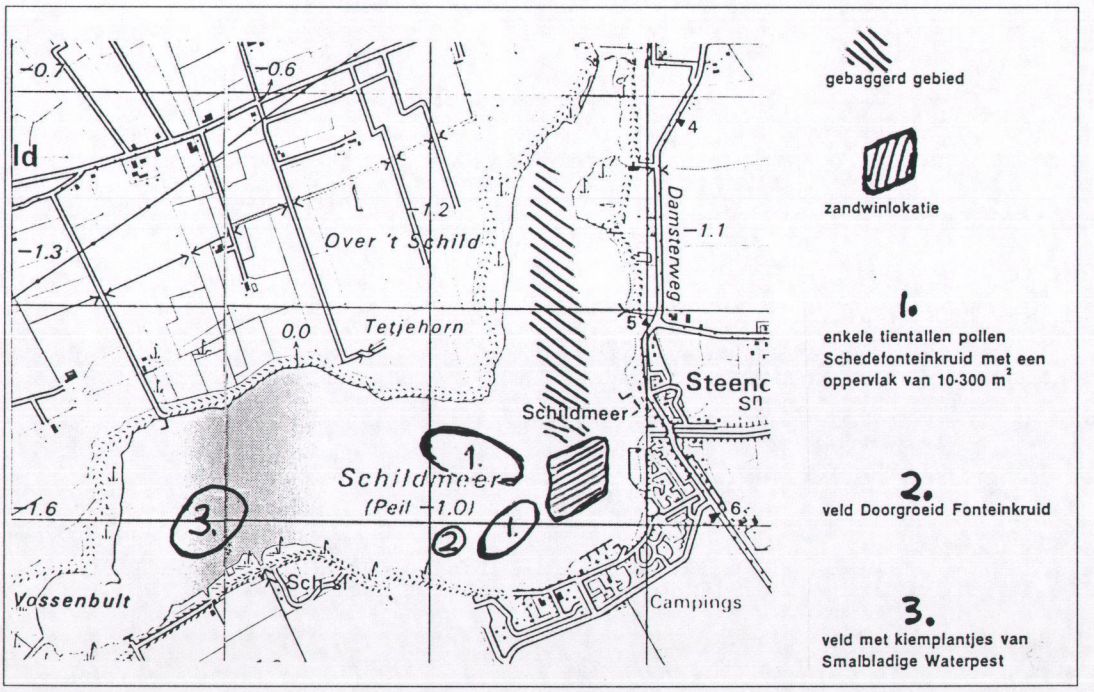
afbraakprocessen op een laag pitje, hetgeen ook de bodemmacrofauna (die voor een belangrijk deel leeft van bacteriën en haar afbraakproducten) negatief beïnvloedt. Een lage pH, welke geassocieerd is met veenvorming (en dus geringe afbraak), is bij het onderzoek in 1995 niet in de bodem aangetroffen (pH = 7, zie Klinge, 1995). Mogelijk speelt het specifieke kattekleikarakter een rol. Aanbevolen wordt dit nader te onderzoeken. Mogelijk levert de workshop met materiedeskundigen hiervoor aanknopingspunten.

belangrijkste conclusies
- De bodemmacrofauna in het Schildmeer (muggenlarven en wormen) wordt beperkt door voedselgebrek en niet door toxische omstandigheden.
- Het voedselgebrek in de bodem wordt mogelijk veroorzaakt door een geringe interne productie. Dit zou (mede) door het kattekleikarakter veroorzaakt kunnen worden, doordat dit een ongunstig milieu vormt voor afbraakbacteriën. Dit is evenwel niet zeker.

4.3. Nieuwe ontwikkeling: terugkeer ondergedoken waterplanten in 1996!

In augustus jl. kwam van het Provinciaal Groninger Fonds, de visrechthebbende in het gebied, de melding binnen dat er in het Schildmeer waterplanten waren teruggekeerd. Bij een veldbezoek op 22 augustus bleek dit inderdaad het geval. Het betrof een aantal pollen fonteinkruiden (Schedefonteinkruid en Doorgroeid fonteinkruid) met een oppervlak van enkele tientallen tot honderden m^2 per pol en enkele pollen Smalbladige waterpest. De planten stonden in het centrale deel van het meer, zie **afbeelding 4.1.**

Afbeelding 4.1. Locaties waar in 1996 waterplanten zijn aangetroffen en locaties waar zandwinnings- en baggeractiviteiten hebben plaatsgevonden



Onderzoek ter plekke leerde dat de waterplanten zowel in klei als in veen wortelden. Zand was ter plaatse niet aanwezig. Van een sliblaag was ter plaatse eveneens geen sprake. Navraag bij lokale bewoners, die al tientallen jaren rond het Schildmeer wonen en er zwemmen en/of vissen, leerde dat dit verschijnsel lange tijd (15-20 jaar) afwezig geweest was (mond. med. mevrouw van Maar en de heer Groeneveld uit Overschild; de heer Spakman, sportvisser). Volgens hen stonden er in het centrale deel van het meer vroeger heel veel waterplanten, die problemen opleverden voor het zwemmen en het varen.

4.3.1. Hypothesevorming in het licht van de waterplantenontwikkeling

Op basis van het onderzoek in 1995 (Klinge, 1995) werd aangegeven dat de bodem van het Schildmeer wel eens een ongunstig milieu voor wortelende waterplanten zou kunnen zijn. Dient deze hypothese door de ontwikkelingen in 1996 verlaten te worden? Vooralsnog niet. De waterplanten die zijn aangetroffen, hebben gemeenschappelijk dat het allemaal soorten betreft die in staat zijn om hun nutriënten volledig uit de waterkolom te halen. Dit sluit derhalve niet uit dat de bodem van het Schildmeer een slecht wortelmilieu kan vormen. Navraag bij enkele deskundigen (drs. M. v.d. Berg en drs. H. Schutte van het RIZA) leerde dat de mogelijkheid opengehouden moet worden dat de bodem een ongunstig wortelmilieu vormt.

Waarom zijn de waterplanten dan plotseling teruggekomen? Kennelijk was de limitatie, die ervoor zorgde dat de planten lange tijd afwezig waren geweest, in 1996 opgeheven. Navraag bij de provincie en het waterschap leerde dat het waterbeheer in 1996 niet afweek van andere jaren. Zo werd er bijvoorbeeld maar weinig gebiedsvreemd water ingelaten (med. hr. Slagman, waterschap Eemszijlvest). Wel zijn enkele andere afwijkingen gevonden:

- De nutriëntengehalten waren, waarschijnlijk als gevolg van de droge, rustige zomer in het zomerhalfjaar relatief laag, lager dan voorgaande jaren (zie afbeelding 3.14), zeer waarschijnlijk door bezinking van zwevend stof. Het water in het Schildmeer was als gevolg hiervan erg helder; tijdens het onderzoek door de studenten werd midden in het Schildmeer een zichtdiepte van 130 cm gemeten. Hierdoor was er sprake van bodemzicht in het grootste deel van het meer. Mogelijk dat deze goede lichtomstandigheden de terugkeer van waterplanten heeft veroorzaakt. Dit zou betekenen dat het lichtklimaat in het Schildmeer de reden voor de afwezigheid van ondergedoken waterplanten is geweest. De reguliere bemonsteringslocaties van Zuiveringsbeheer Provincie Groningen (ZPG) bevinden zich niet midden op het meer, zodat deze hypothese niet geverifieerd kan worden. Uit andere bemonsteringspunten (zie bijvoorbeeld afbeelding 3.9), gelegen elders in de boezem, komt naar voren dat het water altijd relatief helder is in de zomer. Het is echter goed mogelijk dat het lichtklimaat in het Schildmeer zelf, waar de wind- en golfwerking veel sterker is dan in de overige delen van de boezem, door opwerveling van zwevend stof altijd wat slechter is geweest.

- Gedurende het groeiseizoen van 1996 is in het Schildmeer gebaggerd en zand gezogen. Aan de westzijde is er een verdieping met een diepte van 12 meter gezogen. Deze verdieping is vervolgens met bodemmateriaal uit het noordelijke deel van het meer verondiept tot circa 6 meter. Bij deze activiteiten zijn mogelijk stoffen vrijgekomen waarvan de ondergedoken watervegetatie heeft geprofiteerd. Vooralsnog gaan de gedachten uit naar twee mogelijke stoffen:
  - **P**;
  - **Fe**.

  Een P-limitatie van de plantengroei wordt vooralsnog de meest aannemelijke verklaring geacht. Er zijn enkele aanwijzingen welke hierop kunnen duiden:
  1. Vroeger, toen er dus veel waterplanten in het Schildmeer stonden, was het water zeer voedselrijk. Dit was vooral het gevolg van de aanwezigheid van een aardappelmeelfabriek bij Woudbloem, welke tot 1970 haar effluent ongezuiverd op de boezem loosde. Dit effluent was in het Schildmeer zichtbaar als een donker gekleurde stroom water welke door het Schildmeer naar het noorden trok. Deze lozingen zorgden er, naast het regelmatig optreden van complete zuurstofloosheid, voor dat het water zó voedselrijk was, dat er in het Schildmeer regelmatig gebaggerd moest worden om het overtollige organische materiaal te verwijderen.
  2. De bioassays met algen en muggenlarven duiden op een sterke **voedsellimitatie** in zowel de bodem als in de waterkolom. Voor waterplanten zou dit ook kunnen gelden.
  3. Ondergedoken waterplanten vormen in meren en plassen het eerste stadium van eutrofiëring. In strikt oligotrofe wateren, zoals in een aantal scandinavische en Noord-Amerikaanse meren, komen geen waterplanten voor. In de vorige eeuw verkeerden de

Loosdrechtse plassen nog in dit stadium (Hofstra & Van Liere, 1992). Sindsdien is deze situatie in Nederland vrijwel geheel verdwenen.

Het productiviteitsniveau van veel voedselarme wateren zonder waterplanten komt naar schatting overeen met een P-gelimiteerd water met een (zomergemiddelde) totaal-P gehalte van 20-40 µg/l (zie onder andere Klinge et al., 1995). De productiviteit van het Schildmeer bevindt zich inderdaad op dit niveau, zoals ingeschat kan worden op basis van de biomassa van de visstand en het zomergemiddelde chlorofyl-a gehalte (tabel 4.1.).

Tabel 4.1. Productiviteit van het Schildmeer, uitgedrukt in het totaal-P gehalte zoals dit afgeleid kan worden van de visbiomassa en het chlorofyl-a gehalte

parameter	afgeleid totaal-P gehalte
visbiomassa 50 kg/ha	20 µg/l (c.f relatie Hanson & Leggett, 1982)
chlorofyl-a gehalte 10-20 µg/l	10-30 µg/l (c.f. relatie STOWA, 1992)

In een aantal wateren met vergelijkbaar lage nutriëntengehalten, zoals delen van het Apeldoorns kanaal (Bloemendaal & Roelofs, 1992) en Botshol (Rip & Houwers, 1994), komen desondanks ondergedoken waterplanten voor. Dit wordt geweten aan relatief voedselrijke omstandigheden in de bodem, waaruit de planten nutriënten kunnen betrekken. De bodem van het Schildmeer heeft evenwel waarschijnlijk een zeer voedselarm karakter, getuigen de resultaten van de bioassays met muggelarven.

belangrijkste conclusies
- De ontwikkeling van ondergedoken waterplanten in 1996 bewijst dat waterplanten kunnen groeien in de (katteklei)bodem van het Schildmeer.
- Het is vooralsnog onduidelijk waarom de waterplanten in 1996 zijn teruggekeerd. Kennelijk is een limitatie, die al lange tijd heerst, in 1996 opgeheven. Mogelijkheden zijn verbetering van het lichtklimaat door het droge, rustige weer of het beschikbaar komen van limiterende stoffen, zoals vrij ijzer of fosfaat, als gevolg van de zandwinnings- en baggeractiviteiten.

4.4. Evaluatie van de bevindingen in een bijeenkomst met materiedeskundigen

De in de voorgaande paragrafen bediscussieerde bevindingen zijn geëvalueerd in een bijeenkomst met een aantal materiedeskundigen. De volgende partijen zijn voor de bijeenkomst uitgenodigd:

Naam	Instantie	Rol in de bijeenkomst
de heer dr. M.E.F. van Mensvoort	LUW	expert katteklei
de heer dr. J.E. Vermaat	IHE	expert waterplanten
de heer dr. D.M. Pegtel	RUG	expert waterplanten
de heer dr. P.C.M. Boers	RIZA	expert fosfor-problematiek
de heer ing. D. Slagman	Waterschap Eemszijlvest	kwantiteitsbeheerder
de heer drs. D.A. de Vries	ZPG	kwaliteitsbeheerder, projectleider namens de opdrachtgever
de heer ing. A.K. Stol	ZPG	kwaliteitsbeheerder, voorzitter van de bijeenkomst
de heer drs. M. Klinge	Witteveen+Bos	projectleider namens de opdrachtnemer

Tijdens de bijeenkomst, welke plaatsvond op 9 oktober 1997 op het kantoor van ZPG, is de problematiek geëvalueerd aan de hand van de volgende thema's:

1) de lage productiviteit van het water
2) de lage productiviteit van de waterbodem
3) de relatieve afwezigheid en plotselinge toename van de ondergedoken watervegetatie
4) oevervegetatie versus moerasontwikkeling

Onderstaand worden de belangrijkste uitkomsten van de bijeenkomst per thema samengevat.

1) de lage productiviteit van het water

- Fe-P complexering en neerslag lijkt een belangrijk mechanisme voor de **helderheid** van het Schildmeer te zijn, getuige de sterke seizoensmatige correlatie tussen zowel Fe als P en de zichtdiepte. De complexen bezinken in de aanvoersloten en vaarten van het Schildmeer en lijken op deze manier een effectief filter te kunnen vormen. Voorwaarde is wel dat de verblijftijd in deze aanvoerwateren lang genoeg is. Dit zou wellicht gestuurd konden worden middels een specifiek beheer van de gemalen. Dit beheer zou erop gericht moeten zijn in het voorjaar, wanneer de waterplanten helder water nodig hebben om zich te kunnen ontwikkelen, zo min mogelijk troebel en Fe- en P-rijk water uit te slaan.
- Wat betreft de **lage productiviteit** van het water kan Fe-P complexering eveneens belangrijk zijn. Echter, hier zijn nog wel wat vraagtekens.
  Ten eerste zijn Fe-P complexen vaak goed biologisch beschikbaar. Bij opwerveling (door wind of vissen) kunnen algen hiervan profiteren. Het Schildmeer wordt weliswaar vooral buiten het groeiseizoen met complexen belast, de bodem is waarschijnlijk overal met complexen bedekt zodat wind en bioturbatie in het groeiseizoen complexen in de kolom brengen, waardoor de algenproductie zou kunnen toenemen. De algengroei is niettemin P-gelimiteerd (resultaat bioassays), hetgeen wel degelijk suggereert dat het gemeten tP verminderd biologisch beschikbaar is. Mogelijk is een deel van het P niet in Fe-complexen maar in andere vormen aanwezig die niet biologisch beschikbaar zijn.
  Ten tweede is het mogelijk dat naast complexering nog andere factoren bijdragen aan de lage chlorofyl-a gehaltes, zoals filtering van algen door zooplankton en/of driehoeksmosselen. Met name driehoeksmosselen lijken het recent zeer goed te doen in het Schildmeer en zouden een belangrijke bijdrage kunnen leveren.

2) de lage productiviteit van de waterbodem

- De biomassa en dichtheden van macrofauna in de bodem (muggenlarven en wormen) zijn laag. De uitgevoerde bioassays wijzen op een sterke voedsellimitatie. Muggenlarven leven grotendeels van makkelijk afbreekbaar materiaal en de daaraan geassocieerde bacteriën. Dit materiaal wordt gegenereerd door planktonalgen en benthische algen. Plankton is er weinig (laag chl-a), wellicht ook door filterende driehoeksmosselen. Benthische algen zijn wellicht belangrijk als oppervlaktebedekkers, maar dat is vooralsnog onvoldoende bekend. Ook is de eetbaarheid/verteerbaarheid voor muggenlarven van deze benthische algen onduidelijk. Het in de bodem aanwezige rietveen/mosveen lijkt in elk geval geen goede voedselbron (o.a. C/N ratio's veel te hoog). Op basis van deze gegevens en beperkt extrapoleren lijkt het derhalve aannemelijk dat er weinig muggenlarven zijn.
- Onduidelijk is nog of er, eventueel via een in haar biomassa en productiviteit geremde microbiële gemeenschap, een verband bestaat met de aanwezige katteklei. Mogelijk zitten er in de bodem voor bacteriën giftige zwavelverbindingen. Zolang de onderwaterbodem anaëroob is zal er met pyriet weinig gebeuren. Wanneer bij droogvallen dit pyriet echter tot zwavelzuur oxideert (zoals in 1976 is gebeurd) zal het na herinundatie en herstel van de anaërobe reducerende omstandigheden niet meer teruggevormd worden. In plaats daarvan ontstaan minder stabiele zwavelcomplexen die mogelijk toxisch kunnen zijn. In de bodemmonsters uit het Schildmeer zit opmerkelijk veel zwavel.

3) de relatieve afwezigheid en plotselinge toename van de ondergedoken watervegetatie

- Blijkbaar is er een limitatie door te weinig licht en/of nutriënten opgeheven. Doorzichtgegevens van het voorjaar '96 en '97 geven de aanwijzing dat er in elk geval meer licht is geweest in deze twee jaar dan vroeger. het voorjaar is cruciaal voor succesvolle vestiging en verdere ontwikkeling van waterplantenvegetaties.
- De bedekking van de waterplanten is tot op heden laag en zou door nutriënten gelimiteerd kunnen zijn.
- Voor de vestiging spelen kansprocessen mogelijk een rol: de soort moet in een bepaalde vorm ergens vandaan komen (het lijkt erop dat via het Afwateringskanaal aardig wat kiemen in het meer kunnen komen) en vervolgens de juiste omstandigheden aantreffen om zich te vestigen; licht is hierbij belangrijk, de droge jaren van '96 en '97 met daarbij vroeg in het jaar voldoende licht kunnen net voldoende zijn geweest.

4) oevervegetatie versus moerasontwikkeling

- Moerasontwikkeling met katteklei in de ondergrond is mogelijk mits men hier met verstand mee omgaat. Om de gedachten te bepalen: In de allerlaagste delen van het gebied, die sinds mensenheugenis een hoge grondwaterstand hebben gekend, zit pyriet waarschijnlijk hoog in het profiel. Het verwijderen van de bouwvoor leidt dan tot oxydatie en daarmee tot ongewenste omzettingen. Als een gebied lange tijd (decennia) dezelfde lage grondwaterstand (bijv. 1m-mv) heeft gekend dan is het wel zinvol de voedselrijke bouwvoor te verwijderen
- De emergente (riet)vegetatie rond het meer was vroeger waarschijnlijk niet uitbundiger dan nu. In hoeverre dit samenhangt met de bodemsamenstelling en de oxiderende werking van de rietwortels is onduidelijk.

5. AANBEVELINGEN

Het nadere onderzoek heeft een aantal belangrijke bevindingen opgeleverd, zoals de natuurlijke defosfaterende werking van ijzerrijk (kwel)water in het gebied, het voedselgebrek voor bodemmacrofauna en de onverwachte terugkeer van waterplanten. Daarnaast heeft het onderzoek echter ook weer een aantal vragen opgeroepen. Onderstaand wordt op basis van de bevindingen van het onderzoek en de bijeenkomst met de materiedeskundigen een aantal aanbevelingen voor gericht vervolgonderzoek gegeven. Deze aanbevelingen zijn weer gerangschikt rond de thema's van het onderzoek.

lage productiviteit van het water

- Onderzoeken in hoeverre een aangepast bemalingsbeheer gevoerd kan worden. Dit beheer dient tot doel te hebben in het voorjaar zo min mogelijk troebel, complexrijk water op de boezem wordt uit te slaan, zodat het water in het Schildmeer zo helder mogelijk is voor de ontwikkeling van de ondergedoken watervegetatie.
- Onderzoek naar de mogelijkheden om met tijdelijke berging de waterbalans van Duurswold volledig te sluiten, zodat geen inlaat van gebiedsvreemd water meer nodig is.
- Nadere analyse van het zwevend stof in het boezemwater (fractionering Fe en P verbindingen).
- Onderzoek doen naar de invloed van de driehoeksmosselpopulatie (verspreiding, dichtheid, populatieopbouw).
- Onderzoek doen naar de rol van de blauwalg *Aphanoteca stagnina*.

de lage productiviteit van de waterbodem

- Eventueel onderzoek doen naar de aanwezigheid van toxische zwavelverbindingen in de bodem en de relatie met de lage productiviteit.

de relatieve afwezigheid en plotselinge toename van de ondergedoken watervegetatie

- Monitoring van de verdere ontwikkeling van de waterplanten.
- Bepalen of het lichtklimaat inderdaad beperkend is (geweest) met behulp van het model van M.J.M. Hootsmans (Schedefonteinkruid) of met enclosure-experimenten.
- Uitvoeren van een bemestingsproef om te bepalen of de ondergedoken waterplanten nutriëntengelimiteerd zijn.
- eventueel actief introduceren van andere soorten waterplanten, teneinde het kansproces te beïnvloeden.

oevervegetatie versus moerasontwikkeling

- In het kader van Natuurontwikkeling Midden-Groningen een gedetailleerde bodemkaart van het gebied maken, met de verspreiding van gerijpte en niet-gerijpte kattekleilagen.
- Proeven met riet uitvoeren teneinde de doorworteling en de oxiderende werking van de wortels op de kattekleibodem te onderzoeken.
- Eventueel bekalking toepassen bij uitvoering van 'Midden-Groningen'.

LITERATUUR

AquaSense, 1993.
Biologische typologie zoete waterbodems. Normaalwaarden voor biologische parameters. In opdracht van: RIZA, DGW en regionale directies van Rijkswaterstaat. Rapport 92.0241.

Bloemendaal, F.H.J.L. & J.G.M. Roelofs (red), 1988.
Waterplanten en waterkwaliteit. Uitgave Natuurhistorische bibliotheek van de Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging (KNNV) nr. 45, 189 pp.

Boers, P.C.M., 1992.
Richtlijnen voor de beoordeling van eutrofe waterbodems. RIZA Werkdocument 92.068X.

Clingeborg, A.E., 1986.
Bodemkaart van Nederland. Toelichting bij de kaartbladen 7 Oost-Groningen en 8 Nieuweschans. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

Hanson, J. M. & W.C. Leggett, 1982.
Empirical prediction of fish biomass and yield. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 257-263.

Hofstra, J.J. & L. van Liere, 1992.
The state of the environment of the Loosdrecht lakes. Hydrobiologia 233: 11-20.

IWACO, 1992.
Natuurontwikkeling Midden-Groningen, een inventarisatie. Rapportnr. 91190.

IWACO, 1992.
Hydrologisch onderzoek Woudbloem. Rapportnr. 22.1273.0.

IWACO, 1990.
Detailberekeningen de Ae's. Rapportnr. 220.2730.

Klinge, M., 1995.
Onderzoek naar het ecologisch functioneren van het Schildmeer en de mogelijkheden om dit te verbeteren. Rapport Witteveen+Bos nr. Gn34.2.

Klinge, M., Grimm, M.P. & S.H. Hosper, 1995.
Eutrophication and ecological rehabilitation of dutch lakes: presentation of a new conceptual framework. Wat.Sci.Tech. 31(8): 207-218.

Provincie Groningen, 1987.
Grondwaterplan provincie Groningen.

Rip, W.J. & A. Houwers, 1994.
Integrale eutrofiëringsbestrijding Botshol. Begeleidend onderzoek-Deelrapport II. Rapport Provincie Utrecht, 254 pp.

RIVM, 1995.
Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. Gegevens van het monsterpunt Siddeburen.

STOWA, 1993
Ecologische beoordeling en beheer oppervlaktewater. Beoordelingssysteem voor meren en plassen op basis van vegetatie en fytoplankton. Rapport Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer 93-16: 27 pp.

TNO, 1978.
Grondwaterkaart van Nederland: noord-oost Groningen, 3 oost, 7 oost, 8 west. Delft.

BIJLAGE I Achtergrondinformatie systeemanalyse en waterbalans Duurswold

1. SYSTEEMANALYSE DUURSWOLD

1.1. Algemeen

Om het functioneren van de hydrologie in het onderzoeksgebied te begrijpen, is het noodzakelijk de geohydrologische opbouw in het gebied te kennen. Voor de systeemanalyse zijn de volgende rapporten gebruikt:

- IWACO, 1990. Detailberekeningen de Ae's.
- IWACO, 1992. Natuurontwikkeling Midden Groningen, een inventarisatie.
- IWACO, 1992. Hydrologisch onderzoek Woudbloem.
- Provincie Groningen, 1987. Grondwaterplan.
- TNO, 1978. Grondwaterkaart van Nederland: noord-oost Groningen.

1.2. Grondwater

1.2.1. Geohydrologische opbouw

In het onderstaande wordt de geohydrologische opbouw van het boezemgebied Duurswold besproken. Met behulp van een analyse van het geohydrologische systeem kan worden bepaald of er grondwaterstromen naar het boezemgebied zijn of dat er grondwaterstromen juist vanuit het gebied komen.

De **basis** van het geohydrologische systeem wordt gevormd door de kleilagen en slibhoudende zanden van de Formatie van Breda. Deze basis ligt gemiddeld op een diepte van ongeveer 200 m-NAP.

Het **onderste (2e) watervoerende pakket** wordt gevormd door de veelal grove zanden van de Formaties van Breda, Scheemda, Urk en de zanden van de Formatie van Peelo. Dit pakket wordt, globaal ten noorden van het Slochterdiep, aan de bovenkant begrensd door potklei van de Formatie van Peelo.

Deze potklei is een zeer **slecht doorlatende laag**. De verbreiding en de dikte van de potklei is weergegeven in afbeelding I.1. (TNO, 1978). De dikte van de potklei kan sterk veranderen over een korte afstand en de verbreiding van de potklei is zeer grillig.

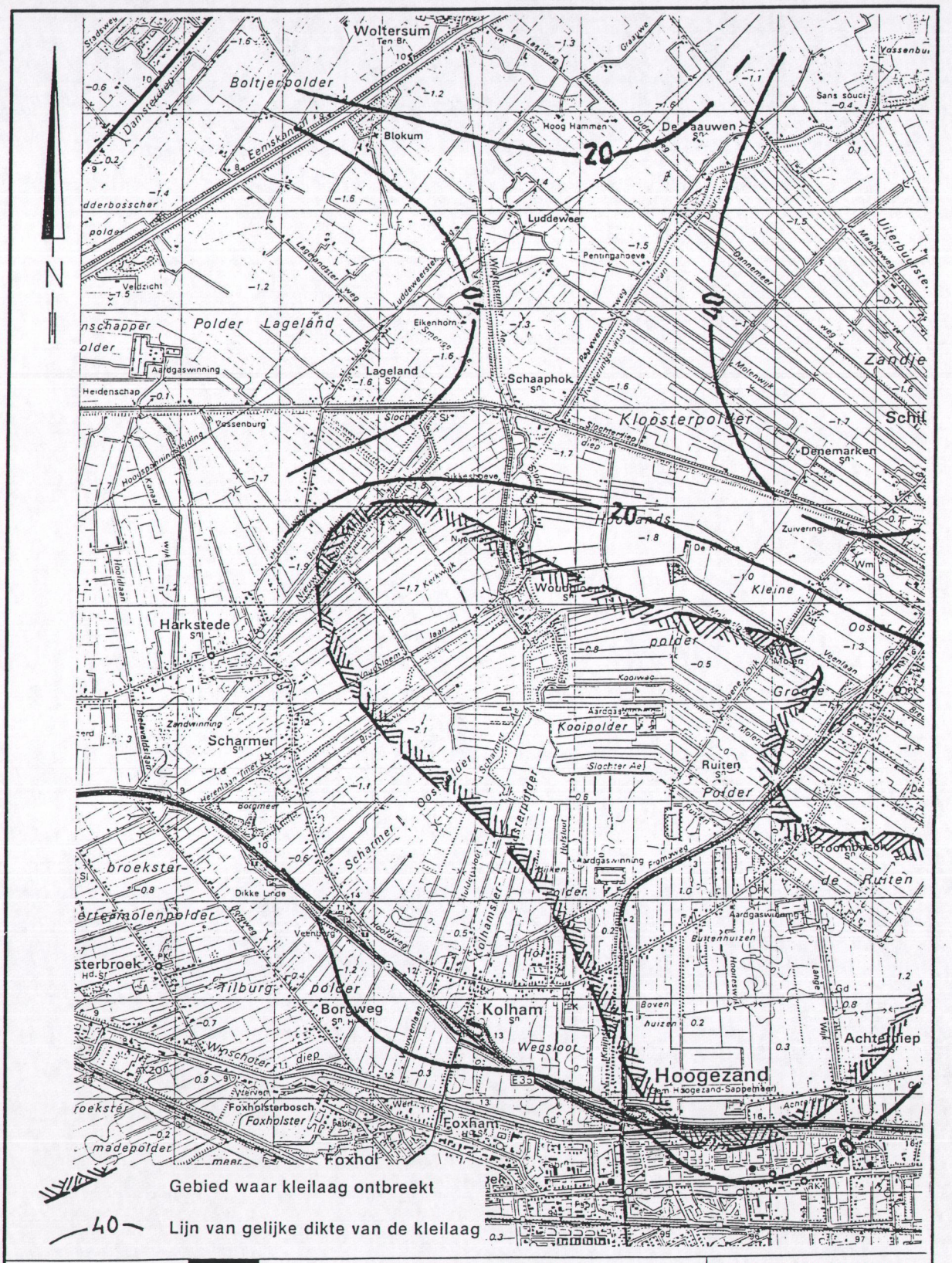
Boven de potklei wordt een pakket van veelal fijne zanden aangetroffen van de Formatie van Drenthe, de Eem Formatie en de Formatie van Twente, welke het **bovenste (1e) watervoerende pakket** vormt. Dit bovenste watervoerende pakket heeft ten zuiden van het Schildmeer een dikte van ± 20 meter. Naar het noorden toe neemt de dikte van het toch al dunne watervoerende pakket af. Op 5 kilometer ten noorden van het Schildmeer ontbreekt dit watervoerende pakket en ligt de holocene zeeklei direct op de potklei.

In een brede strook ten zuiden van het Slochterdiep ontbreekt de potklei en staat het 2e watervoerende pakket in directe verbinding met het 1e watervoerende pakket. Het totale watervoerende pakket heeft hier een dikte van ongeveer 200 meter.

In het gebied tussen het Winschoterdiep en Harkstede ontbreekt grotendeels ook de potklei, maar staat het 2e watervoerende pakket niet in directe verbinding met het 1e watervoerende pakket. In dit oerstroomdal van de Hunze wordt een **slecht doorlatende laag** Eemklei aangetroffen, waardoor twee watervoerende pakketten ontstaan. De verbreiding en de dikte van de Eemklei is weergegeven in afbeelding I.2. (TNO, 1978).

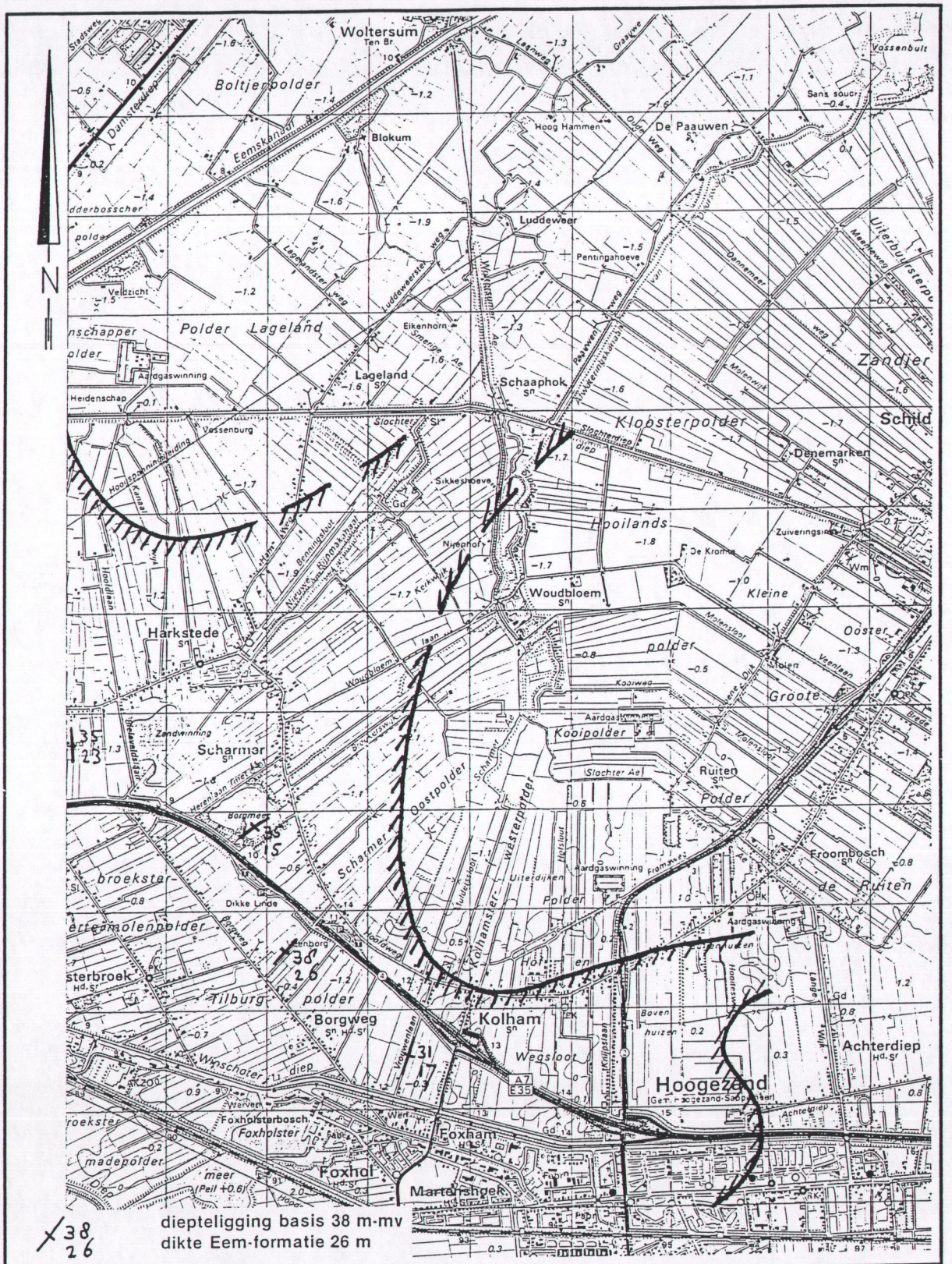
Het fijnzandige 1e watervoerende pakket kan aan de bovenkant zijn begrensd door een slecht doorlatende **deklaag**. In het zuiden van het onderzoeksgebied ontbreekt deze deklaag, met uitzondering van plaatselijk voorkomende keileem van de Formatie van Drenthe. Buiten de pleistocene zandgebieden wordt de deklaag gevormd door veen en klei uit het Holoceen. Naar het noorden toe neemt de dikte van de holocene deklaag toe.

Afbeelding I.1. Verbreiding van de potklei (naar TNO, 1978)



Raadgevende ingenieurs Witteveen+Bos Bourgognestraat 2 Postbus 1080 6201 BB Maastricht Tel. (043) 3281222 Fax. (043) 3253799 Bodemonderzoek Gebouwen Infrastructuur Milieu	Afbeelding I.1. Verbreiding van de potklei (naar TNO, 1978) opdrachtgever : Provincie Groningen projectnaam : Kwaliteitsonderzoek Schildmeer projectcode : Gn34.3	Getek.: A.P.H. Sijstermans Gezien: Datum: 04-11-1996 Schaal:

Afbeelding I.2. Verbreiding van de Eemklei (naar TNO, 1978)

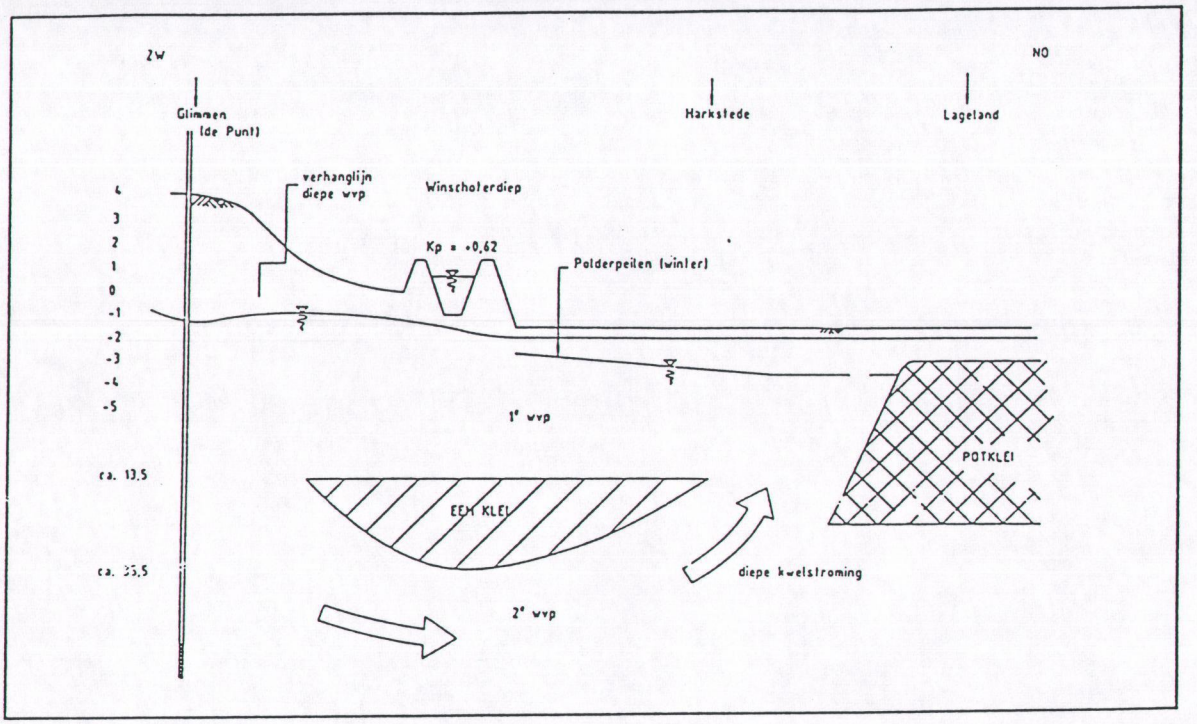


Raadgevende ingenieurs Witteveen + Bos Bourgognestraat 2 Postbus 1080 6201 BB Maastricht Tel. (043) 3281222 Fax. (043) 3253799 Bodemonderzoek Gebouwen Infrastructuur Milieu	Afbeelding I.2. Verbreiding van de Eemklei (naar TNO, 1978) opdrachtgever : Provincie Groningen projectnaam : Kwaliteitsonderzoek Schildmeer projectcode : Gn34.3	Getek.: A.P.H. Sijstermans Gezien: Datum: 04-11-1996 Schaal:

1.2.2. Grondwaterstroming

In de afbeeldingen I.3. (IWACO, 1990) en I.4. (IWACO, 1992b) zijn de schematische profielen vanaf Glimmen (Drents Plateau) tot Lageland respectievelijk Hoogezand tot aan Loppersum weergegeven met daarin aangegeven de globale grondwaterstromingen.

Afbeelding I.3. Schematische doorsnede Glimmen-Lageland (naar IWACO, 1990)



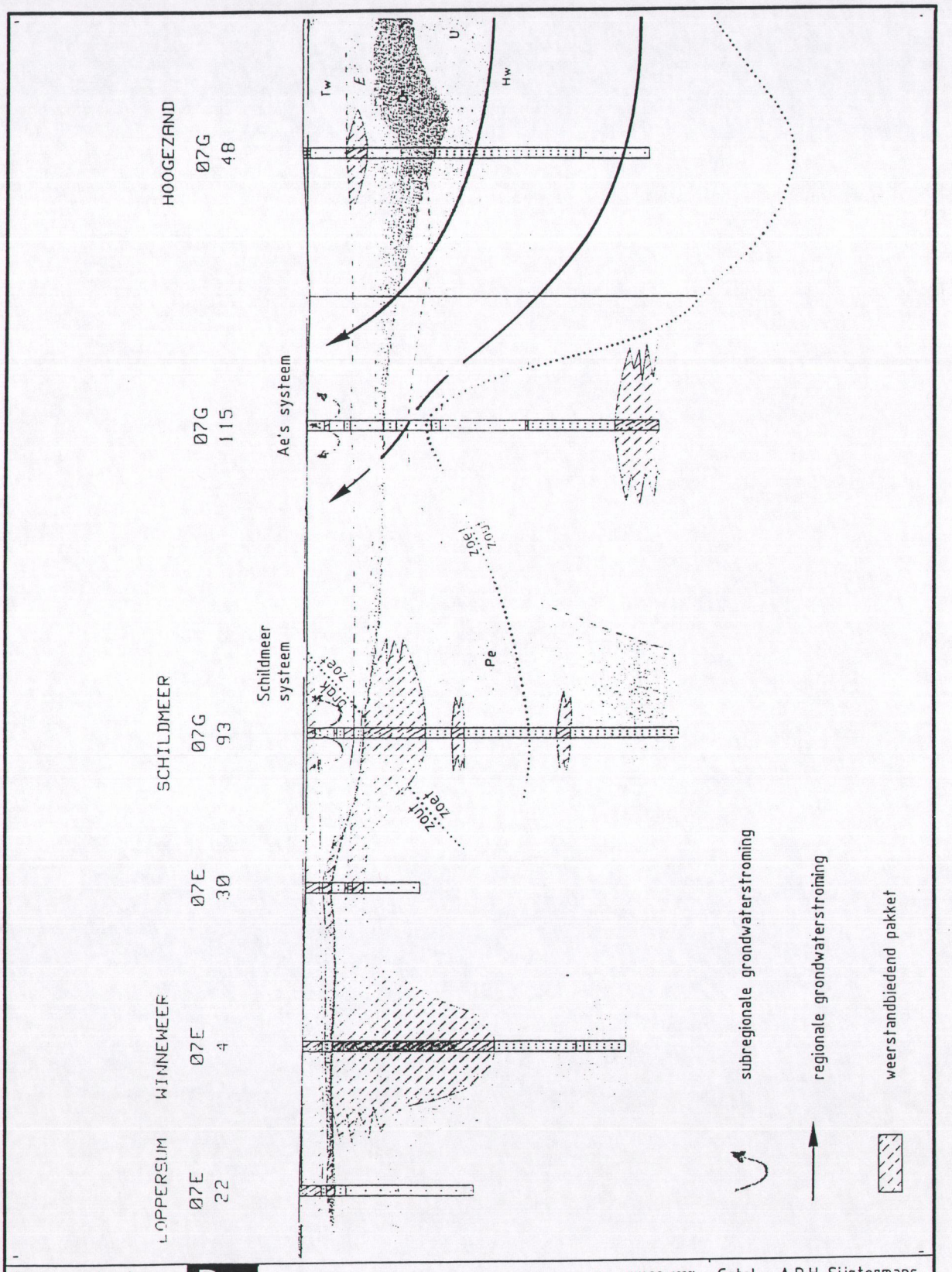
In het zeekleigebied, globaal ten noorden van het Schildmeer, ligt de holocene deklaag vrijwel direct op de slecht doorlatende potklei. Door de enorme dikte van deze weerstandbiedende laag zal er geen verticale grondwaterstroming door de laag plaatsvinden. Er kan echter wel lokaal op deze laag grondwaterstroming plaatsvinden, maar deze lokale systemen staan niet in contact met het diepe grondwater van het regionale systeem.

In de ondergrond van het poldergebied tussen het Slochterdiep en het Eemskanaal is eveneens een dikke laag slecht doorlatende potklei aanwezig. In dit gebied bevindt zich boven de potklei echter een watervoerend pakket. Boven de potklei komen derhalve subregionale en lokale systemen voor die eveneens geen contact hebben met het regionale onder de potklei. Daardoor zal bijvoorbeeld infiltrerend water uit het Schildmeer (boezempeil) in de diepere omliggende polders opkwellen. Onder de potklei bevindt zich grondwater dat in globaal zuidelijke richting stroomt.

Gevoed door het Drents Plateau en de Hondsrug (infiltratie) stroomt regionaal grondwater globaal naar het noorden. Ten zuiden van Harkstede vormt de Eemklei een slecht doorlatende laag. Omhoog stromend grondwater zal hier derhalve een weerstand ondervinden van deze laag. In een gebied globaal tussen het Slochterdiep en Hoogezand ontbreken de potklei en de klei-afzettingen van de Eem-formatie. Met het ontbreken van deze scheidende lagen is hier sprake van een **kwelvenster**. De regionale grondwaterstromen uit het noorden en het zuiden ontmoeten elkaar hier en ontstaat er in dit gebied een naar boven gerichte stroming. Dit resulteert in het uittreden van een deels zoete, deels zoute kwel in de diepe polders.

Onderzoek van IWACO (1990) heeft overigens vastgesteld dat de invloed van de grondwateronttrekkingen aan de noordzijde van het Drents Plateau (in totaal 31 miljoen m^3/j) op de diepe stijghoogten van het grondwater in de omgeving van Woudbloem slechts enige centimeters bedraagt.

Afbeelding I.4. Schematische doorsnede Hoogezand-Loppersum (naar IWACO, 1992b)



Raadgevende ingenieurs Witteveen + Bos Bourgognestraat 2 Postbus 1080 6201 BB Maastricht Tel. (043) 3281222 Fax. (043) 3253799 Bodemonderzoek Gebouwen Infrastructuur Milieu	Afbeelding I.4. Schematische doorsnede Hoogezand-Loppersum (naar IWACO, 1992) opdrachtgever : Provincie Groningen projectnaam : Kwaliteitsonderzoek Schildmeer projectcode : Gn34.3	Getek.: A.P.H. Sijstermans Gezien: Datum: 04-11-1996 Schaal:

Tevens zal grondwater, dat infiltreert op de Hondsrug, niet tot in het tweede watervoerende pakket inzijgen maar in het pakket boven de Eemklei stagneren. Dit subregionale grondwater stroomt over de Eemklei door het eerste watervoerende pakket eveneens in noordelijke richting af en zal voor een deel opkwellen in de polders ten noorden van het Winschoterdiep.

Tenslotte komen ook lokale grondwatersystemen voor, afhankelijk van het voorkomen en de verspreiding van kleilagen boven het 1e watervoerende pakket (Formatie van Peelo, Formatie van Drenthe). Het bijvoorbeeld op de hoger gelegen delen tussen Kolham en Slochteren geïnfiltreerde regenwater zal lokaal worden afgevangen in de diepe sloten ten noorden van dit gebied. Ook tussen - op verschillende diepten liggende - polders kunnen lokale kwelsystemen ontstaan. Daarnaast komt lokale kwel voor vanuit de boezem naar de lager gelegen polders, bijvoorbeeld vanuit het Winschoterdiep, de Ae's of het Schildmeer zelf (mond. med. de heer Slagman, Waterschap Eemszijlvest).

1.3. Oppervlaktewater

1.3.1. Algemeen

In het voorgaande is ingegaan op het grondwatersysteem en de hierin te onderscheiden grondwaterstromen. In deze paragraaf wordt ingegaan op het oppervlaktewatersysteem en welke oppervlaktewaterstromen er zijn te onderscheiden. Zijn deze oppervlaktewaterstromen benoemd, dan kunnen deze, door middel van een waterbalans worden gekwantificeerd.

De totale oppervlakte van het boezemgebied Duurswolde is ongeveer 21.200 ha. De totale oppervlakte van de boezem is 380 ha. met een gemiddelde diepte van 1,5 meter. Het oppervlak van het Schildmeer beslaat ongeveer 300 ha. Door het lozen van boezemwater op de Eems in de noordoostelijke punt van het boezemgebied ontstaat een stroming door het boezemgebied vanuit zuidwestelijke richting. Via de Ae's en het Slochterdiep stroomt boezemwater naar het Schildmeer. Ook vanuit het noorden wordt het Schildmeer gevoed met boezemwater. Vanuit het Schildmeer wordt het boezemwater afgevoerd door het Afwateringskanaal Duurswold naar het boezemgemaal.

1.3.2. Brongebieden

Het boezemgebied Duurswolde is opgedeeld in een aantal brongebieden, waarin voor elk brongebied een bepaald oppervlaktewaterpeil wordt gehandhaafd met behulp van een gemaal. Hieronder wordt aangegeven op welke wijze de brongebieden water ontvangen en afvoeren.

wateraanvoer

De wateraanvoer naar de brongebieden vindt op twee manieren plaats, te weten:
- kwelwater;
- hemelwater.

Ten aanzien van de aanvoer van kwelwater vanuit de ondergrond zij opgemerkt dat, op basis van de geohydrologische systeemanalyse uit het vorige hoofdstuk, de grondwateraanvoer naar de brongebieden, en daarmee naar het boezemgebied Duurswold, zich op drie niveaus afspeelt:
- een diepe grondwateraanvoer vanuit het tweede watervoerende pakket;
- een ondiepe grondwateraanvoer vanuit het eerste watervoerende pakket;
- een lokale grondwateraanvoer vanuit de boezem.

De continue toevoer van grondwater wordt door de diep liggende sloten van het uit verschillende polders bestaande boezemgebied Duurswold afgevangen.

waterafvoer
De waterafvoer uit de brongebieden vindt op twee manieren plaats, te weten:
- bemaling op de boezem;
- verdamping.

Gezien de geohydrologische opbouw van het gebied vindt geen wegzijging van water plaats naar de ondergrond.

1.3.3. Boezem

wateraanvoer
De wateraanvoer naar de boezem vindt op drie manieren plaats, namelijk via:
- uitslaan van polderwater vanuit de brongebieden;
- hemelwater;
- aanvoer van gebiedsvreemd water.

waterafvoer
De afvoer van oppervlaktewater uit de boezem geschiedt op drie manieren, namelijk door:
- wegzijging naar de ondergrond;
- verdamping;
- lozing op de Eems bij boezemgemaal Duurswold.

2. INFORMATIE TEN BEHOEVE VAN OPSTELLEN WATERBALANS DUURSWOLD

2.1. Algemeen

Op basis van het in paragraaf 2.3. geschetste oppervlaktewatersysteem van het boezemgebied van Duurswold, kunnen de diverse onderscheiden posten van wateraanvoer en -afvoer worden gekwantificeerd. In deze paragraaf wordt voor het boezemgebied Duurswold een waterbalans opgesteld. Indien in kwantitatieve zin bekend is hoe de waterhuishouding van het boezemgebied er uit ziet, kunnen nadien berekeningen worden gedaan met welke waterstromen bepaalde hoeveelheden ijzer uit het gebied worden aan- of afgevoerd. Daarvoor moet wel bekend zijn hoeveel ijzer er per waterstroom aanwezig is, maar daarvoor wordt verwezen naar paragraaf 4.

2.2. Wateraanvoer

2.2.1. Brongebieden

Het boezemgebied Duurswolde is opgedeeld in een aantal brongebieden, waarin voor elk brongebied een bepaald oppervlaktewaterpeil wordt gehandhaafd met behulp van een gemaal.

aanvoer kwelwater

Door IWACO is een studie gedaan naar de aanvoer van het diepe grondwater naar het brongebied Woudbloem (IWACO, 1990). Zij concluderen dat:

- De diepe grondwaterstijghoogten niet aan maaiveld komen, zelfs niet in de laagste delen. In lage delen van de Hooilandspolder komt de diepe grondwaterstijghoogte tot circa 50 cm-mv.
- In een aantal deelgebieden is het peil opgezet in het kader van natuurbeheer. In deze deelgebieden is er sprake van een infiltratiedruk, dat wil zeggen van een neerwaartse gradiënt.

hemelwater

In tabel I.5. is een overzicht gegeven van neerslagcijfers van het station Farmsum en de omrekening naar de totale hoeveel gevallen hemelwater in het gehele boezemgebied.

Tabel I.5. Overzicht van jaarlijkse hoeveelheden neerslag bij station Farmsum over de periode 1991-1995

neerslag (in mm)				
1991	1992	1993	1994	1995
684	765	936	928	910
omgerekende hoeveelheid neerslag (in miljoen m^3) voor boezemgebied Duurswold (20.820 ha)				
144	159	195	193	189

2.2.2. Boezem

polderwater

In tabel I.6. is een overzicht gegeven van de uitgeslagen hoeveelheden oppervlaktewater van de brongebieden op de boezem Duurswold.

Tabel I.6. Overzicht van de uitgeslagen hoeveelheden oppervlaktewater van de verschillende brongebieden binnen het boezemgebied Duurswold over de periode 1988-1995

gemaal	opp. bem. gebied (in ha.)	uitgeslagen hoeveelheden oppervlaktewater (in miljoen m^3/jaar)							
		1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
De Borg	2.600	22,1	11,2	15,0	13,5	15,5	19,9	19,2	15,4
Woudbloem	5.700	46,9	25,8	30,4	24,3	27,3	39,5	37,3	39,1
Lageland	1.200	7,7	3,9	4,8	3,7	4,7	6,9	6,8	6,4
Blauwe Molen	1.200	8,5	4,3	4,9	3,6	4,7	7,4	6,5	6,6
Sans souci	2.300	15,0	6,9	8,6	6,6	8,7	13,1	11,7	10,8
Laskwerd	700	4,6	2,1	2,6	1,6	0,9	4,0*	3,9	3,7
De Groeve	800	5,7	2,4	3,0	2,4	3,4	4,5	4,4	4,3
Nijverheid	400	2,7	1,4	1,4	1,1	1,3	2,4	2,3	1,9
Wold en Weer	4.400	27,0	12,5	15,5	11,8	16,6	20,2	22,0	23,8
Grashuis	30	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Nw. Oosterbroek	90	1,3	1,0	0,7	0,6	0,7	0,9	0,7	0,7
Amsweer	600	4,1	1,6	2,2	1,7	2,5	3,4	3,5	3,7
Weiwerd	800	5,7	2,1*	2,8	2,2	3,0	4,5	3,8	4,3
Boezemgebied Duurswold	20.820	151,5	75,3	92,0	73,2	89,5	126,9	122,3	120,9

* Opgave van het waterschap ontbreekt, maar hoeveelheid is geschat.

hemelwater

Ook de boezem zelf ontvangt rechtstreeks hemelwater. In tabel I.7. is een overzicht gegevens van neerslagcijfers van het station Farmsum en de omrekening naar de totale hoeveel gevallen hemelwater in de boezem en het Schildmeer.

Tabel I.7. Overzicht van jaarlijkse hoeveelheden neerslag bij station Farmsum over de periode 1991-1995

neerslag (in mm)				
1991	1992	1993	1994	1995
684	765	936	928	910
omgerekende hoeveelheid neerslag (in miljoen m^3) in de boezem Duurswold (380 ha)				
2,6	2,9	3,6	3,5	3,5
omgerekende hoeveelheid neerslag (in miljoen m^3) in het Schildmeer (300 ha)				
2,1	2,3	2,8	2,8	2,7

aanvoer gebiedsvreemd water
De derde waterstroom die de boezem van water voorziet, is de aanvoer van gebiedsvreemd water. In droge perioden kan het voorkomen dat via de Slochtersluis water wordt ingelaten vanuit het Eemskanaal. In tabel I.8. een overzicht gegeven van de bij het waterschap bekende momenten dat water werd ingelaten, voor zover deze gegevens nog konden worden achterhaald. De tijdstippen waarop gebiedsvreemd water werd ingelaten en met welke hoeveelheden werden slechts incidenteel vastgelegd.

Tabel I.8. Overzicht van hoeveelheden ingelaten water ter hoogte van de Slochtersluis in de boezem Duurswold over de periode 1992-1996

periode	tijdstippen	aantal uren	debiet (m^3/s)	totale hoeveelheid (m^3)
24-06-92 tot 26-06-92	10.00 - 15.00 uur	53	1,45	277.000
30-06-92 tot 03-07-92	12.00 - 12.00 uur	72	1,45	376.000
06-07-92 tot 22-07-92	16.00 - 10.30 uur	378,5	1,45	1.976.000
27-07-92 tot 30-07-92	11.00 - 17.00 uur	78	1,45	407.000
10-08-92 tot 12-08-92	09.00 - 19.00 uur	58	1,45	303.000
20-08-92 tot 21-08-92	09.00 - 16.00 uur	31	1,45	162.000
totaal 1992		670,5	1,45	**3.500.000**
05-08-95 tot 07-08-95	09.00 - 10.00 uur	49	1,45	256.000
15-08-95 tot 24-08-95	09.30 - 09.00 uur	215,5	1,45	1.125.000
totaal 1995	-	264,5	1,45	**1.381.000**
02-05-96 tot 04-05-96	10.00 - 17.00 uur	55	1,45	287.000
27-06-96 tot 28-06-96	10.00 - 15.30 uur	29,5	1,45	154.000
23-07-96 tot 24-07-96	09.00 - 17.00 uur	32	1,45	167.000
totaal 1996		116,5	1,45	**608.000**

2.3. Waterafvoer

2.3.1. Brongebieden

Door bemaling van de brongebieden op de boezem kan de waterafvoer uit de brongebieden gelijk worden gesteld met de wateraanvoer naar de boezem. In tabel I.2. is hiervan al een overzicht gegeven.

De waterafvoer uit de brongebieden via verdamping is gekwantificeerd in tabel I.6.

2.3.2. Boezem

Uit het boezemgebied wordt op drie manieren oppervlaktewater worden afgevoerd, namelijk door wegzijging naar de ondergrond, verdamping en door lozing op de Eems van boezemwater bij boezemgemaal Duurswold.

wegzijging
In het voorgaande hoofdstuk is al aangetoond dat wegzijging naar de ondergrond in de brongebieden niet plaatsvindt, vanwege de aanwezigheid van ondoorlatende lagen en kwel. Vanuit de boezem treedt wel wegzijging op naar de dieper gelegen polders, maar zal door bemaling voor een deel weer worden geretourneerd in de boezem. Een ander deel zal door verdamping verdwijnen.

lozing op Eems
In tabel I.9. is een overzicht gegeven van de dor het boezemgemaal Duurswold op de Eems geloosde hoeveelheden boezemwater.

Tabel I.9. **Overzicht van de door het Waterschap Eemszijlvest op de Eems geloosde hoeveelheden boezemwater van de boezem Duurswolde over de periode 1988-1990. * = geen officiële opgave van provincie Groningen, maar afgeleid op basis van de gegevens voor 1991 t/m 1993.**

jaar	geloosde hoeveelheden boezemwater (in miljoen m^3/jaar) bij boezemgemaal Duurswold		
	gemaal	spuisluis	totaal
1988			139,414
1989			68,815
1990			88,797
1991	37,73	34,42	72,15
1992	52,45	35,46	87,91
1993	81,33	46,80	128,13
1994	70,58	44,29*	114,87
1995	69,18	43,26*	112,44

verdamping

Ten aanzien van de verdamping uit de brongebieden en het boezemwater zijn de volgende aannames gedaan ((Commissie voor hydrologisch onderzoek TNO, 1988):

- er wordt voor het gehele boezemgebied Duurswold gerekend met de gewasfactor van weiland, omdat dit de meest voorkomende bodembedekking is; de gewasfactor van weiland is 1,0;
- voor wateroppervlakten wordt gerekend met een gewasfactor van 1,25;
- de potentiële verdamping is de gewasfactor vermenigvuldigd met de door het weerstation Eelde opgegeven decadewaarden.

In tabel I.10. is een overzicht gegeven van de berekende hoeveelheden verdamping uit het boezemgebied Duurswold.

Tabel I.10. **Overzicht van verdampingshoeveelheden van het boezemgebied Duurswold in 1992 en 1995 berekend op basis van de gegevens van meteohoofdstation Eelde**

maand	berekende verdamping in 1992			
	decadesom verdamping (in mm)	verdamping bodem (= weiland) (in mm)	verdamping oppervlaktewater (in mm)	totale verdamping (in miljoen m^3)
januari	7	7	8,75	1,5
februari	18	18	22,50	3,8
maart	29	29	36,25	6,2
april	51	51	63,75	10,9
mei	115	115	143,75	24,5
juni	108	108	135,00	22,5
juli	102	102	127,50	21,7
augustus	79	79	98,75	16,8
september	54	54	67,50	11,5
oktober	24	24	30,00	5,1
november	12	12	15,00	2,6
december	5	5	6,25	1,1
totaal	604	604	755,00	128,2
	berekende verdamping in 1995			
januari	9	9	11,25	1,9
februari	18	18	22,5	3,8
maart	32	32	40	6,8
april	51	51	63,75	10,9
mei	86	86	107,5	18,3
juni	82	82	102,5	17,5
juli	114	114	142,5	24,3
augustus	101	101	126,25	21,5
september	42	42	52,5	8,9
oktober	28	28	35	6,0
november	12	12	15	2,6
december	7	7	8,75	1,5
totaal	582	582	727,5	124,0