

NOTA 942

december 1976

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

ALTERRA
Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

CHEMISCHE EN FYSISCHE SAMENSTELLING VAN GROND-
EN OPPERVLAKTEWATER IN ENKELE GEBIEDEN
(ONDERZOEKSRESULTATEN OKTOBER 1972-OKTOBER 1974)

ing. H.P. Oosterom

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-
middelen, dus geen officiële publikaties.
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek
nog niet is afgesloten.
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking

I N H O U D

	Blz.
1. INLEIDING	1
2. GEBIEDSBESCHRIJVING	4
3. ANALYSES EN BEMONSTERING	6
3.1. Analyses	6
3.2. Bemonstering	6
4. RESULTATEN EN CONCLUSIES	8
4.1. Invloed van waterinlaat	8
4.2. BOD ₅ ²⁰ -, COD- en KMnO ₄ -verbruik	13
4.3. Zuurstofhuishouding	19
4.4. Stikstof	24
4.5. Fosfaat	30
4.6. Overige analyses	36
5. SAMENVATTING	37
LITERATUUR	43
BIJLAGEN	

ALTERRA
Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

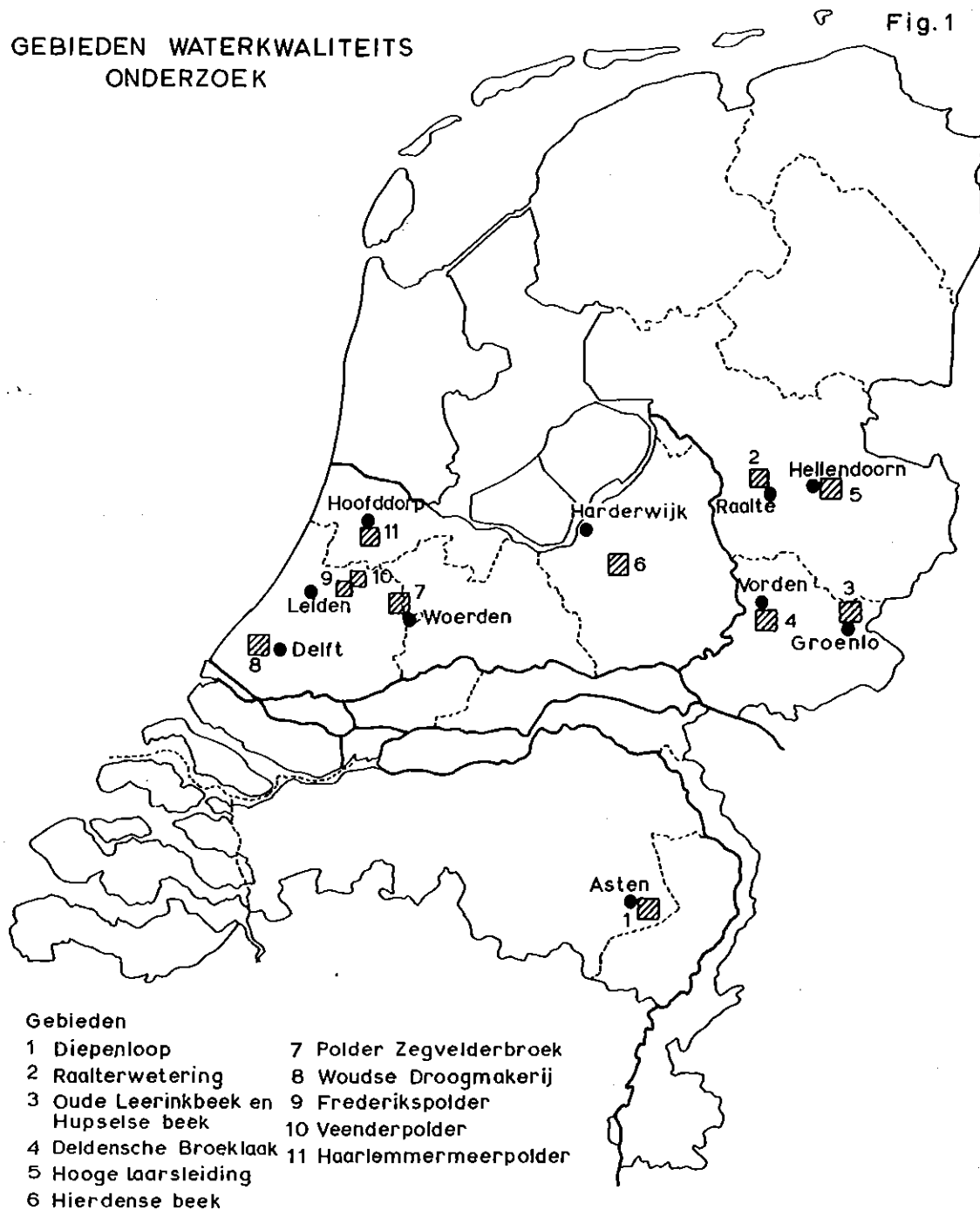
1. INLEIDING

In landelijke gebieden wordt de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater grotendeels bepaald door de bodemsamenstelling, het bodemgebruik en de bemesting. Ook de intensiteit van de neerslag in samenhang met de doorlatendheid van de bodem en de dikte van het watervoerend pakket kan incidenteel van grote invloed zijn.

Reeds vanaf oktober 1971 wordt in 5 zandgebieden en 5 klei-veen-gebieden (fig. 1) onderzoek gedaan naar de invloed van de verschillende factoren op de chemische samenstelling van het oppervlaktewater en van het bovenste grondwater. De gegevens over de onderzoeksperiode oktober 1971-oktober 1972 zijn verwerkt (OOSTEROM en STEENVOORDEN, 1975).

Op grond van de opgedane ervaring en inzichten van de 1e periode is besloten om het onderzoeksprogramma in gewijzigde vorm voort te zetten, mede doordat in de voorgaande periode de neerslaghoeveelheid relatief gering was. Het grondwateronderzoek is in de zandgebieden daarom tot enkele gebieden geconcentreerd en uitgebreid, terwijl het onderzoek van het oppervlaktewater in vrijwel alle gebieden beperkt is tot het hoofdmonsterpunt. De bemonstering van de beken is in een later stadium uitgebreid met de Hierdense Beek en de Hupselse Beek. Deze beken bleken interessant vanwege een hoge veedichtheid (kalvermesterijen) c.q. de hydrologische situatie.

In deze nota zullen de resultaten van de onderzoeksperiode oktober 1972-oktober 1974 worden behandeld.



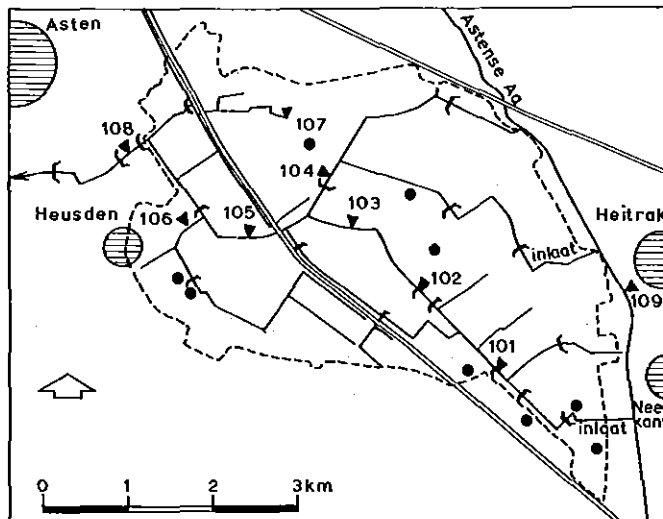
2. GEBIEDSBESCHRIJVING

Voor de beschrijving van de gebieden kan grotendeels verwezen worden naar nota 810 (OOSTEROM en STEENVOORDEN, 1975) waarin de gegevens vermeld staan over bewoningsdichtheid, gebiedsoppervlakte, grondgebruik, veebezetting, ontstaan van de bodem en de hydrologie. Gegevens over het H u p s e l s e b e e k g e b i e d staan vermeld in het rapport van KOLENBRANDER en VAN DIJK (1972). Karakteristiek van dit gebied is dat de tertiaire klei soms op minder dan 40 cm onder de oppervlakte voorkomt. De Hierdense beek is gelegen op de Veluwe en ontspringt uit het Uddelermeer. Bij Harderwijk komt de beek in het Veluwe randmeer uit. Het stroomgebied kenmerkt zich door de aanwezigheid van een groot aantal kalvermesterijen. De bodem bestaat uit gestuwd préglaciaal met op een diepte van 8 tot 14 m - m.v. een vrij dik kleipakket. De grondwaterspiegel varieert van 1 tot 2 m - m.v.

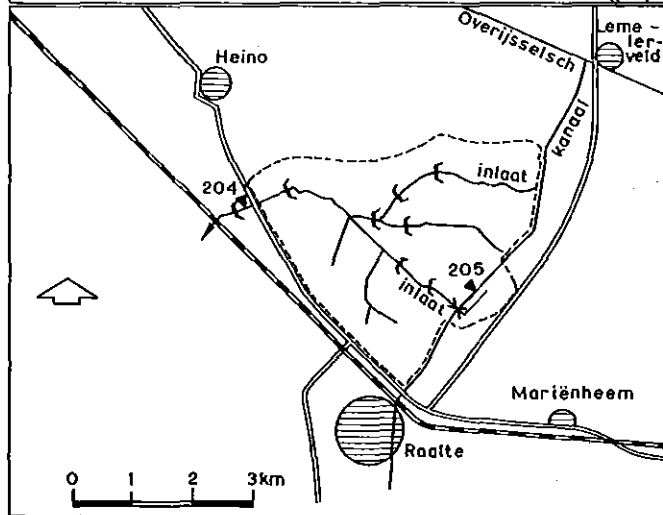
Het graslandperceel in de p o l d e r Z e g v e l d e r b r o e k, gelegen naast de blauwgraslanden, is in ± 1965 ontwaterd en in cultuur genomen. De hydrologie en bodemsamenstelling verschilt weinig met die van het aangrenzende blauwgrasland, zoals beschreven in nota 810.

Fig. 2

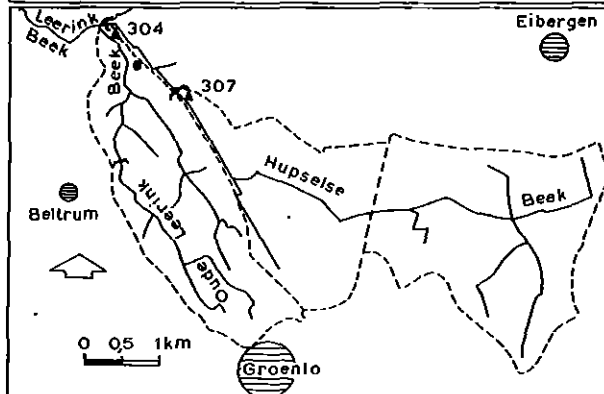
1 Stroomgebied van de Diepenloop (w.s. v/d Aa)



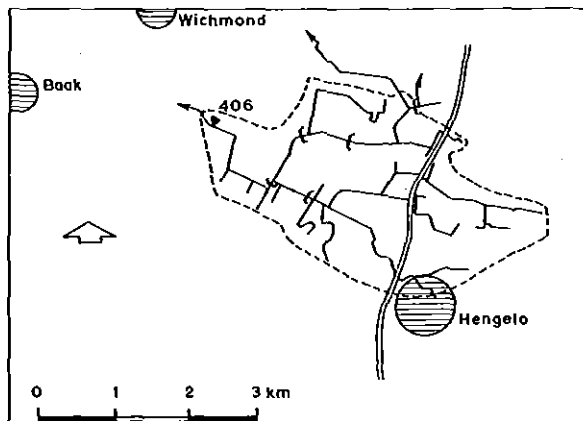
2 Stroomgebied van de Raalterwetering (w.s. Salland)



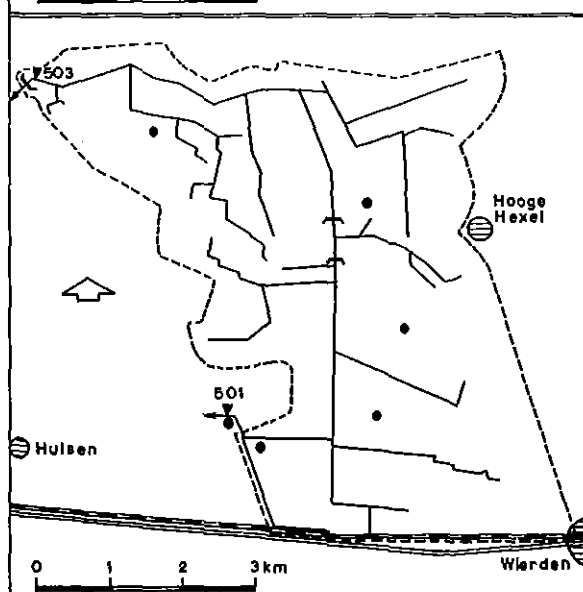
3 Stroomgebied van de Oude Leerinkbeek en de Hupselse Beek (w.s. v.d. Berkel)



- Rivier, beek, leiding
- - - - - grens onderzoeksgebied
- 106 ▼ monsterpunt oppervlaktewater
- monsterpunt grondwater
- spoor baan
- rijks - en prov. weg
- ⊙ bebouwde kom
- >< syphon



4 Stroomgebied van de
 Deldensche Broeklaak
 (w.s. v.d. Baakse beek)



5 Stroomgebied van de
 Hooze Laarsleiding
 (w.s. Regge en Dinkel)

- Rivier, beek, leiding
- - - grens onderzoeksgebied
- 401 ▼ monsterpunt oppervlaktewater
- monsterpunt grondwater
- spoorbaan
- rijks- en prov. weg
- ⊗ bebouwde kom

3. ANALYSES EN BEMONSTERING

3.1. A n a l y s e s

De bepalingen ten behoeve van het onderzoek zijn verricht door het waterlaboratorium-Oost te Doetinchem. Aan de reeks bepalingen van de voorafgaande onderzoeksperiode is het SiO_2 -gehalte toegevoegd. Incidenteel is ook het Cu-gehalte bepaald. In het oppervlaktewater is de NH_4 -bepaling in n i e t - gefiltreerd water gedaan. Filtratie van het grondwater en overige oppervlaktewater heeft plaatsgevonden op het laboratorium, waarbij een vouwfilter S. & S. nr 595½ (poriën-wijdte < 7µ) gebruikt is.

3.2. B e m o n s t e r i n g

De bemonstering van het o p p e r v l a k t e w a t e r in de zandgebieden heeft plaatsgevonden in het meest stroomafwaarts gelegen leidingvak. In het gebied van de Diepenloop zijn ook de hoger gelegen leidingvakken regelmatig onderzocht. Het monsterpunt in de Hierdense Beek is gelegen ter hoogte van het restaurant 'Het Rode Koper'. Van de overige zandgebieden is de ligging weergegeven op kaartjes (fig. 2). In de polders zijn de monsterpunten alle gelegen in de nabijheid van gemalen. In gebieden waar waterinlaat plaats vond, is tijdens de inlaatperiode een monster van dit water genomen. In de natuurgebieden was het niet mogelijk gedurende de gehele onderzoeksperiode te bemonsteren. De monsternamen bleef beperkt tot de wintermaanden. De bemonstering vond 1 maal in de 4 weken plaats.

Het g r o n d w a t e r is in de onderzoeksperiode oktober 1972-oktober 1973 op ca. 0,5 m, 2,5 m en incidenteel ook op 5,0 m onder het gemiddelde grondwaterpeil onderzocht. In 5 natuurgebieden, te weten 2 bosgebieden met naaldbout, een bosgebied met loofhout, een heidegebied en blauwgraslanden, is het water op 2 diepten regelmatig bemonsterd. In het grondwater van het bosgebied bij de Diepenloop en van het heidegebied bij de Hooge Laarsleiding is ook op 5,0 m diepte een bemonstering uitgevoerd. In landbouwgebieden is het grondwater in totaal op 25 plaatsen onderzocht. Hiervan zijn er 14 gelegen in de

zandgebieden van de Diepenloop en de Hooge Laarsleiding, terwijl de overige verdeeld zijn over de klei-veen-gebieden. Op percelen, waar in de voorgaande periode hoge nitraatgehalten in het grondwater aangetroffen werden, is een diepere grondwaterbuis geplaatst, zodat ook de chemische samenstelling op 5,00 m diepte in het grondwater bij het onderzoek betrokken kon worden.

In de periode '72/'73 is het grondwater op de meeste plaatsen 3 maal onderzocht. Incidenteel is nog een bemonstering uitgevoerd in het voorjaar van 1974.

4. RESULTATEN EN CONCLUSIES

4.1. Invloed van waterinlaat

Algemeen

In perioden met een neerslagtekort wordt in de waterbehoefte voorzien door beregening of infiltratie. In de zomermaanden van 1973 is de mogelijkheid van infiltratie in 2 zandgebieden op bescheiden schaal toegepast. Het betrof het gebied van de Raalterwetering en Diepenloop. Het laatste gebied maakt deel uit van een proefgebied, waar in dezelfde periode onderzoek werd gedaan naar het effect van de waterinlaat op de peilbeheersing (BON, 1974). Het binnengelaten water verschilt in chemische samenstelling van het oorspronkelijk aanwezige water. De verandering zal dan ook niet beperkt blijven tot één ion, maar merkbaar zijn bij alle verbindingen. In dit hoofdstuk zal nader worden ingegaan op de concentratieveranderingen.

Mengverhouding

De veranderingen in gehalten tijdens het transport via de afwatering zijn enerzijds het resultaat van menging van het binnengelaten water met het toegevoerde grondwater uit het gebied en anderzijds het gevolg van chemische en biologische processen. Om enig inzicht te krijgen in de veranderingen van de concentraties door menging van deze 2 watertypen kan gebruik worden gemaakt van het chloride-ion, omdat dit ion nauwelijks deelneemt aan biologische en chemische processen. De chlorideconcentratie in het gebied van de Diepenloop op monsterpunt 108 zonder invloed van de inlaat is vrij constant en varieert van 24-33 mg.l^{-1} (nota 810), terwijl dit gehalte van het ingelaten water gemiddeld 105 mg.l^{-1} bedraagt. Met behulp van de chlorideconcentraties op monsterpunt 108 vóór en tijdens de inlaatperiode kan bij benadering de mengverhouding uit de chloridebelasting van het gebied berekend worden. De totale chloridebelasting is gelijk aan de interne en externe chloridebelasting. Stel dat het externe en interne waterbezwaar tijdens de inlaatperiode respectievelijk x en $y \text{ m}^3$ bedraagt, dan is het totale waterbezwaar $(x + y) \text{ m}^3$. De gemiddelde chlorideconcentratie van het ingelaten en afgevoerde water tijdens

de inlaatperiode van 3 juli tot 20 oktober 1973 is 105 respectievelijk 79 mg.l^{-1} . De chlorideconcentratie van het via het grondwater aangevoerde water is bij benadering gelijk aan het chloridegehalte van het oppervlaktewater tijdens de periode zonder inlaat. Voor de voorafgaande 10 maanden is dit gemiddeld 30 mg.l^{-1} (tabel 1). Met behulp van deze gegevens is de mengverhouding als volgt te berekenen:

$$79(x + y) = 105 x + 30 y$$

totale chloridebelasting = externe + interne belasting

$$x = \frac{1}{0,53} y$$

De verhouding tussen de externe en interne waterhoeveelheden is dus: 1:0,53.

Voor de Raalterwetering kan op dezelfde wijze een berekening worden uitgevoerd. Het chloridegehalte van het binnengelaten, afgevoerde en via het grondwater aangevoerde water is: 193, 149 respectievelijk $39 \text{ mg.Cl}^{-1} \cdot \text{l}^{-1}$ (tabel 1). De chloridebelasting is:

$$149(x + y) = 193 x + 39 y$$

$$x = \frac{1}{0,4} y$$

Voor dit gebied is de verhouding tussen het externe en interne waterbezwaar 1:0,4.

Concentratieveranderingen

Het binnenlaten van water heeft niet alleen consequenties voor het chloride-ion, maar ook voor de overige verbindingen. De theoretische concentratie (C_{ber}) van elke verbinding in het afgevoerde water kan worden berekend uit de mengverhouding van het grond- en oppervlaktewater tijdens de inlaatperiode en de bijbehorende concentraties.

C_{ber} is te berekenen volgens:

$$\text{totale belasting} = \text{externe belasting} + \text{interne belasting}$$

Tabel 1. Gemiddelde gehalten in het oppervlaktewater, met en zonder inlaat, van de Diepenloop en Raalterwetering tijdens de periode oktober 1972-oktober 1973. De verhouding van het extern- en intern-waterbezwaar is voor de waterlopen respectievelijk 1:0,53 en 1:0,4 en is berekend uit de gemiddelde chloridegehalten (C = concentratie)

Bepaling		Diepenloop (mp 108)				Overijssels kanaal (205)	Raalterwetering (mp 204)		
		Astense Aa (109)	zonder inlaat	met inlaat	Berekende concentratie		zonder inlaat	met inlaat	Berekende concentratie
		C _{ext}	C _{int}	C _{effl}	C _{ber}		C _{int}	C _{effl}	C _{ber}
Cl	(mg.l ⁻¹)	105	30	79	79	193	39	149	149
BOD ₅	(mg.O ₂ .l ⁻¹)	2,5	7	3,0	4,1	10	3	7	8
COD	(")	17,5	62	23,0	33	39	19	14	33
KMnO ₄	(")	5,5	24	8	12	8	6,6	5	7,6
NO ₃ -N	(mg.N.l ⁻¹)	1,7	1,2	0,89	1,5	1,2	0,7	0,7	1,06
NO ₂ -N	(")	0,20	0,03	0,06	0,14	0,12	0,02	0,09	0,09
NH ₄ -N	(")	1,6	1,91	0,62	1,71	1,2	0,5	1,2	1,0
Kjeldahl-N	(")	2,6	3,65	1,4	3,0	2,1	1,2	2,4	1,8
Tot-N	(")	4,5	4,85	2,35	4,62	3,4	1,9	3,1	3,0
PO ₄ -P	(mg.P.l ⁻¹)	0,79	0,19	0,10	0,58	0,05	0,06	0,03	0,05
P-tot	(")	1,12	0,45	0,50	0,89	0,24	0,13	0,12	0,21
Ca	(mg.l ⁻¹)	90	28	62	69	86	95	82	89
Mg	(")	8	4	6	7	8	5	8	7
Na	(")	66	15	50	48	108	22	83	83
K	(")	8	8	8	8	10	4	8	8
HCO ₃		184	31	154	131	148	253	170	178
SO ₄	(")	102	62	73	88	89	39	77	74
SiO ₂	(")	2	14	6	6	1	10	4	4
Tot-Fe	(")	0,23	3,9	1,2	1,5	0,97	1,4	0,31	1,1
E.C.	(µmho.cm ⁻¹)	762	273	577	593	924	534	808	812
Zuurgraad	(pH)	8,0	5,6	7,3	6,0	8,1	7,5	7,7	7,7
Bemonsterings data inlaat:		7/8 - 7/9 - 3/10 - 30/10/873				8-8 en 6-9-'73			

$$(x + y) C_{\text{ber}} = x C_{\text{ext}} + y C_{\text{int}}$$

a. $x:y = 1:0,4$ (Diepenloop)

b. $= 1:0,53$ (Raalterwetering)

a. $1,4 C_{\text{ber}} = C_{\text{ext}} + 0,4 C_{\text{int}}$ (Diepenloop)

b. $1,53 C_{\text{ber}} = C_{\text{ext}} + 0,53 C_{\text{int}}$ (Raalterwetering)

De berekende concentratie (C_{ber}) kan bij sommige verbindingen afwijken van de gemeten concentratie, aangezien tijdens het transport in de leiding fysische, biologische en chemische processen plaats kunnen vinden. Met name geldt dit voor stikstof, fosfaat en organische stof. Uit de berekeningen blijkt dat de verwijdering tijdens het transport soms wel meer dan 40 % kan bedragen. Voor het organische stofgehalte ligt dit in de orde van grootte van 30 % en voor de stikstofverbindingen 25 % tot 55 %. In de Diepenloop vindt vooral zowel een sterke verwijdering van $\text{NO}_3\text{-N}$ als Kjeldahl-N plaats.

Het HCO_3 -gehalte vertoont een duidelijke toename. Dit hangt samen met de pH-verandering, waardoor een verschuiving plaats vindt in het bicarbonaat evenwicht. De gevonden HCO_3 -concentraties komen overeen met de theoretisch te verwachten concentraties. Het gemeten tot-Fe op monsterpunt 108 in de Diepenloop is lager dan de berekende Fe-concentraties. In de Diepenloop blijft ± 20 % achter, terwijl in de Raalterwetering de afname zelfs 75 % is. Tijdens het transport kan het ijzer verdwijnen door bezinking. De overige ionen ondergaan niet veel verandering. In de meeste gevallen is C_{effl} iets lager dan C_{ber} .

In het gebied van de Diepenloop is tijdens de eerste 2 maanden van de inlaatperiode (dus niet tijdens de gehele inlaatperiode) het oppervlaktewater op meerdere plaatsen bemonsterd (tabel 2). De ligging van de monsterpunten is weergegeven in fig. 2. Uit de tabel blijkt, dat de stikstof- en fosfaatgehalten over het gehele traject dalen. De geringe stijging van het stikstofgehalte van monsterpunt 105 naar 108 zal worden veroorzaakt door de hogere gehalten van monsterpunt 106, waarvan het water voor monsterpunt 108 in de Diepenloop komt.

Tabel 2. Gehalten in het oppervlaktewater van de Diepenloop tijdens de inlaatperiode van 2/8 tot 4/9/1973

Bepaling:		Monsterpunt 109→101→102→103→105→108 (→ stroomrichting)						104	106
		3	2	3	5	3	3	1	8
BOD ₅ ²⁰	(mg.O ₂ .l ⁻¹)	3	2	3	5	3	3	1	8
COD	(")	26	15	25	30	29	27	25	70
KMnO ₄	(")	4	4	5	9	7	9	6	11
NO ₃	(mg.N.l ⁻¹)	2,0	1,5	1,2	0,6	0,4	0,3	0,5	0,4
NO ₂	(")	0,15	0,14	0,14	0,10	0,09	0,05	0,06	0,09
NH ₄ (ongef.)	(")	0,3	0,36	0,47	0,09	0,3	0,4	0,3	1,5
Kjeldahl-N	(")	1,0	1,0	1,1	1,2	1,0	1,4	1,0	2,2
Tot-N	(")	3,2	2,6	2,4	1,9	1,5	1,8	1,6	2,7
Ortho-P (ongef.)	(mg.P.l ⁻¹)	0,74	0,70	0,53	0,26	0,23	0,11	0,30	0,27
Tot-P (ongef.)	(")	0,88	0,74	0,62	0,41	0,30	0,20	0,12	0,72
Ortho-P (gefiltr.)	(")	0,73	0,64	0,51	0,17	0,18	0,08	0,26	0,05
Tot-P (gefiltr.)	(")	0,79	0,71	0,59	0,29	0,23	0,15	0,20	0,29
Ca	(mg.l ⁻¹)	89	88	85	79	77	67	80	66
Mg	(")	9	6	9	7	9	7	7	8
Na	(")	67	66	72	62	63	57	67	59
K	(")	7	16	8	7	8	7	6	8
HCO ₃	(mg.l ⁻¹)	184	175	187	160	164	145	175	127
SO ₄	(")	103	103	102	99	99	79	97	101
Cl	(")	106	101	105	98	96	85	95	94
SiO ₂	(")	< 1	< 1	< 1	3	2	3	< 1	4
Tot-Fe	(")	0,13	0,07	0,16	1,3	0,78	1,1	0,56	1,8
O ₂ -gehalte	(")	12,1	9,0	7,5	5,0	8,8	5,9	7,2	11,8
Temperatuur	(°C)	21,0	21,3	20,8	21,5	22,5	19,0	19,7	22,7
O ₂ -verz.	(%)	137,5	102,3	75,8	56,8	102,3	64,1	79,1	98,8
Geleidingsverm.	(µmho.cm ⁻¹)	730	733	714	673	671	596	674	644
Zuurgraad	(pH)	8,1	7,7	7,6	7,3	7,6	7,4	7,7	7,6

Conclusies

1. Tijdens de inlaatperiode van 3 juli tot 20 oktober 1973 heeft het ingelaten water in de Diepenloop en Raalterwetering een ongunstig effect op de concentratie van bijna alle verbindingen (tabel 1).
2. Tijdens het doorspoelen vinden veranderingen van concentraties plaats, veroorzaakt door fysische, biologische en chemische processen. Vooral bij fosfaat, stikstof en organische stof en ijzer speelt dit een grote rol (tabel 1). De verwijdering vindt plaats over het gehele traject (tabel 2).

4.2. BOD_5^{20} , COD en $KMnO_4$ -verbruik

De BOD_5^{20} , de COD en het $KMnO_4$ -verbruik over de onderzoeksperiode oktober 1972-oktober 1974 staan vermeld in de bijlagen 1, 2 en 3. De BOD en COD zijn uitsluitend in het oppervlaktewater bepaald, het $KMnO_4$ -verbruik zowel in grond- als in oppervlaktewater.

Oppervlaktewater BOD en COD

In de onderzoeksperiode oktober 1972-oktober 1974 is het mogelijk geweest om incidenteel het oppervlaktewater in de natuurgebieden te bemonsteren. In deze gebieden treed soms een verhoging op van het organische stofgehalte tengevolge van afgestorven bladeren en ander organisch materiaal. De gehalten op de monsterpunten, die water afvoeren uit de bijbehorende landbouwgebieden (m.p. 108, 503) zijn over het algemeen lager.

De organische stofgehalten in de landbouwgebieden worden hoofdzakelijk bepaald door de bodemsamenstelling. In de dekzandgebieden (gebied 2, 3, 4) is gedurende de 3 onderzoeksjaren de BOD-waarde vrij constant, namelijk $2 \text{ à } 3 \text{ mg.O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$. Wanneer er sprake is van hogè neerslagintensiteiten kunnen de gehalten enkele milligrammen hoger liggen (tabel 6). In de venige zandgebieden (1 en 5) evenals in de Haarlemmermeerpolder liggen de waarden veelal een factor 2 hoger. In de venige kleigebieden (8, 9 en 10) blijven de waarden ca. $10 \text{ mg.O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$. Uit de analyses blijkt dat het gemiddelde organische stofgehalte in de Diepenloop (gebied 1) gedurende de 3 jaren daalt. In het eerste leidingvak (m.p. 101) was het gemiddelde BOD-gehalte in de

periode oktober 1972-mei 1973 $7 \text{ mg.O}_2.\text{l}^{-1}$ met als maximale waarde $13 \text{ mg.O}_2.\text{l}^{-1}$, terwijl in de voorgaande periode deze waarden respectievelijk 9 en 27 mg.l^{-1} bedroegen. De oorzaak van deze sterke afname moet men zoeken in een beperking van het aantal incidentele lozingen. Anderzijds heeft ook de waterinlaat vanuit de Astense Aa bijgedragen tot de verbetering. De BOD-waarde van het binnengelaten water bedroeg $2 \text{ à } 3 \text{ mg.O}_2.\text{l}^{-1}$, terwijl de waarde van het water dat binnen het gebied werd afgevoerd ca. $7 \text{ mg.O}_2.\text{l}^{-1}$ bedroeg. De waterinlaat in de Raalterwetering (gebied 2) heeft eveneens een merkbare invloed. De BOD₅-waarde van het ingelaten water bedroeg $10 \text{ mg.O}_2.\text{l}^{-1}$, terwijl het gehalte vanuit het gebied zelf ca. $3 \text{ mg.O}_2.\text{l}^{-1}$ bedroeg (tabel 1).

Ten aanzien van de COD is er een duidelijk verschil per gebied. Per gebied zijn de verschillen tussen de onderzoeksjaren onderling gering. Voor de zandgebieden worden de laagste waarden in de Deldensche Broeklaak gemeten (ca. $14 \text{ mg.O}_2.\text{l}^{-1}$) en de hoogste in de Diepenloop (ca. $54 \text{ mg.O}_2.\text{l}^{-1}$). De Hierdense beek heeft een COD-waarde, die schommelt rond de $30 \text{ mg.O}_2.\text{l}^{-1}$. In natte perioden kan de COD-waarde tijdelijk toenemen (tabel 6).

In de venige kleigebieden (8, 9 en 10) blijven de gemiddelde waarden steeds even boven de 100 mg.l^{-1} .

De verhouding COD/BOD₅ en $\text{KMnO}_4/\text{BOD}_5$ ligt in de klei-veen-gebieden slechts weinig hoger dan die in de zandgebieden, uitgezonderd de Hooge Laarsleiding (tabel 3). De conclusie van het eerste onderzoeksjaar dat de COD/BOD₅ verhouding een betere indicatie geeft van de invloed van het veen op het organische stofgehalte dan de $\text{KMnO}_4/\text{BOD}_5$ verhouding, moet daarom in het midden worden gelaten.

Grondwater KMnO_4

Het KMnO_4 -verbruik in het grondwater vertoont op een groot aantal plaatsen van zowel zand- als klei-veen-gebieden tijdens de onderzoeksperiode een daling. Mogelijk hangt dit op de één of andere wijze samen met het plaatsen van de buizen. In de zandgebieden kan de daling soms wel 80 % bedragen (fig. 3, 501). Het effect komt ook sterk tot uiting in het grondwater van de Frederikspolder (fig. 3). Het KMnO_4 -verbruik is op deze plaats gedaald van 200 naar $100 \text{ mg.O}_2.\text{l}^{-1}$. De verschillen

Tabel 3. COD/BOD₅- en KMnO₄/BOD₅-verhouding in het oppervlaktewater

Gebied nr	Gebied	COD/BOD ₅		KMnO ₄ /BOD ₅	
		('72/'73)	('73/'74)	('72/'73)	('73/'74)
	<u>Zandgebieden</u>				
1	Diepenloop	9,3	10,5	3,5	4,3
2	Raalterwetering	6,0	6,3	2,0	2,7
3	Oude Leerinkbeek	8,5	12,0	3,0	7,3
4	Deldensche Broeklaak	6,5	8,5	2,0	2,0
5	Hooge Laarsleiding	17,5	15,3	6,0	7,0
	<u>Gemiddeld</u>	9,6	10,5	3,3	4,6
	<u>Kleiveengebieden</u>				
8	Woudse Droogmakerij	11,2	-	4,4	-
9	Frederikspolder	11,4	-	3,9	-
10	Veendorpolder	8,8	-	3,0	-
11	Haarlemmermeerpolder	9,8	-	2,5	-
	<u>Gemiddeld</u>	10,3	-	3,5	-
	<u>Totale gemiddelde</u>	9,9	-	3,4	-
6	Hierdense beek	-	11,7	-	3,3

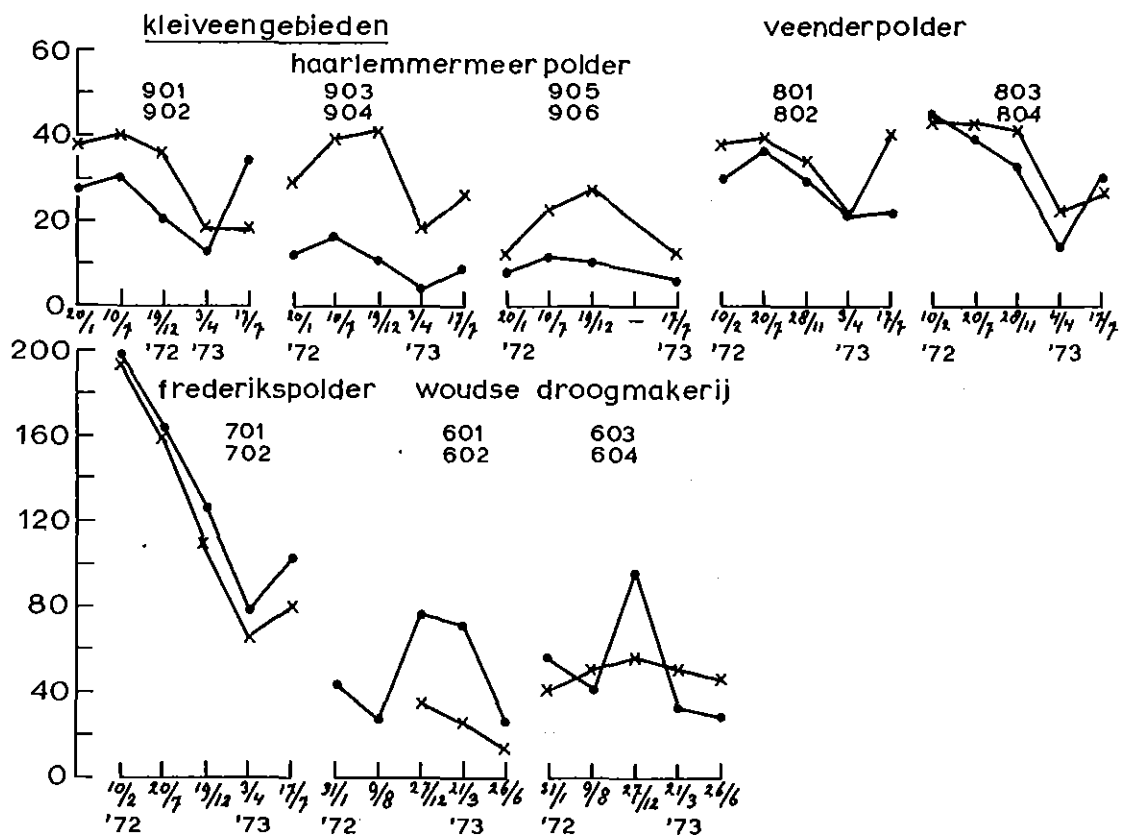
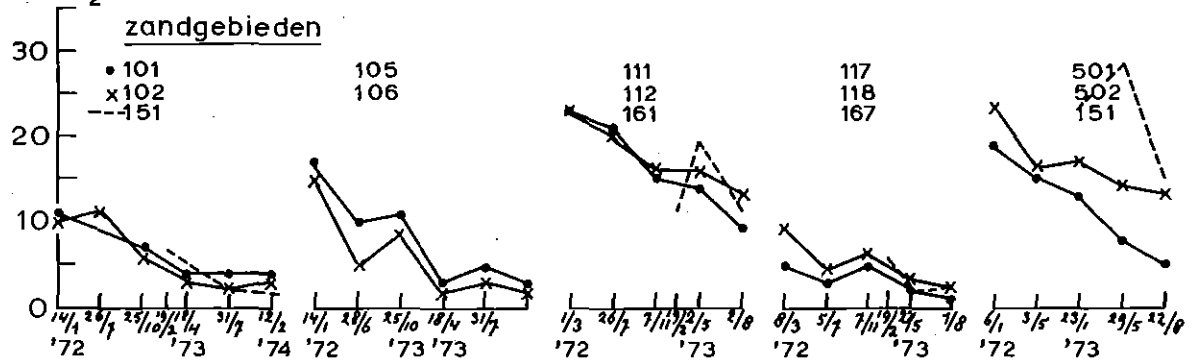
tussen de monsterplaatsen onderling, moeten worden toegeschreven aan de hoeveelheid, soort en aard van de organische stof in de bodem.

Oppervlaktewater KMnO₄

Het gemiddelde KMnO₄-verbruik van het oppervlaktewater van de dekzandgebieden (gebied 2, 3, 4) is ca. 5 mg.O₂.l⁻¹. In de Hooge Laarsleiding is de invloed van het veen in het gebied bepalend voor het gehalte (ca. 15 mg.O₂.l). Het gehalte in de Hierdense Beek is lager (ca. 10 mg.O₂.l⁻¹) terwijl het goed overeenkomt met hetgeen gedurende het laatste onderzoeksjaar in de Diepenloop gemeten is. Zoals reeds vermeld in hoofdstuk 4.3 is het KMnO₄-verbruik in de Diepenloop tijdens de onderzoeksperiode sterk gedaald. De gemeten waarden in de Haarlemmermeerpolder komen ook vrij goed overeen met de 2 voornoemde venige zandgebieden. De gehalten in de overige klei-veen-gebieden zijn ca. 40 mg.O₂.l⁻¹.

KMnO₄-verbr.

mg.O₂l⁻¹



Grond- en oppervlaktewater

Over het algemeen komt het KMnO_4 -verbruik van het oppervlaktewater goed overeen met het KMnO_4 -verbruik van het grondwater in het desbetreffende gebied. Er is een goede correlatie ($r = 0,93$) en de berekende regressielijn komt vrijwel overeen met de lijn $x = y$ (fig. 4). Dit is eveneens gevonden voor de gegevens van 1971/'72, terwijl ook toen de correlatiecoëfficiënt zeer goed was ($r = 0,99$).

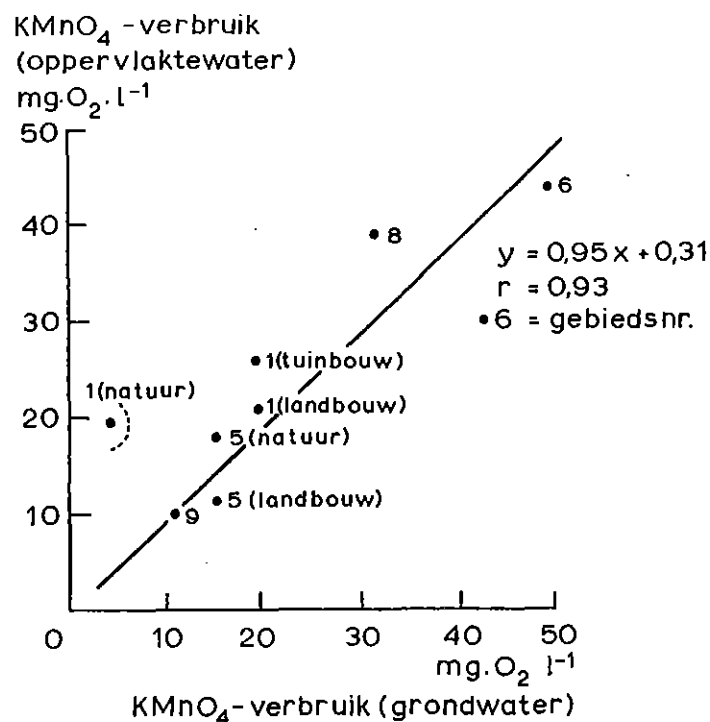


Fig. 4. Regressielijn en correlatiecoëfficiënt (r) van het KMnO_4 -verbruik van grond- (x-as) en oppervlaktewater (y-as) in de periode 1972/'73 en 1973/'74

Bij de berekening van correlatie en regressie is rekening gehouden met de verticale stromingsrichting van het grondwater. Voor de zandgebieden (wegzijgingsgebieden) zijn de gegevens van het grondwater op 2,5 m diepte genomen en in de klei-veen-gebieden (kwelgebieden) op 0,5 m diepte. In het natuurgebied van de Diepenloop is het KMnO_4 -verbruik van het oppervlaktewater vele malen hoger dan in het grond-

water als gevolg van afgestorven bladeren. In de correlatieberekening is dit punt buiten beschouwing gelaten. In het tuinbouwgebied van de Diepenloop is het KMnO_4 -verbruik in het grondwater op 0,5 m en 2,5 m diepte respectievelijk 20 en 3 $\text{mg.O}_2.\text{l}^{-1}$. Het bovenste grondwater vertoont voor het kastuinbouwgebied een betere correlatie met het oppervlaktewater dan het diepere.

Conclusies

1. De organische stofgehalten in het oppervlaktewater van de n a t u u r -zandgebieden zijn over het algemeen hoger dan in de landbouwgebieden met dezelfde bodemsamenstelling. De verhoging wordt veroorzaakt door in het water gewaaide bladeren en ander organisch materiaal.
2. De zuurstofbehoefte van de biologisch afbreekbare organische stof in het oppervlaktewater van de dekzandgebieden (nr 2, 3 en 4) is gedurende de gehele onderzoeksperiode vrij constant. De gemiddelde BOD_5 -waarden zijn 2 à 3 $\text{mg.O}_2.\text{l}^{-1}$. In de meer venige zandgebieden en Haarlemmer-meerpolder is het gehalte enkele malen hoger. In de klei-veen-gebieden bedraagt de waarde $\pm 10 \text{ mg.O}_2.\text{l}^{-1}$ (bijlage 1, 2 en 3).
3. Na hoge neerslagintensiteiten is in het oppervlaktewater van zandgebieden een verhoging van het organische stofgehalte geconstateerd (tabel 6).
4. De organische stofgehalten in de D i e p e n l o o p zijn gedurende het onderzoek gedaald, waarschijnlijk doordat een beperking van het aantal lozingen is opgetreden.
5. De v e r h o u d i n g COD/BOD_5 en $\text{KMnO}_4/\text{BOD}_5$ is voor de zandgebieden 10,0 respectievelijk 4,0. Voor de klei-veen-gebieden bedragen deze verhoudingen 10,3 respectievelijk 3,5 (tabel 3).
6. Op veel plaatsen in het g r o n d w a t e r is gedurende de 3-jarige onderzoeksperiode een daling van het organische stofgehalte geconstateerd. Het verschijnsel doet zich zowel voor in de zand- als in de klei-veen-gebieden (fig. 3). Mogelijk houdt dit op de één of andere wijze verband met het plaatsen van de buizen.

7. In het voortgezette onderzoek bestaat eveneens een goede correlatie ($r = 0,93$) tussen het KMnO_4 -verbruik van grond- en oppervlaktewater (fig. 4). Hierbij is rekening gehouden met de verticale stromingsrichting van het grondwater.

4.3. Z u u r s t o f h u i s h o u d i n g

Grondwater

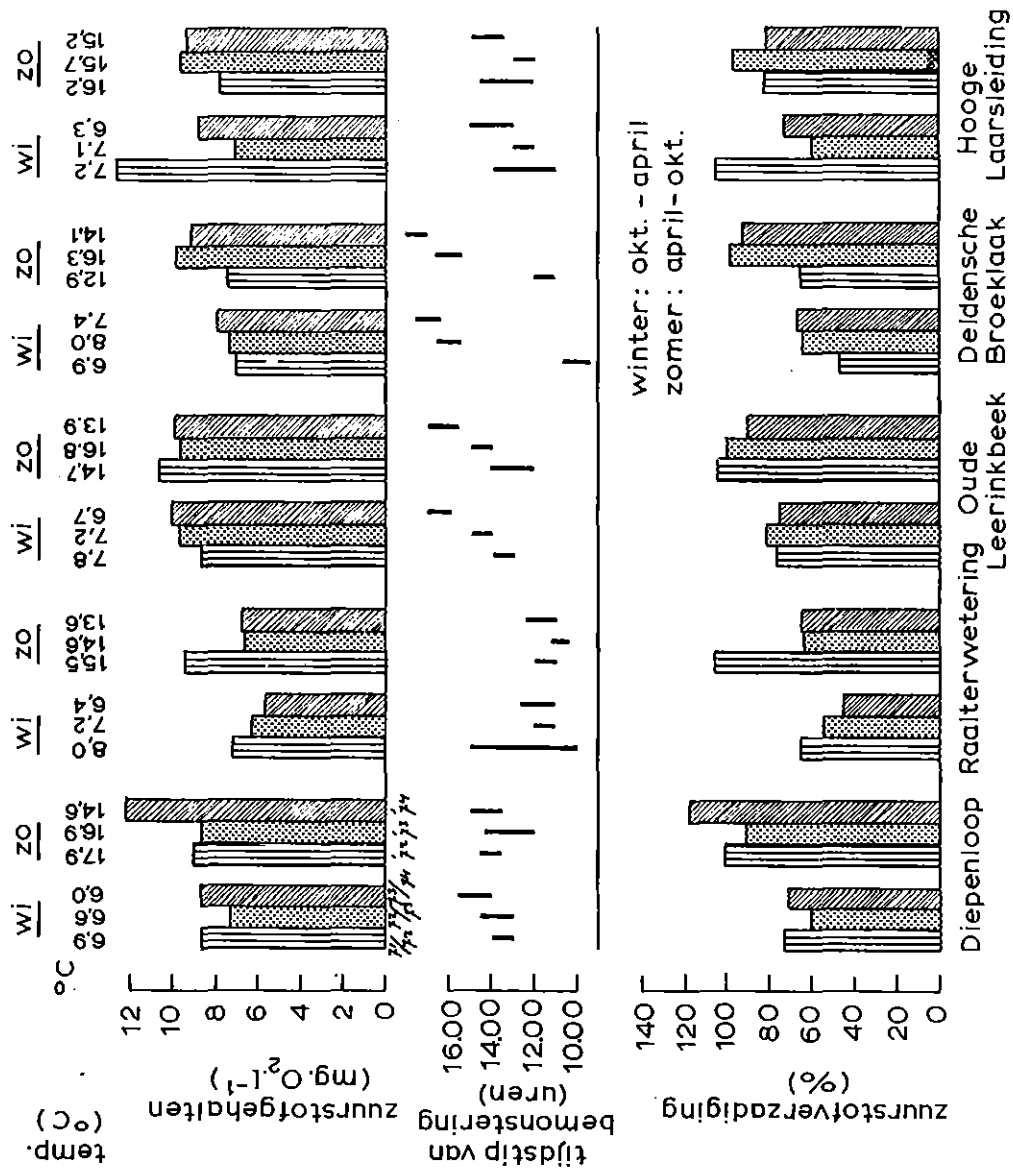
In de z a n d g e b i e d e n is het O_2 -gehalte op 0,5 m onder het freatisch niveau gemiddeld $2,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. In het diepere grondwater is het gemiddelde O_2 -gehalte meestal niet hoger dan $0,8 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Een duidelijk verschil op 2,5 m en 5,0 m diepte is niet aanwezig. In de klei-veen-gebieden is het O_2 -gehalte zowel op 0,5 m als op 2,5 m in het grondwater op vele plaatsen $0,0 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, in enkele gevallen enige tienden en éénmaal $3,4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, dat was op 0,5 m diepte in de Woudse Droogmakerij.

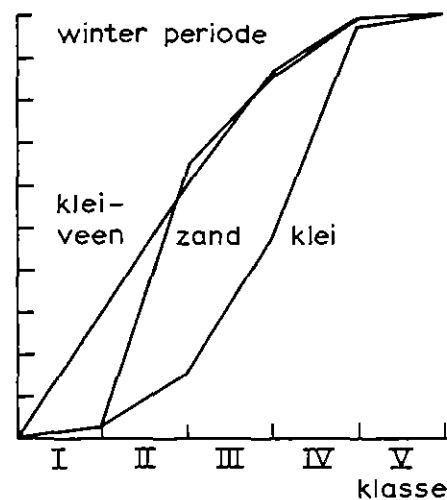
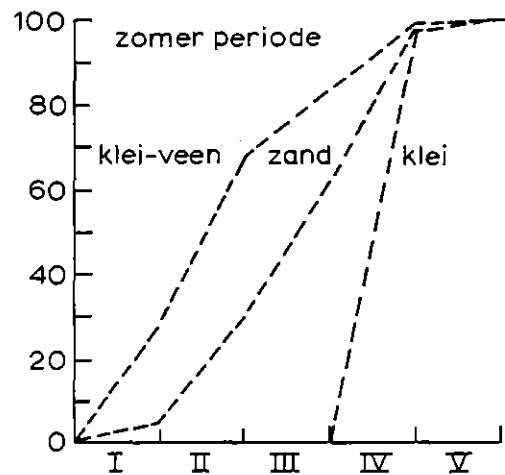
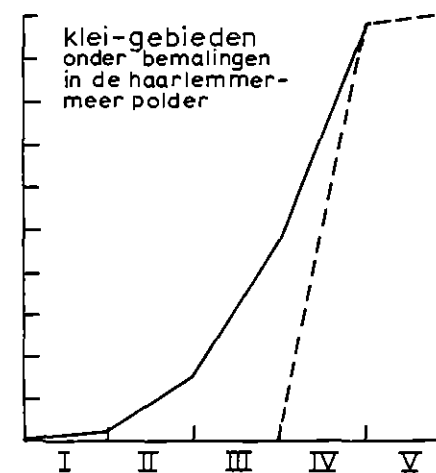
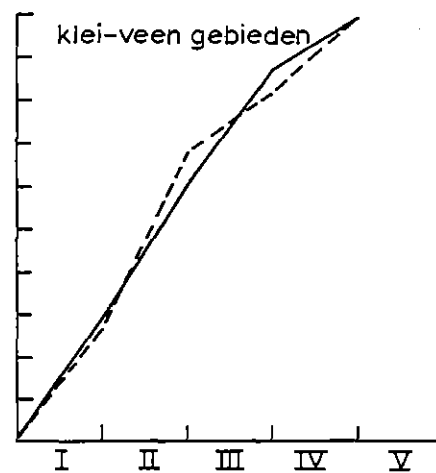
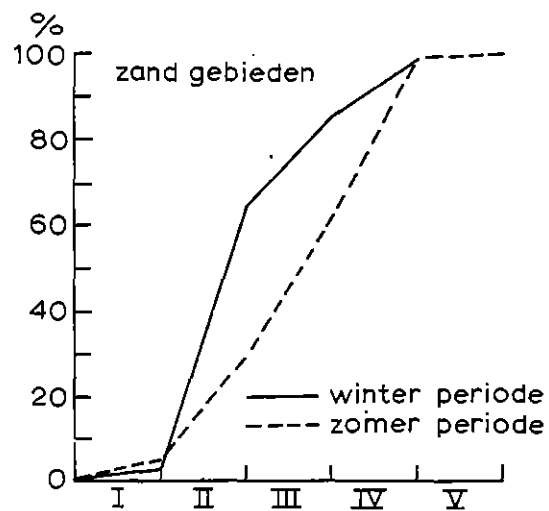
De grondwaterbuizen zijn één of meer dagen voor de monsternameling leeggepompt, waarna het water ruimschoots gelegenheid had om toe te stromen. In slecht doorlatende gronden komt het water druppelsgewijs in de buis, zodat de mogelijkheid bestaat dat zuurstof uit de lucht, die in de buis aanwezig is, op zal nemen. In ogenschouw nemend, dat de ondiepe buizen slechts over de lengte van het filter met water gevuld zijn en de dichtheid van zuurstof, in droge lucht met 20 % zuurstof, $0,286 \text{ gr} \cdot \text{l}^{-1}$ (HANDBOOK, 1953-1954) bedraagt, lijkt het zeer waarschijnlijk dat bij deze bemonsteringstechniek in het grondwatermonster een te hoog zuurstofgehalte zal worden gemeten.

Oppervlaktewater

Het gemeten O_2 -gehalte in een watermonster hangt sterk af van het tijdstip van bemonsteren en de weersomstandigheden op die dag als gevolg van de zuurstofproductie, die op kan treden bij fotosynthese van algen.

In de onderzoeksperiode 1972-oktober 1974 zijn de beekgebieden 2, 3, 4 en 5 op dezelfde dag bemonsterd, de Diepenloop (nr 1) een dag later. De volgorde van bemonsteren was Raalterwetering (2), Hooge Laarsleiding (5), Oude Leerinkbeek (3) en Deldensche Broeklaak (4).





klasse indeling	
I	≥ 0 tot ≤ 35 O ₂ -verzadigings %
II	> 35 tot ≤ 70 "
III	> 70 tot ≤ 90 "
IV	> 90 tot ≤ 200 "
V	> 200 "

In de zomermaanden, wanneer de fotosynthese groot kan zijn, neemt het O_2 -gehalte toe in volgorde van bemonstering. Zo bedraagt de gemiddelde O_2 -verzadiging in de Raalterwetering, het eerste monsterpunt in de route (m.p. 204), ca. 65 % ($< 7 \text{ mg.O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$), terwijl in de Deldensche Broeklaak, het laatste monsterpunt (m.p. 406) een gemiddelde verzadiging van ca. 100 % ($> 9,0 \text{ mg.O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$) is gemeten.

Ook in de wintermaanden is de tendens van verhoging aanwezig, ondanks dat dan de fotosynthese beperkt is (fig. 5).

In tabel 5 is de procentuele verdeling van de O_2 -verzadiging weergegeven over een aantal klassen. In fig. 6 zijn de gegevens cumulatief weergegeven. De klasse-indeling is gemaakt voor de 5 beekgebieden (nr 1, 2, 3, 4 en 5), de klei-veen-gebieden (nr 8, 9 en 10) en de 3 onderbemalingen in de Haarlemmermeerpolder. De verschillen tussen zomer en winter (fig. 6A) zijn bij de zandgebieden en de onderbemalingen groot als gevolg van de fotosynthese; bij de klei-veen-gebieden is er nauwelijks enig verschil. In de zomer zijn de verschillen tussen zand-, klei-veen-gebieden en onderbemalingen duidelijk aanwezig (fig. 6B). In de zomermaanden is in de zandgebieden het percentage van het aantal waarnemingen met een O_2 -verzadiging < 70 % ca. 30, voor de klei-veen-gebieden 61 en bij de onderbemalingen kwam geen enkele waarde beneden deze grens (tabel 5). In de onderbemalingen is het water helder en eutroof, terwijl er tijdens de zomermaanden weinig of geen waterafvoer plaats vindt. Tijdens de zomerperiode werd dan ook in alle gevallen een oververzadiging gemeten. In de wintermaanden is er weinig verschil tussen de zandgebieden en klei-veen-gebieden. In de zandgebieden en de onderbemalingen neemt de verzadigingsgraad af. Oververzadiging wordt in dit tijdvak nog voor de helft van het aantal waarnemingen aangetroffen in de onderbemalen polders (tabel 4).

Tabel 4. Procentuele verdeling van de O_2 -verzadiging over een aantal klassen in de onderzoeksgebieden voor de zomer- en winterperioden (okt. '71-okt. '74)

Gebieden:	Aantal waarne- mingen	Klasse:				
		I < 35 %	II > 35 < 78 %	III > 70 < 90 %	IV > 90 % < 200 %	V > 200 %
a. Zandgebieden						
: zomer :	94	5,3	24,5	31,9	37,2	1,1
: winter:	104	2,8	61,5	21,1	13,5	1,0
b. Klei-veen-gebieden						
: zomer :	40	27,5	40,0	15,0	17,5	0,0
: winter	38	28,9	31,6	26,3	13,1	0,0
c. Haarlemmermeerpolder:						
: zomer :	39	0,0	0,0	0,0	97,4	2,6
: winter:	38	2,6	13,2	31,6	50,0	2,6

In de Veenderpolder en Frederikspolder zijn in de zomermaanden O_2 -gehalten gemeten van minder dan 1 mg.l^{-1} . Vanaf half juli is in deze polders de aanwezigheid van kroos geconstateerd, waardoor fotosynthese van algen nauwelijks mogelijk is en de opname van luchtzuurstof wordt belemmerd.

Conclusies

1. In het g r o n d w a t e r van de klei-veen-gebieden is het O_2 -gehalte in de meeste gevallen $0,0 \text{ mg.l}^{-1}$. In de zandgebieden was het gehalte op 0,5 m en 2,5 m diepte gemiddeld 2,5 respectievelijk $0,8 \text{ mg.l}^{-1}$.

Doordat het water in vele gevallen druppelsgewijs in de buis loopt, is het met name met de bemonstering van het ondiepe grondwater zeer waarschijnlijk, dat luchtzuurstof in aanraking komt met het grondwater. Een representatief zuurstofmonster is op deze wijze niet te krijgen.

2. Het O_2 -gehalte in het o p p e r v l a k t e w a t e r wordt in de zomermaanden en in mindere mate tijdens de winterperiode sterk beïnvloed door de fotosynthese. Het tijdstip van bemonsteren is bepalend voor de gemeten waarde (fig. 5). Hierdoor worden de verschillen tussen de zandgebieden onderling grotendeels veroorzaakt.

3. In de klei-veen-gebieden, met uitzondering van de onderbemalingen in de Haarlemmermeerpolder, is de verdeling van het O_2 -verz. % in de winter- en zomerperiode nagenoeg gelijk. In de onderbemalingen is de verzadiging in de zomermaanden voor alle waarnemingen > 90 % (tabel 4, fig. 6).
4. In de Frederiks- en Veenderpolder is in de zomermaanden een sterke daling van het O_2 -gehalte geconstateerd. Door de aanwezigheid van kroos is reaeratie praktisch onmogelijk.

4.4. S t i k s t o f

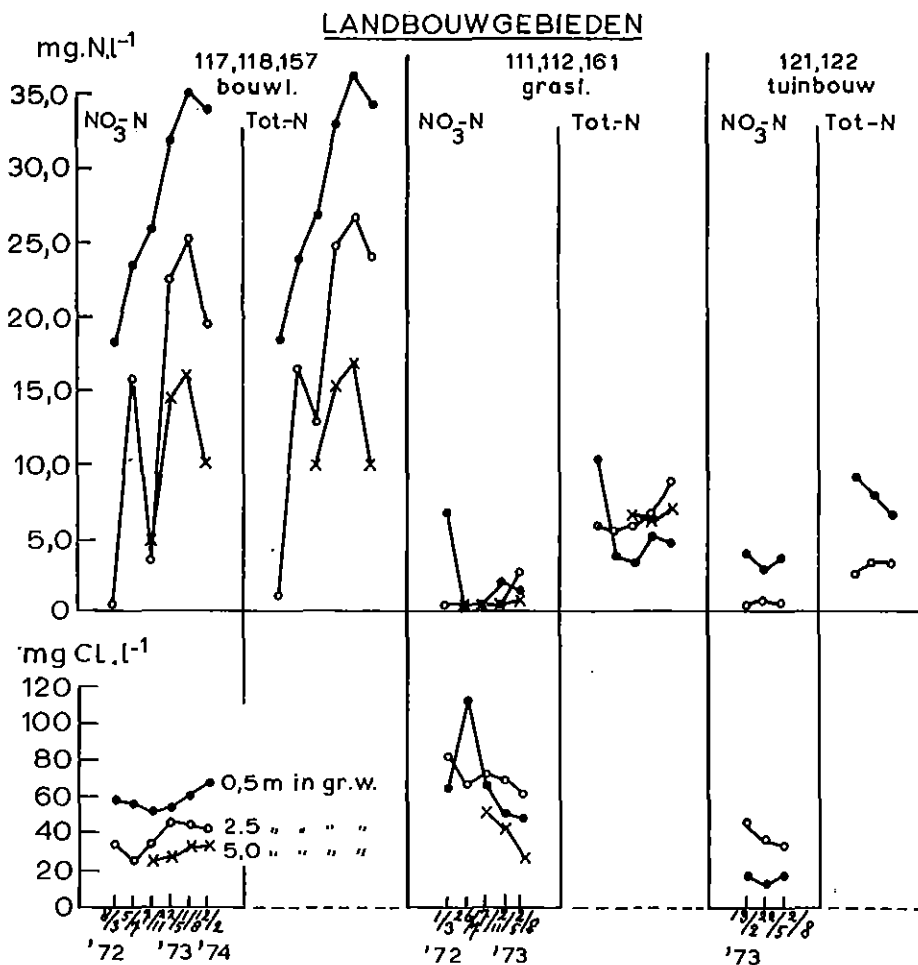
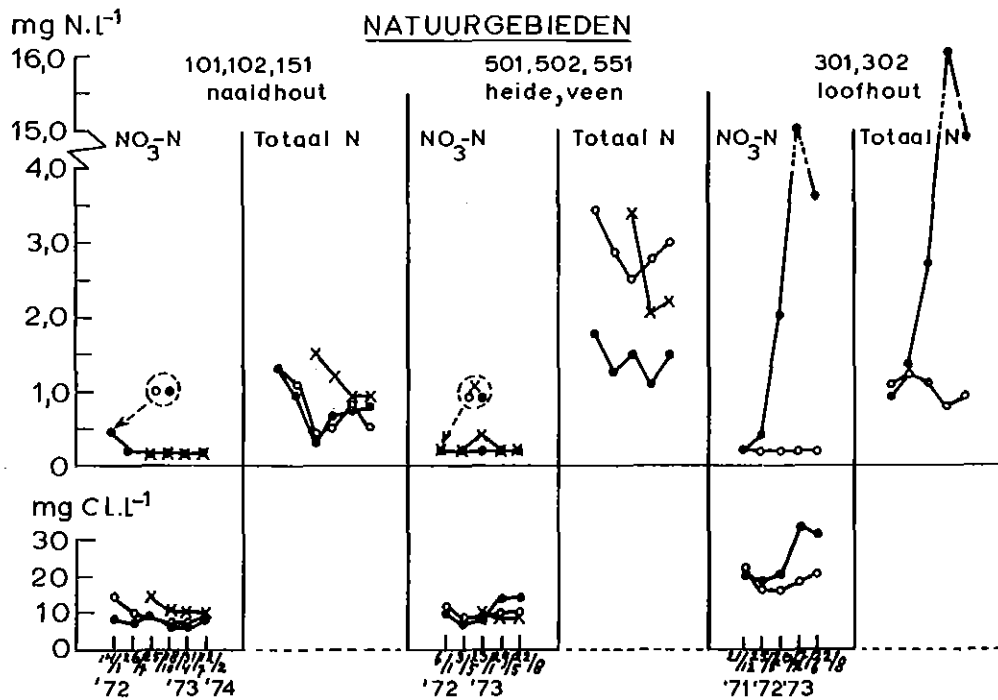
Grondwater

In het grondwater van de n a t u u r g e b i e d e n is nauwelijks sprake van NO_3 -stikstof. Op één plaats, in het natuurgebied van de Oude Leerinkbeek, is op 0,5 m diepte in het grondwater een stijging van het NO_3 -gehalte geconstateerd (fig. 7), hoewel het chloridegehalte niet veranderde. In de overige natuurgebieden is de voedselrijkdom van de bodem bepalend voor de stikstofgehalten in het grondwater. Uit de metingen blijkt, dat bij een bepaald bodemtype de gehalten beneden een bepaalde waarde blijven. De indeling naar bodemtype en bijbehorende tot-N-gehalten ziet er dan als volgt uit:

humusarme zandgronden	< 1,2 mg N/l
oligotrofe venen (heide)	< 3,0 mg N/l
mesotrofe venen (blauwgrasland)	< 5,0 mg N/l

Het stikstofgehalte van het grondwater van l a n d b o u w p e r c e l e n, wordt enerzijds bepaald door de mate van de bemesting en anderzijds door de mogelijkheden van uitspoeling; bij bouwland is deze mogelijkheid groter dan bij grasland, doordat een gedeelte van het jaar meestal geen gewas aanwezig is om voedingsstoffen op te nemen.

In het onderzoek zijn enkele percelen meegenomen, waarvan bekend was, dat hoge drijfmestgiftten worden gegeven. Op één m a i s p e r c e e l werd reeds vanaf 1968 jaarlijks grote hoeveelheden varkensdrijfmest (VDM) toegediend. De eerste 4 jaren was de gift $300 \text{ m}^3/\text{ha}$; de jaren daaropvolgend $150 \text{ m}^3/\text{ha}$. De jaarlijkse stikstofgift bedroeg daarmee, uitgaande van 7 % stikstof per m^3 VDM, 2100 respectievelijk



1050 kg N. Tijdens de onderzoeksperiode is er een stijging van het stikstofgehalte in het grondwater geconstateerd, waarbij de nitraatgehalten op 0,5 m diepte opliepen tot 160 mg.l^{-1} (d.i. $35 \text{ mg.NO}_3\text{-N}$). Op 0,5 m diepte is het gehalte reeds gehalveerd als gevolg van denitrificatie en menging (fig. 7). De verhoogde stikstofuitspoeling op deze percelen wordt volledig veroorzaakt door het NO_3 -ion. Een 'normaal' bemest graslandperceel, dat jaarlijks wordt bemest met $\pm 350 \text{ kg N}$, voornamelijk kunstmest, is het nitraatgehalte gewoonlijk $< 7,5 \text{ mg.N.l}^{-1}$ (fig. 7). Op 'normaal' bemeste percelen en in natuurgebieden bestaat het tot-N-gehalte dan ook grotendeels uit organisch en anorganisch- NH_4 . In het tuinbouwgebied liggen de nitraatgehalten in het bovenste grondwater boven de $2,5 \text{ mg.N.l}^{-1}$, zodat ook hier van enige uitspoeling sprake kan zijn. In het drainwater kunnen de NO_3 -gehalten vele malen hoger liggen. In nota 810 is er reeds op gewezen dat in kastuinbouwgebieden in het Westland nauwelijks enig nitraat in het grondwater is aangetroffen, terwijl de gehalten in het drainwater $8,8 \text{ mg.NO}_3\text{-N.l}^{-1}$ bedroegen.

In de klei-veen-gebieden, waar de sedimenten rijker zijn aan voedingsstoffen dan de zandgebieden, liggen de tot.-stikstofgehalten in het grondwater echter veel hoger (bijlage 2). De gehalten in de onderzoeksperiode oktober 1972-oktober 1973 wijken slechts weinig af van de periode oktober 1971-oktober 1972. In de Woudse Droogmakerij zijn op grasland en in kassen bemonsteringen van het grondwater uitgevoerd. De ondergrond van deze droogmakerij bestaat volgens de bodemkaart voornamelijk uit modderkleien. Op korte afstand kan de samenstelling soms reeds sterk variëren. Een vergelijking tussen de gehalte in het grasland en de kassen is daarom moeilijk, mede doordat de stikstofgehalten bepaald worden door de sterkte van de kwel ter plaatse. In het diepe grondwater (2,5 m onder het gem. grondwaterpeil) is voor org. + anorg. NH_4 incidenteel 50 mg.N.l^{-1} gemeten. In het bovenste grondwater van de kasgebieden is zo nu en dan de aanwezigheid van nitraat geconstateerd. In het graslandperceel is 1 maal de aanwezigheid van nitraat geconstateerd.

Oppervlaktewater

In de onderzochte zandgebieden, worden in het oppervlaktewater van de Deldensche Broeklaak de laagste tot-N gehalten aangetroffen (gem. $1,9 \text{ mg N.l}^{-1}$) met minimum en maximum waarden van respectievelijk $1,0$ en $4,6 \text{ mg.N.l}^{-1}$. In de Oude Leerinkbeek komen de hoogste gehalten voor met als gemiddelde tot-N gehalte $4,8 \text{ mg.l}^{-1}$ en een minimum en maximum van respectievelijk $1,7$ en $13,4 \text{ mg.N/l}^{-1}$. Verschillen in de geohydrologische situatie tussen de Deldensche Broeklaak enerzijds en de Oude Leerinkbeek en Huppelse beek anderzijds, zijn de oorzaak van grote verschillen in het nitraatgehalte. In de laatstgenoemde 2 beken zijn hoge nitraatgehalten gemeten in perioden met een neerslagoverschot, terwijl de concentratie in de eerstgenoemde beek op een laag niveau bleef. De dikte van het zandpakket ter plaatse is bepalend voor de gemiddelde verblijftijd. Een langere verblijftijd betekent zowel een langere periode waarin denitrificatie kan optreden als wel een intensievere menging met diep grondwater. De gemiddelde verblijftijd is voor de Deldensche Broeklaak berekend op 45 jaar, 10 jaar voor de Oude Leerinkbeek en voor het Huppelse beekgebied enkele jaren tot zelfs enkele dagen (STEENVOORDEN, 1976).

Dat het stikstofgehalte in het oppervlaktewater mede wordt bepaald door het bodemgebruik laat tabel 5 zien. Van de natuurgebieden ligt er één in het stroomgebied van de Hooge Laarsleiding (hoogveenheide-gebied) en het andere bij de Diepenloop (naalddhout, oorspronkelijk stuifzandgebied). De hogere stikstofgehalten in het laatste gebied worden veroorzaakt door bladeren en ander organisch 'afval'. De landbouwgebieden 2,4 en 5 kenmerken zich eveneens door een zandondergrond met weinig of geen organische stof. De totale veebezetting is $4,5 \text{ à } 5,0 \text{ g.v.e.ha}^{-1}$. De stikstofgehalten in het natuurgebied van de Hooge Laarsleiding en van de landbouwgebieden verschilt niet veel. De jaarlijkse afvoer per oppervlakte-eenheid zal voor het landbouwgebied hoger liggen. Het tuinbouwgebied ligt bij de Diepenloop. Het bestaat voornamelijk uit kastuinbouw; de kassen zijn hoofdzakelijk gedraineerd. De stikstofuitspoeling in dit gebied is veel groter dan in de landbouwgebieden; enerzijds ligt de bemesting in de tuinbouw hoger, anderzijds is de ontwatering intensiever.

Uit tabel 5 blijkt, dat naarmate het stikstofgehalte toeneemt, het NO_3 -ion procentueel sterker stijgt, omdat dit ion verantwoordelijk is voor de uitspoeling.

Tabel 5. Stikstof- en chloridegehalten in het oppervlaktewater van zandgebieden bij verschillend bodemgebruik en het procentuele aandeel van nitraat in de totaal-stikstofgehalten (oktober 1972 - oktober 1974)

Bodemgebruik	Natuur				Landbouw- gebied 2,4 en 5		Tuin- bouw
	heideloop		bosloop*				
Gehalten	'72/73	'73/74	'72/73	'73/74	'72/73	'73/74	'72/73
NO ₃ -N (mg.N.1 ⁻¹)	0,22 (18%)	0,6 (27%)	1,1 (28%)	2,5 (44%)	0,8 (38%)	1,0 (40%)	7,6 (54%)
NO ₂ -N "	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,02	0,09
NH ₄ -anorg. "	0,36	0,5	1,7	1,9	0,6	0,6	4,1
Kjeld.-N "	1,3	1,6	2,8	3,2	1,3	1,4	6,4
Tot.-N "	1,5	2,2	3,9	5,7	2,1	2,4	14,0
Cl ⁻ (mg.1 ⁻¹)	12	15	13	20	40	39	51

*verontreinigd door bladeren

De Hierdense Beek is afwijkend in stikstofgehalte van de overige beken door het hoge nitraatgehalte ($4,7 \text{ mg N.l}^{-1}$), terwijl het chloridegehalte op hetzelfde niveau ligt ($40 \text{ mg Cl}^-\text{.l}^{-1}$). Het verhoogde nitraatgehalte wordt veroorzaakt door uitspoeling van landbouwgrond en eventuele verontreiniging afkomstig van kalvermesterijen in dit gebied. Een indicatie voor de invloed van de aanwezige mesterijen geeft de Na/K-verhouding. Voor 'schoon' Veluwe-water zijn de Na- en K-gehalten respectievelijk 8 en $<1 \text{ mg.l}^{-1}$, de verhouding is dan ± 8 . Bij toenevende verontreiniging neemt het K-gehalte sneller toe dan het Na-gehalte, waardoor er een daling van de Na/K-verhouding optreedt. Dit kan zowel veroorzaakt worden door uitspoeling als door lozingen. In de Hierdense beek is deze verhouding 1,5 en in de overige onderzochte zandgebieden >4 . De Na/K-verhouding in oppervlaktewater wordt mede beïnvloed door het feit, dat kalvermest relatief rijker aan kali is dan varkensdrijfmest.

In de klei-veen-gebieden komen de gehalten in het oppervlakte-water, vrijwel overeen met de voorgaande onderzoeksperiode. De gemiddelde tot-N gehalten variëren van 2,6 tot 18,2 mg.N.l⁻¹ (bijlage 2).

Conclusies

1. Het stikstofgehalte in het grondwater van de onderzochte natuurgebieden varieert van 0,3 mg.N.l⁻¹ op zandgrond tot ca. 5 mg.N.l⁻¹ op mesotroof laagveen. Nitraat wordt in het grondwater niet of nauwelijks aangetroffen. Bepalend voor het totaal-N gehalte in het grondwater is het organische stofgehalte en de chemische rijkdom van het veen.
2. Op een graslandperceel in het gebied van de Diepenloop met een jaarlijkse kunstmestgift van 300 kg N.ha⁻¹.jr⁻¹ is nauwelijks sprake van nitraatuitspoeling (fig. 7). De stikstof in het grondwater komt daarom voornamelijk voor als ammonium en organische stikstof.
3. Bij een maisperceel op zand met een jaarlijkse bemesting van 150 ton varkensdrijfmest per ha, zijn op 0,5 m diepte in het grondwater gehalten gemeten van 35 mg.l⁻¹ NO₃-N. Tijdens het transport naar 5,0 m diepte neemt het gehalte af tot ca. 16 mg N.l⁻¹ door verdunning en denitrificatie.
4. In de tuinbouwkassen in het gebied van de Diepenloop is het NO₃-gehalte in het grondwater slechts enkele mg.N.l⁻¹.
5. In de klei-veen-gebieden zijn de stikstofgehalten in het grondwater hoger dan in de zandgebieden. De gemeten waarden kunnen oplopen tot 50 mg.N.l⁻¹ door de invloed van eutroof zout kwelwater.
6. In de zandgebieden zal het stikstofgehalte in het grondwater tijdens stroming naar het oppervlaktewater dalen tengevolge van bio-chemische processen. De invloed van deze processen wordt mede bepaald door de doorlatendheid en dikte van de watervoerende laag.
7. Het N-gehalte in het oppervlaktewater van natuurgebieden kan sterk beïnvloed worden door natuurlijke 'verontreiniging', zoals bladafval en dergelijke (tabel 5).

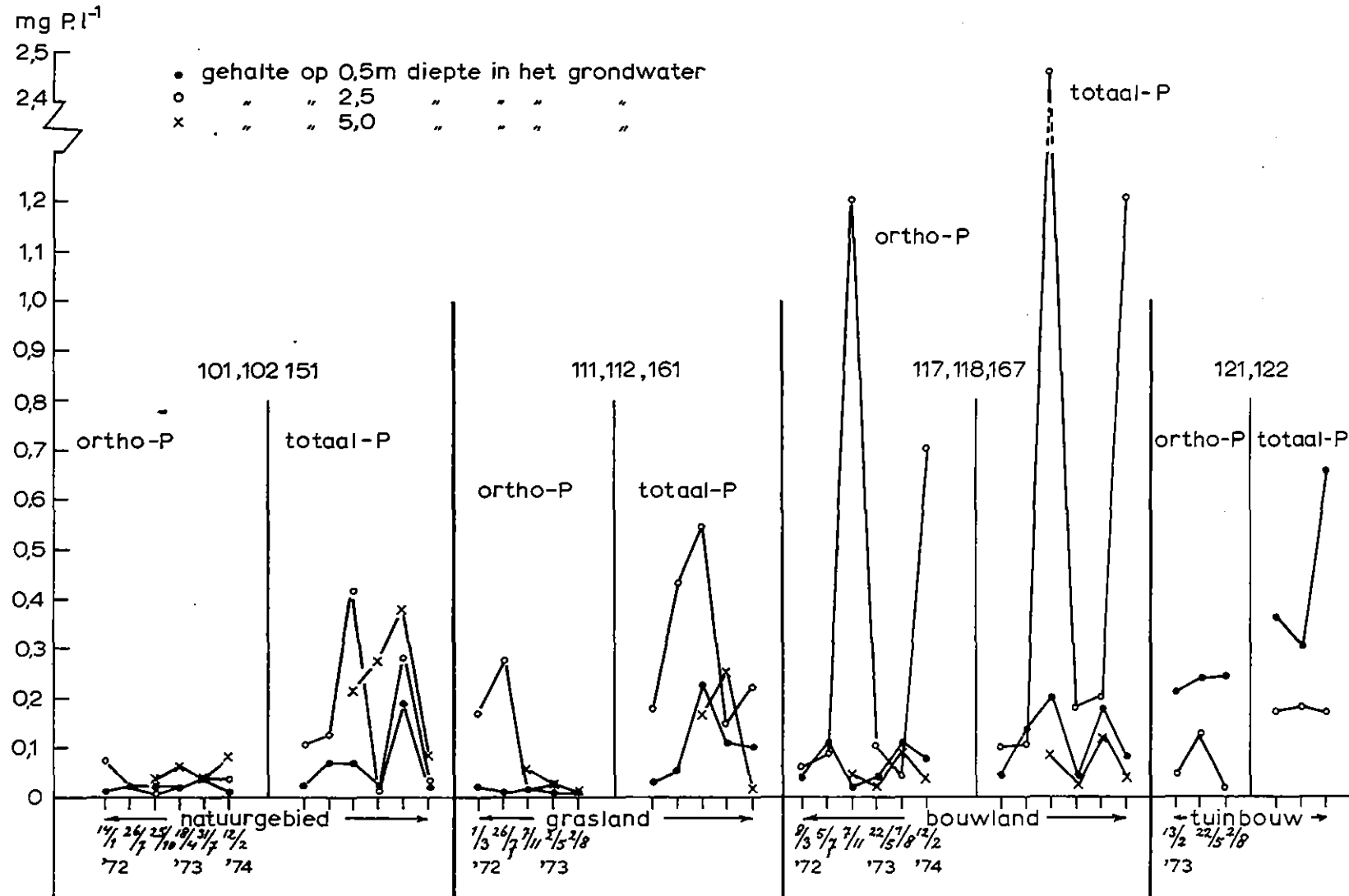
8. Bij grote neerslagintensiteiten kan in zandgebieden met een hoge maatgevende afvoer het nitraatgehalte in het oppervlaktewater het 10-voudige zijn van wat in een droge periode wordt gemeten (tabel 6).

4.5. F o s f a a t

Grondwater

In de natuurgebieden op zand vertonen de fosfaatgehalten op 0,5 m diepte in het grondwater onderling verschillen. De ortho-P- en totaal-P-gehalten zijn respectievelijk $< 0,03$ en $< 0,3$ mg.P.l^{-1} . Het perceel naaldhout in het stroomgebied van de Hooge Laarsleiding springt er tussen uit met een ortho- en tot-P-gehalte van 0,26 respectievelijk 0,70 mg.P.l^{-1} . De landbouwpercelen, die hieraan grenzen vertonen eveneens deze gehalten en zelfs hoger. De agrarische percelen in het gebied van de Diepenloop vertonen lagere gehalten, terwijl in het tuinbouwgebied bij de Diepenloop de gehalten hoger zijn (bijlage 1). In alle gebieden is de tendens aanwezig, dat zowel het ortho-P als het totaal-P toeneemt met de diepte. In nota 810 (pag. 35) is er reeds op gewezen, dat verschillen in fosfaatgehalten samenhangen met verschillen in bodemsamenstelling.

Bij de blauwgraslanden en de aangrenzende landbouwpercelen in de polder Zegveldbroek zijn slechts geringe fosfaatverschillen geconstateerd. Het ortho-P-gehalte ligt bij het natuurgebied op 0,06-0,09 mg.l^{-1} en bij het landbouwperceel een factor 2 hoger, terwijl het totaal-P-gehalte in het natuurgebied hoger ligt (bijlage 2). In de overige klei-veen-gebieden hebben zich in het grondwater op 0,5 m diepte geen duidelijke veranderingen voorgedaan ten opzichte van de bemonsteringen in de periode oktober 1971-oktober 1972. In de Frederikspolder is op 2,5 m diepte een aanzienlijke fosfaatstijging geconstateerd ten opzichte van vorige periode, namelijk van 8,0 naar 20,6 mg.l^{-1} tot-P. In de Woudse Droogmakerij zijn ook in het bovenste grondwater grote veranderingen in de P-gehalten opgetreden, waarvan niet duidelijk is of de oorzaak gelegen is in de bodemsamenstelling of in de kwel.



Van enkele percelen in de zandgebieden met een verschil in bodemgebruik is het verloop van het fosfaatgehalte uitgezet (fig. 8). Uit de figuur blijkt dat de ortho-fosfaatgehalten op 0,5 m diepte in het grondwater van het natuurgebied en graslandgebied 0,01 tot 0,03 mg.P.l⁻¹ bedragen. Het totaal fosfaatgehalte blijft < 0,2 mg.P.l⁻¹. In het grondwater van het bouwlandperceel liggen de gehalten op deze diepte tussen de waarde 0,02 en 0,06 en in het tuinbouwgebied van 0,21 tot 0,24 mg.P.l⁻¹. Het natuurgebied en de agrarische percelen verschillen weinig in organische stofgehalte gezien het KMnO₄-verbruik. De verschillen op de twee diepten zijn zeer gering. Over de totale diepte is het gemiddelde KMnO₄-verbruik voor het natuurgebied, grasland en bouwland perceel 4 respectievelijk 14 en 3 mg.O₂.l⁻¹. In het tuinbouwgebied zijn er echter wel duidelijke verschillen op 0,5 en 2,5 m diepte respectievelijk 31 en 2 mg.O₂.l⁻¹. Mogelijk is er in de bovengrond veen aanwezig. De pH-waarde in het grondwater van het grasland en natuurgebied is over het algemeen < 5,0, bij het tuinbouwgebied iets hoger en bij het bouwlandperceel > 7,0. Uit de analyses van het bodemonderzoek dat verricht is in opdracht van de ruilverkavelingscommissie Astense Aa blijkt, dat de fosfaattoestand voor het grasland goed tot vrij hoog is (P-AL < 51) en voor het bouwland vrij hoog tot hoog (P-AL < 230). Ook de bemesting loopt duidelijk uiteen. De jaarlijkse fosfaatgift op het graslandperceel is ca. 250 kg.P₂O₅, voornamelijk afkomstig uit organische mest. De fosfaatgift op bouwland bedraagt ca. 930 kg.P₂O₅.ha⁻¹, afkomstig van varkensdrijfmest (6,2 gr.P₂O₅ per liter drijfmest); in voorgaande jaren werd zelfs een dubbele hoeveelheid gegeven.

Oppervlaktewater

In de onderzochte natuurgebieden, gelegen in het gebied van de Diepenloop en de Hooge Laarsleiding, zijn de fosfaatgehalten in het oppervlaktewater gemeten tijdens de winterperiode. De ortho-P-gehalten waren < 0,01 mg.l⁻¹ en de gemiddelde totaal-P-gehalten lager dan 0,11 mg.l⁻¹ (N.B. De waarden hebben betrekking op niet-gefiltreerd water). De gemiddelde gehalten in de agrarische gebieden liggen soms op hetzelfde niveau maar meestal

hoger. In de Hierdensche Beek en Diepenloop zijn de gemiddelde gehalten voor ortho-P ca. $0,25 \text{ mg.P.l}^{-1}$ en voor totaal-P ca. $0,52 \text{ mg.P.l}^{-1}$. De hoge gehalten in de Hierdense Beek hangen mogelijk samen met de aanwezigheid van de kalvermesterijen. De gehalten in de Diepenloop kunnen afkomstig zijn van gemineraliseerd bodemslib, invloed voor de tuinbouw en eventuele lozingen. De gehalten in het oppervlaktewater van het tuinbouwgebied liggen ca. 20 % hoger dan in de Diepenloop. In de overige zandgebieden zijn de gemiddelde gehalten lager dan $0,12 \text{ mg.l}^{-1}$ ortho-P en $0,25 \text{ mg.l}^{-1}$ totaal-P, terwijl de laagste gehalten overeenkomen met wat gemeten is in de natuurgebieden. Hoge waarden zijn gemeten in het winterseizoen 1973/'74. Deze periode was in het algemeen aan de natte kant (396 mm neerslag tegen 344 mm normaal). De voorafgaande zomerperiode was te droog (122 mm tegen 159 mm normaal). In regenrijke perioden wordt bij gronden met een hoge grondwaterstand en een slechte verticale doorlatendheid, de afvoer van overtollige neerslag via de ondergrond belemmerd. Zodra plasvorming optreedt op de percelen zal een gedeelte van de neerslag naar de lager gelegen gedeeltes van het perceel afstromen en eventueel afgevoerd worden naar het open water. Tijdens het transport zullen bodemdeeltjes en meststoffen meegevoerd worden. Anderzijds zullen greppels en sloten 'schoongespoeld' worden, waardoor tijdelijk een verrijking plaats vindt met fosfaat, stikstof, organische stof en kali. In gebieden als de Hupselse beek en Oude Leerinkbeek kunnen om deze reden met name de fosfaatgehalten sterk toenemen. In de voornoemde winterperiode zijn zowel de gemeten ortho-P als totaal-P-gehalten in deze beken incidenteel het 10-voudige van de waarden in de voorafgaande droge maanden (tabel 6). Ook in de andere gebieden is een verhoging geconstateerd. In het gebied van de Deldensche Broeklaak, waar de ontwatering goed is en de ondergrond uit grofzandig materiaal bestaat, zal oppervlakte-afvoer niet of nauwelijks voorkomen. De over het algemeen lage P-concentraties en de geringe verschillen (tabel 6) lijken dit vermoeden te bevestigen.

In de k l e i - v e e n - g e b i e d e n variëren de gemiddelde fosfaatgehalten in het oppervlaktewater van $0,19$ tot $1,6 \text{ mg.l}^{-1}$ ortho-P en $0,42$ tot $2,1 \text{ mg.l}^{-1}$ totaal P. De gemiddelde gehalten in de

Tabel 6. Fosfaat-, stikstof-, kalium- en organische stofgehalten (mg.l^{-1}) in het oppervlaktewater van enkele zandgebieden tijdens de zomerperiode (aug./sept. '73) en tijdens de natte winterperiode (okt. '73-febr. '74) met maximum waarden

Geb. nr.	Gebied:	Ortho-P (niet gefiltreerd)		Totaal-P (niet gefiltreerd)		NO ₃ -N		Kalium		BOD ₅		COD		Kjeld-N (niet gefiltreerd)	
		droog	nat (max)	droog	nat (max)	droog	nat (max)	droog	nat (max)	droog	nat (max)	droog	nat (max)	droog	nat (max)
1	Diepenloop	0,10	0,36 (0,72)	0,20	0,61 (1,14)	0,3	3,5 (7,9)	7	11 (17)	3	6 (10)	27	59 (85)	1,7	3,8 (5,0)
2	Raalsterwetering	0,04	0,14 (0,23)	0,20	0,18 (0,28)	0,7	1,0 (1,4)	8	6 (8)	1	2 (4)	14	27 (43)	2,4	1,4 (1,8)
3	Oude Leerinkbeek	0,05	0,14 (0,46)	0,10	0,28 (0,85)	0,2	5,9 (10,8)	4	9 (10)	4	2,5 (5)	11	34 (45)	2,2	1,7 (2,5)
4	Deldensche Broeklaak	0,03	0,05 (0,08)	0,11	0,08 (0,16)	0,2	0,8 (1,4)	7	4 (5)	1,5	2,5 (3)	16	16 (19)	0,9	1,2 (1,8)
5	Hooge Laarsleiding	0,04	0,26 (0,49)	0,15	0,36 (0,69)	0,2	3,2 (5,9)	3	8 (14)	5	2,5 (4)	53	51 (65)	1,3	1,9 (3,4)
6	Hierdense Beek	-	0,29 (0,39)	-	0,37 (0,49)	-	5,6 (7,0)	-	15 (17)	-	2,5 (5)	-	27 (33)	-	3,2 (4,3)

Woudse Droogmakerij, Veenderpolder en Haarlemmermeerpolder komen goed overeen met de voorgaande onderzoeksperiode 1971/'72. In de Frederikspolder liggen de gehalten $\pm 25\%$ lager.

In de Haarlemmermeerpolders zijn bij 2 van de 3 onderbemalingen hoge fosfaatgehalten gemeten op 10-7-1973. De ortho- en totaal fosfaatgehalten bedroegen respectievelijk 1,3 en 1,8 mg P.l⁻¹. Ook na deze datum bleven de gehalten hoog. Ook in de Veender- en Frederikspolder traden vanaf dit tijdstip hogere fosfaatgehalten op. In deze polders waren de gehalten van ortho- en totaal-P op 10/7 ca. 1,2 respectievelijk 2,0 mg.P.l⁻¹. De toevoer van kwelwater met hoge fosfaatgehalten kan hiervan de oorzaak zijn. Reeds is vermeld dat het fosfaatgehalte op 2,5 m diepte in het grondwater enkele tientallen mg.P per liter kan bedragen als gevolg van de invloed van zout kwelwater.

Conclusies

1. In de natuur-zandgebieden zijn de fosfaatgehalten in het grondwater op 0,5 m diepte over het algemeen lager dan 0,03 mg.ortho-P en 0,2 mg.tot-P.l⁻¹. De gehalten in de landbouwgebieden kunnen incidenteel hoger zijn onder invloed van de bodemsamenstelling.
2. Bij het mesotroof-laagveengebied in de Polder Zegvelderbroek heeft een peilverlaging van 30 cm en agrarisch bodemgebruik, geen duidelijke invloed op de fosfaatgehalten van het ondiepe grondwater. Ook op een grasland en een bouwlandperceel in de Peel met een jaarlijkse bemesting van 250 kg.P₂O₅.ha⁻¹ respectievelijk 150 m³ VDM.ha⁻¹ (d.i. 930 kg.P₂O₅) is geen stijging van het fosfaatgehalte aanwezig.
3. In het oppervlaktewater van de natuurgebieden is ortho-fosfaat niet aantoonbaar aanwezig en het tot-P gehalte lager dan 0,11 mg.P.l⁻¹.
4. De Hierdense beek, die verontreinigd wordt door agrarische afvalwaterlozingen, vertoont gemiddelde fosfaatgehalten van 0,31 mg.l⁻¹. ortho-P en 0,55 mg.l⁻¹.tot-P. Ook in de Diepenloop waar veel intensieve veehouderij voorkomt, worden deze waarden incidenteel gemeten. In de overige zandgebieden liggen de gehalten meer dan de helft lager.

5. Hoge neerslagintensiteiten kunnen in gebieden met een hoge grondwaterstand en slecht doorlatende ondergrond tijdelijk aanleiding geven tot oppervlakkige afvoer en schoonspoelen van bijvoorbeeld greppels en leidingen. In de Hupselse beek en Oude Leerinkbeek zijn om deze reden fosfaatgehalten gemeten die het tienvoudige zijn van wat in de droge periode werd gemeten (tabel 8).
6. In het g r o n d w a t e r van de k l e i - v e e n - g e b i e d e n zijn de fosfaatgehalten ten opzichte van de voorgaande onderzoeksperiode niet veranderd.
7. De gemiddelde fosfaatgehalten in het o p p e r v l a k t e w a t e r van de klei-veen-gebieden in West-Nederland verschilt weinig van de voorgaande onderzoeksperiode. In enkele gebieden zijn echter vanaf half juli verhoogde fosfaatgehalten gemeten tot $2,0 \text{ mg.P.l}^{-1}$. Waarschijnlijk als gevolg van de toevoer van fosfaatrijk kwelwater (20 mg.P.l^{-1}).

4.6. O v e r i g e a n a l y s e s

Het fysisch-chemisch onderzoek is niet beperkt tot het gehalte aan organisch materiaal, zuurstofgehalte, temperatuur, stikstofverbindingen en fosfaatverbindingen. Ook de anionen (HCO_3 , Cl, SO_4 , S_iO_2) en kationen (Ca, Mg, Na, K) van de in het water opgeloste zouten zijn bepaald, evenals het geleidingsvermogen, pH, Mn- en tot-Fe-gehalte. De analyseresultaten van voornoemde bepalingen staan vermeld in bijlagen 1, 2 en 3. Bespreking van de resultaten is achterwege gelaten, aangezien er nauwelijks verschillen zijn met de resultaten van het 1e onderzoeksjaar, zoals beschreven in nota 810.

5. SAMENVATTING

In dit hoofdstuk zal een overzicht worden gegeven van de invloed van de verschillende factoren op de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater, in het bijzonder op het gehalte aan organisch materiaal (BOD_5 , COD, $KMnO_4$ -verbr.), de zuurstofhuishouding (temperatuur, O_2 -gehalte, O_2 -verzadiging), stikstof- (NO_3 , NO_2 , NH_4 , Kjeldahl-N) en fosfaatverbindingen (ortho- en totaal-P). De analyseresultaten van voornoemde bepalingen worden besproken in de verschillende paragrafen van hoofdstuk 5 (Resultaten en conclusies). Een uitgebreide vermelding is gegeven in bijlagen 1, 2 en 3. Van de overige verbindingen (Ca, Mg, Na, K, SO_4 , Cl, SiO_2 , pH, Mn, tot.-Fe en geleidingsvermogen) worden slechts de analyseresultaten vermeld in de bijlagen 1, 2 en 3. De resultaten houden verband met de periode oktober 1972-oktober 1974.

Het g r o n d w a t e r o n d e r z o e k is uitgevoerd op 0,5 m, 2,5 m en incidenteel op 5,0 m diepte onder het gemiddelde grondwaterpeil. De bemonsteringen hebben plaats gevonden in het najaar van 1972, in 1973 en incidenteel een bemonstering in de wintermaanden van 1974. Het o p p e r v l a k t e w a t e r is 1 x in de 4 weken bemonsterd. Van de onderzochte gebieden zijn er 6 gelegen op het pleistocene zand. Eén zandgebied ligt op de Veluwe, één in de Peel en vier in het oosten van het land. De overige vijf gebieden zijn gelegen in Midden-West-Nederland, waarvan de bodem voor een belangrijk deel bestaat uit klei en veen. Een volledige beschrijving van de gebieden is gegeven in nota 810 onder het hoofdstuk 'gebiedsbeschrijving'. De resultaten in de periode oktober 1971-oktober 1972 staan eveneens in voornoemde nota vermeld.

Invloed bodemsamenstelling en bodemgebruik

Beïnvloeding van de kwaliteit van het oppervlaktewater vindt voornamelijk plaats via het toegevoerde grondwater. Van sommige verbindingen verandert tijdens het grondwatertransport de concentratie als gevolg van micro-biologische en chemische processen. De correlatie tussen het organische materiaal ($KMnO_4$ -verbruik) in het grond- en oppervlaktewater is over het algemeen goed ($r = 0,93$), indien rekening

wordt gehouden met de verticale stromingsresultante. Overigens kan het oppervlaktewater sterk beïnvloed worden door externe factoren, zoals huishoudelijke en agrarische afvalwaterlozingen, door de kwaliteit van ingelaten water en de aanwezigheid van natuurlijk afval. In dekzandgebieden is de zuurstofbehoefte van de biologisch afbreekbare organische stof gedurende de gehele onderzoeksperiode gering. Een toename van de organische stof in de bodem laat een duidelijke toename van de zuurstofbehoefte zien (pag.15).

Het organische stofgehalte in de bodem beïnvloedt niet alleen het gehalte aan organisch materiaal maar ook de stikstof- en fosfaatgehalten van het grondwater. Zo blijkt dat in de natuurgebieden de stikstofverschillen groot zijn. In het dekzandgebied is het gehalte $< 1,5 \text{ mg.N.l}^{-1}$ terwijl in het mesotroof veen het gehalte ca. 5 mg.N.l^{-1} is (pag. 24). In veengronden, ontstaan in eutroof brakke milieus (Frederikspolder), kunnen de gehalten oplopen tot 50 mg.N.l^{-1} . De stikstof is in alle voornoemde gevallen aanwezig als organisch en anorganisch NH_4 . De fosfaatgehalten in natuur en landbouwgebieden op minerale gronden ligt op eenzelfde niveau, waarbij het tot.-P-gehalte meestal $< 1 \text{ mg.P.l}^{-1}$ is. Bij het ortho-P-gehalten kunnen verschillen veroorzaakt worden door pH-invloeden. De oplosbaarheid van fosfaat-zouten is hiervan sterk afhankelijk. In het pH-traject 6 tot 7 kan men een hogere uitspoeling verwachten (OOSTEROM,1974). In sedimenten, afgezet in eutroof brakke milieus en daarom rijk aan voedingsstoffen, kan het totaal P-gehalte waarden hebben van 20 mg.P.l^{-1} .

De pH en organische stofgehalte van boven- en ondergrond in landbouwgebieden spelen indirect een rol bij de NO_3 -uitspoeling. Een stijging van de pH in de bovengrond bevordert het mineralisatieproces, waardoor de voorraad minerale N toeneemt. Het organische stofgehalte in de ondergrond bepaalt de mate waarin denitrificatie van uitgespoeld nitraat op kan treden.

Invloed bodemgebruik

Als indicatie voor landbouwkundig gebruik kan het chloridegehalte worden gebruikt. In natuurgebieden wordt alleen chloride aangevoerd via de neerslag. In landbouwgebieden wordt tevens chloride aangevoerd

met organische mest, chloorhoudende K-meststoffen en landbouwsout. Omdat de aanwending en samenstelling per bedrijf sterk kunnen variëren is niet altijd een duidelijk verband aanwezig tussen de bemestingsactiviteiten en de gevonden waarden (nota 810). Van enkele percelen waarvan de bemesting en het bodemgebruik bekend is, blijkt dat het stikstofgehalte op ca. 0,5 m beneden het grondwaterniveau aanzienlijk kan toenemen, als gevolg van nitraatuitspoeling. Met name een bouwlandperceel, waar enkele jaren $300 \text{ m}^3 \text{ V.D.M.}$ per jaar (d.i. 2100 kg totaal-N) opgereden werd, is in de loop der jaren het nitraatgehalte opgelopen tot 35 mg.N.l^{-1} . Door denitrificatie en menging wordt het gehalte tijdens percolatie sterk gereduceerd. Op een graslandperceel met een jaarlijkse bemesting van 350 kg N , voornamelijk kunstmest is het gehalte aan nitraat gewoonlijk minder dan 7 mg.N.l^{-1} (fig. 3). Factoren als bodemtype, grondwaterstand, tijdstip van stikstof aanwending en weersinvloeden zijn indirect betrokken bij de NO_3 -uitspoeling (nota in voorbereiding). Bij de fosfaatgehalten speelt de bodemsamenstelling een belangrijke rol, zoals reeds besproken in het voorgaande. Indirect kan de landbouw door pH verhoging de oplosbaarheid van fosfaat verhogen.

Beïnvloeding van het oppervlaktewater vindt grotendeels plaats via het toegevoerde grondwater. Zouten, die in het grondwater zijn aangetroffen, worden in het oppervlaktewater in dezelfde grootte orde teruggevonden (nota 810). Verontreiniging van het oppervlaktewater kan optreden door natuurlijk 'afval'. In een bosloop zijn de organische stofgehalten het 4 à 5 voudige van de gehalten in het grondwater. Ook het stikstofgehalte ligt enkele malen hoger dan in het grondwater (bijlage 3 en tabel 5). De fosfaatgehalten in het oppervlaktewater zijn echter niet afwijkend (tabel 1). Verontreiniging op een andere wijze dan genoemd, moet worden uitgesloten. In landbouwgebieden met als bodemgebruik grasland en bouwland zal nitraat tijdens het grondwatertransport gereduceerd kunnen worden. Om deze reden zal het N-gehalte in het oppervlaktewater lager zijn dan in het bovenste grondwater. In gebieden met een humusarme ondergrond (gebied 2, 4 en 5) is het gemiddelde tot-N-gehalte ca. 2 mg.l^{-1} . Een verhoogd N-gehalte, zoals in de bovenloop van de Diepenloop ($8,5 \text{ mg.N.l}^{-1}$) en de Hierdense Beek ($7,6 \text{ mg.N.l}^{-1}$), kan veroorzaakt

worden door de invloed van meststoffen. Een indicatie hiervoor is de Na/K-verhouding. Voor de Hierdense Beek is deze verhouding 1,5 en in de bovenloop van Diepenloop 1,7. In de overige onderzochte zandgebieden is deze > 4. In de Diepenloop is het aantal lozingen sedert 1971 sterk teruggelopen, waardoor het tot-N-gehalte gedaald is van 14,1 naar 8,5 mg.N.l⁻¹. In de Hierdense Beek bestaat het N-gehalte voor 60 % uit NO₃. Hier is reeds duidelijk sprake van een zuiverende werking. In het bovenste deel van de Diepenloop bestaat het stikstofgehalte echter voor 77 % uit Kjeld-N, hetgeen betekent dat de verontreinigingen van vrij recente datum zijn. De invloed van agrarische afvalwaterlozingen is het grootst op het ortho-P-gehalte. Aangezien ortho-P op een zand- of kleibodem niet uitspoelt, zullen verhoogde concentraties in het oppervlaktewater hoofdzakelijk door lozingen, schoonspoelen van greppels en dergelijke veroorzaakt worden. Een verhoogd nitraatgehalte kan mede veroorzaakt worden door drainafvoeren. De verblijftijd van het drainwater is in de meeste gevallen aanzienlijk kleiner dan van het toestromende diepe grondwater. In de kastuinbouw betekent drainage een duidelijke verrijking met nitraat van het oppervlaktewater (tabel 5). Ook is dit in de Woudse Droogmakerij geconstateerd, waar de N-bijdrage van de glastuinbouw 45 % bedroeg (STEENVOORDEN en TOUSSAINT, 1974).

Ook kan de waterkwaliteit sterk worden beïnvloed door oppervlaktewater dat in de gebieden gebruikt wordt om watertekorten aan te vullen. Tijdens de onderzoeksperiode is water ingelaten in het gebied van de Raalterwetering en Diepenloop (tabel 1), Frederikspolder, Veenderpolder en Woudse Droogmakerij. De laatstgenoemde gebieden laten ook water binnen voor verversing van het leidingstelsel. Van de 2 genoemde beken blijkt, dat de gemeten gehalten in het afgevoerde water bij sommige verbindingen sterk afwijken van de concentraties die berekend kunnen worden op basis van de mengverhouding tussen ingelaten water en in het gebied tot afstroming komend grondwater. Met name geldt dit voor het gehalte aan organisch materiaal, de stikstof- en fosfaatverbindingen en het tot-Fe-gehalte. De overige ionen ondergaan niet veel verandering. De verwijdering van het organisch materiaal (door afbraak en bezinking) kan tijdens het leidingtransport bij hoge concentratie in het binnengelaten water wel 60 % bedragen. De stikstof-

verwijdering zal voornamelijk geschieden door de biologische activiteit van algen en bacteriën. Op deze wijze verdwijnt ca. 50 % uit de Diepenloop, terwijl in de Raalterwetering nauwelijks sprake is van afname, maar van een omzetting van nitraat in org. en anorg. NH_4 . De fosfaatverwijdering bedroeg ca. 50 %. De afname bij hoge P-concentraties bedroeg zelfs 80 %. De daling van het Fe-gehalte bedroeg 40-75 %.

Invloed neerslag

Bij natuurterreinen, waar door de eeuwen heen uitspoeling van voedingsstoffen heeft plaatsgevonden, zullen de concentraties in het regenwater maatgevend zijn voor de zoutgehalten in grond- en oppervlaktewater. Ook voor stikstof zal een evenwicht ontstaan tussen de aanvoeropname en uitspoeling in de bodem. In gebieden met een slecht doorlatende ondergrond zal de verticale doorlatendheid de grondwaterstroming sterk belemmeren. Gevolg hiervan zal zijn dat de grondwaterpiegel in natte perioden tot in het maaiveld komt, plasvorming ontstaat en het water zal oppervlakkig afstromen naar het open water. In natte perioden kunnen ook greppels en sloten, gelegen bij bebouwingen, schoongespoeld worden, waardoor de kwaliteit van het oppervlaktewater eveneens ongunstig wordt beïnvloed. Het gebied van de Hupselsebeek en Leerinkbeek bestaat op geringe diepte uit tertiaire klei. In natte perioden is een duidelijke toename geconstateerd van het fosfaat-, stikstof- en kaligehalte en het gehalte aan organisch materiaal (tabel 6). Afhankelijk van hydrologische omstandigheden zal het effect voor elk gebied verschillend zijn.

Invloed zuurstofhuishouding

De zuurstofhuishouding in bodem en water is bepalend voor het biologische leven en voor chemische processen, zoals oxydatie of reductie van stikstof-, ijzer-, mangaan- en zwavelverbindingen (nota 810).

Daling van de NO_3 -concentraties in het grondwater, kan soms worden veroorzaakt door denitrificatie. De omstandigheden voor denitrificatie zijn in het grondwater in de meeste gevallen gunstig. Een voorwaarde is een tekort aan zuurstof. Daarnaast zijn indirect

het organische stofgehalte en granulaire samenstelling van de bodem bepalend voor de mate van reductie.

In het grondwater van de polders van Midden-West-Nederland komt de stikstof vrijwel alleen voor als ammonium (org. en anorg.). Door de zuurstofloosheid van het kwelwater, is oxydatie onmogelijk (bijlage 2).

Voor gezond oppervlaktewater is een goede zuurstofhuishouding een voorwaarde. Uit de analyses blijkt, dat in volgorde van bemonstering op één dag de analyses een toename van het O_2 -gehalte te zien geven (fig. 5). De fotosynthese kan vooral in de zomermaanden aanzienlijk zijn (fig. 6). In de graslandpolders zijn vanaf half juli de gemeten O_2 -gehalten van het open water $< 1 \text{ mg.l}^{-1}$. Door de aanwezigheid van kroos wordt de O_2 -huishouding negatief beïnvloed.

Invloed hydrologie

De geo-hydrologische situatie in de gebieden is van grote invloed op het stromingspatroon van het grondwater in de bodem. Bij een neerslagoverschot is de dikte van het watervoerende pakket bepalend voor de gemiddelde verblijftijd. Een langere verblijftijd betekent een langere periode waardoor denitrificatie kan optreden en de menging van het diepe grondwater intensiever is. In de Deldensche Broeklaak, waar de verblijftijd op ca. 45 jaar is berekend, zijn de NO_3 -gehalten laag en vrij constant. In de Oude Leerinkbeek en Hupselse Beek is de verblijftijd enkele jaren tot enkele dagen; de NO_3 -gehalten liggen hoger en het verloop is grillig (STEENVOORDEN, 1974).

De waterkwaliteit in sommige gebieden van Midden-West-Nederland wordt in belangrijke mate beïnvloed door de toevoer van fossiel zout grondwater met hoge fosfaat- en ammoniumgehalten (bijlage 2, nota 810 en WERKGROEP MIDDEN-WEST-NEDERLAND, 1976).

LITERATUUR

- BON, J., 1974. Grondwaterstroming in het gebied van de Astense Aa.
Nota 800 - ICW, Wageningen.
- HANDBOOK OF CHEMISTRY AND PHYSICS, 1953. 35th edition, pag. 1942.
Chemical Rubber Publishing.
- KOLENBRANDER, G.J. en T.A. VAN DIJK, 1972. Eutrofiëring van oppervlaktewater door de landbouw in het stroomgebied van de Hupselse beek. Rapport I.B., Haren.
- OOSTEROM, H.P., 1974. Waterkwaliteit en kwaliteitsparameters.
Nota 791 - ICW, Wageningen.
- STEENVOORDEN, J.H.A.M., 1976. Nitrogen, phosphate and biocides in groundwater as influenced by soil factors and agriculture.
T.N.O. bulletin No. 21, Den Haag. Technical Bulletin 97, ICW.
- en C.G. TOUSSAINT, 1974. Stikstof, fosfaat- en chloridebalans van enkele polders in Midden-West-Nederland. Nota 793 - ICW, Wageningen.
- WERKGROEP MIDDEN-WEST-NEDERLAND, 1976. Hydrologie en waterkwaliteit van Midden-West-Nederland. ICW - Wageningen. Regionale studies nr 9.

Bijl. 1. Gehalten (mg.l^{-1}) in het grond- en oppervlaktewater van enkele zandgebieden met een verschil in bodemgebruik (oktober 1972 - oktober 1973)

Stroomgebied:	DIEPENLOOP												RAALTERWETERING		OUDE LEERINKREEK		DELDENSCHE BROEKLAAK		HOOGHE LAARSLEIDING											
Bodemgebruik:	natuurgebied (naaldbout)				tuinbouwgebied				landbouwgebied				landbouw		landbouw	natuurgebied (loofhout)	landbouw	natuurgebied (heide)				(naaldbout)		landbouw						
Soort water	oppervl. water	grondwater			oppervl. water	grondwater			oppervl. water	inge-laten water	grondwater			oppervl. water	inge-laten water	oppervl. water	oppervl. water	grondwater			grondwater	oppervl. water	grondwater			oppervl. water	grondwater			
		0,5 m	2,5 m	5,0 m		0,5 m	2,5 m				0,5 m	2,5 m	5,0 m					0,5 m	2,5 m	5,0 m		0,5 m	2,5 m			0,5 m	2,5 m	0,5 m	2,5 m	0,5 m
Bepaling:																														
BOD ₅ ²⁰ (mg.O ₂ .l ⁻¹)	3	-	-	-	7	-	-	6	3	-	-	-	-	3	10	2	-	-	2	5	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
COD (")	51	-	-	-	71	-	-	56	19	-	-	-	-	18	39	17	-	-	13	41	-	-	-	-	-	35	-	-	-	-
KMnO ₄ (")	19	5	4	3	26	20	3	21	4	16	20	23	6	8	6	4	4	4	18	9	15	22	8	10	12	30	16	22		
NO ₃ (mg.N.l ⁻¹)	1,1	< 0,22	< 0,22	< 0,22	7,6	3,2	0,29	1,1	2,0	2,1	0,51	0,37	0,68	1,2	2,9	6,9	< 0,22	0,79	< 0,22	< 0,22	< 0,22	< 0,22	< 0,22	< 0,22	0,90	1,4	0,31	0,2		
NO ₂ (")	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,09	< 0,01	< 0,01	0,04	0,15	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	0,12	0,11	0,26	< 0,01	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	0,02	0,04	0,0		
NH ₄ (ongef.) (")	1,7	0,20	0,20	0,70	4,1	2,6	2,8	2,1	0,33	2,7	4,7	5,3	0,61	1,2	1,0	0,26	0,43	0,47	0,36	0,65	2,3	1,5	0,91	1,4	0,65	4,5	2,8	2,1		
Kjeldahl-N (")	2,8	0,35	0,39	0,99	6,4	3,8	3,7	3,3	0,97	3,6	5,6	6,8	1,4	2,1	1,8	0,63	0,75	1,0	1,3	1,3	2,7	2,4	1,2	2,0	1,6	6,0	4,2	3,3		
Tot-N (")	3,9	0,58	0,62	1,2	14,0	7,0	4,0	4,4	3,1	5,7	6,1	7,2	2,1	3,4	4,8	7,9	0,98	1,9	1,5	1,5	3,0	2,6	1,4	2,2	2,5	7,4	4,6	3,5		
Ortho-P (ongef.) (mg.P.l ⁻¹)	< 0,01	-	-	-	0,24	-	-	0,17	0,74	-	-	-	0,05	0,05	0,08	-	-	0,04	< 0,01	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	
Tot-P (")	0,07	-	-	-	0,63	-	-	0,41	0,88	-	-	-	0,13	0,24	0,23	-	-	0,09	0,11	-	-	-	-	-	0,12	-	-	-	-	
Ortho-P (gef.) (")	< 0,01	0,02	0,02	0,04	0,19	0,31	0,43	0,13	0,73	0,03	0,07	0,16	0,03	0,04	0,04	0,02	0,08	0,02	< 0,01	0,03	0,09	0,24	0,26	0,09	0,04	0,45	0,42	0,8		
Tot-P (")	0,03	0,09	0,17	0,29	0,59	0,64	0,52	0,27	0,79	0,26	0,40	0,42	0,09	0,10	0,10	0,06	0,35	0,05	0,04	0,13	0,24	0,33	0,70	0,45	0,10	0,66	0,59	1,0		
Ca (mg.l ⁻¹)	7	4	5	4	44	31	23	34	89	35	26	24	93	86	87	75	98	101	12	12	36	40	7	11	61	41	57	53		
Mg (")	5	3	5	3	8	7	18	4	9	14	10	12	5	8	7	4	5	6	4	9	6	9	3	4	5	10	8	6		
Na (")	7	4	5	7	25	22	34	22	67	24	26	27	32	108	25	13	9	17	7	8	6	6	8	8	15	19	18	9		
K (")	5	2	2	2	24	31	8	8	7	10	5	9	4	10	6	1	1	4	2	1	1	1	2	2	5	16	10	10		
HCO ₃ (")	0	1	7	4	50	25	16	47	184	4	11	27	239	148	189	52	130	264	2	5	91	120	11	27	144	66	118	184		
SO ₄ (")	50	24	39	50	99	125	126	61	103	144	102	97	45	89	78	116	146	51	46	62	53	17	36	31	44	108	80	29		
Cl (")	13	8	8	11	51	32	45	39	106	53	69	49	57	193	42	24	18	32	12	12	9	9	11	12	29	36	39	21		
Tot-Fe (")	0,81	0,52	3,6	16,4	4,3	10,3	24,1	2,9	0,13	14,3	22,6	18,3	1,2	0,97	2,2	1,0	1,4	1,2	1,1	4,6	3,9	4,4	3,6	4,8	2,0	6,2	6,5	5,1		
Mn (")	-	0,07	0,11	0,05	-	0,37	0,46	-	-	0,28	0,24	0,21	-	-	-	0,24	0,46	-	-	0,04	0,29	0,13	0,03	0,10	-	0,46	0,48	0,3		
O ₂ -gehalte (")	7,3	3,6	0,1	0,4	8,1	1,6	0,0	8,0	12,1	2,5	0,6	0,4	6,5	7,2	9,7	2,4	0,4	8,7	9,9	2,7	0,4	0,5	2,4	2,1	8,4	1,0	0,6	1,4		
Temperatuur (°C)	8,6				11,6			11,4	21,0				10,9	20,5	11,5			12,1	6,5						11,3					
O ₂ -verzadiging (Z)	62,5	-	-	-	80,8	-	-	73,5	137,0	-	-	-	57,9	81,0	87,9			81,1	86,1						78,0					
Geleidingsvermogen (µmho.cm ⁻¹ bij 20°C)	229	85	97	137	482	416	453	323	730	474	456	394	579	924	553	420	489	543	151	184	234	217	117	135	380	414	427	358		
Totale hardheid (°Dh)	2,6	1,2	2,0	1,4	8,0	6,1	7,5	5,6	14,4	7,9	6,2	5,0	14,2	13,9	13,7	11,3	14,8	15,5	2,7	3,8	6,4	6,2	5,0	4,7	9,8	7,6	10,4	9,9		
Bi-carbonaathardh. (°Dh)	0	0	0,3	0,2	1,5	1,1	0,7	2,0	8,4	0,2	0,5	1,3	10,9	6,8	8,7	2,4	6,0	12,1	0,4	1,9	4,1	5,5	0,5	1,2	6,6	3,9	5,4	8,0		
Zuurgraad (pH)	4,0	4,3	5,0	4,6	6,2	5,5	5,3	6,3	8,1	4,4	5,0	5,4	7,5	8,1	7,5	6,6	7,4	7,7	4,3	4,7	6,6	7,3	5,0	5,6	7,4	6,0	6,1	6,5		
SiO ₂ (mg.l ⁻¹)	8	8	10	13	15	14	18	16	< 1	17	27	19	10	1	11	11	14	10	3	15	12	20	9	8	9	10	15	14		
Cu (")	-	-	-	-	-	-	-	0,006	< 0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Aantal bemonsteringen	9	3	3	3	13	3	3	13	2	3	3	3	12	2	11	3	3	12	6	3	3	3	3	3	12	3	3	3		
Monsterplaats(en)	107	101	102	151	106	121/23	122/24	108	109	105/07	106/08	157/59	204	205	304	301	302	406	501	501	502	551	507	508	503	503/05	504/06	559/61		
										109/11	110/12	161/167														09/11	10/12			

Bijl. 2. Gehalten (mg.l^{-1}) in het grond- en oppervlaktewater van enkele gebieden in Midden- en West-Nederland met een verschil in bodemgebruik en bodemsamenstelling (oktober 1972 - oktober 1973)

Polder :	ZEGVELDERBROEK				FREDERIKSPOLDER				VEENDERPOLDER				WOUDSE DROOGMAKERIJ										HAARLEMMEERPOLDER													
Bodemgebruik:	natuur (blauwgrasland)				grasland				grasland				tuinbouw				grasland				tuinbouw- bedrijf I				tuinbouw- bedrijf II				tuinbouw- bedrijf III				akkerbouw			
Soort water :	grondwater		grondwater		oppervl. water	'grondwater		inge- laten water	oppervl. water	grondwater		inge- laten water	oppervl. water	grondwater		grondwater		grondwater		grondwater		inge- laten water	oppervl. water	grondwater												
	0,5 m	2,5 m	0,5 m	2,5 m		0,5 m	2,5 m			0,5 m	2,5 m			0,5 m	2,5 m	0,5 m	2,5 m	0,5 m	2,5 m	0,5 m	2,5 m			0,5 m	2,5 m	0,5 m	2,5 m	0,5 m	2,5 m							
Bepaling:																																				
BOD ₅ ²⁰ (mg.O ₂ l ⁻¹)	-	-	-	-	11	-	-	12	13	-	-	12	10	-	-	-	-	-	-	-	-	9	4	-	-											
COD (")	-	-	-	-	125	-	-	53	114	-	-	53	112	-	-	-	-	-	-	-	39	39	-	-												
KMnO ₄ (")	47	34	41	30	43	101	83	16	39	29	32	16	44	22	20	51	49	52	24	33	34	16	10	11	25											
NO ₃ (mg.N.l ⁻¹)	0,22	0,22	0,22	0,33	0,61	0,22	0,22	0,92	0,79	0,69	0,36	0,92	8,8	0,22	6,2	0,44	0,37	0,37	0,29	9,4	0,22	2,71	0,93	0,39	0,27											
NO ₂ (")	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07	0,01	0,01	0,15	0,06	0,04	0,01	0,15	0,99	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,24	0,01	0,12	0,04	0,02	0,01											
NH ₄ (ongef.) (")	1,8	3,0	3,2	2,1	2,2	9,3	32,2	0,53	3,2	15,4	28,7	0,53	4,5	2,7	10,0	15,0	37,0	6,9	6,2	1,7	31,7	0,56	0,6	8,2	18,8											
Kjeld-N (")	3,6	4,6	4,6	3,7	5,1	13,3	41,2	2,2	5,8	19,5	34,2	2,2	8,4	4,5	11,9	18,5	46,7	9,5	8,0	3,6	37,3	2,0	1,7	10,3	26,8											
Tot-N (")	3,8	4,8	4,8	4,0	5,8	13,5	41,4	3,3	6,8	20,2	34,6	3,3	18,2	4,7	18,1	18,9	47,0	9,9	8,3	13,2	37,5	4,8	2,6	10,7	27,1											
Ortho-P (ongef.) (mg.P/l)	-	-	-	-	1,1	-	-	0,64	0,53	-	-	0,64	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	0,61	0,19	-	-											
Tot-P (") (")	-	-	-	-	1,6	-	-	0,87	1,1	-	-	0,87	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75	0,42	-	-											
Ortho-P (gefil.) (")	0,06	0,09	0,14	0,23	0,97	3,6	15,3	0,61	0,48	4,2	7,1	0,61	1,6	0,99	4,2	3,1	6,3	3,3	5,7	0,33	9,3	0,56	0,16	1,2	4,4											
Tot-P (gefil.) (")	0,51	0,70	0,32	0,40	1,3	4,4	20,6	0,72	0,73	5,9	9,0	0,72	2,0	2,1	6,7	3,6	8,4	6,0	6,5	1,2	11,5	0,70	0,31	2,3	6,2											
Ca (mg.l ⁻¹)	62	93	87	76	111	126	160	98	182	221	125	98	267	192	160	267	188	259	160	339	92	126	358	348	197											
Mg (")	10	18	19	10	18	74	152	13	49	127	84	13	36	29	37	80	123	52	32	37	72	19	27	85	86											
Na (")	40	42	33	29	94	250	870	118	287	170	379	118	145	46	261	279	655	126	136	204	444	119	59	56	164											
K (")	1	1	1	1	24	11	40	13	26	28	37	13	41	19	28	41	54	19	19	99	48	19	13	97	30											
HCO ₃ (")	108	260	182	214	226	435	1705	204	313	622	1184	204	344	554	757	849	1673	915	595	570	986	243	350	665	783											
SO ₄ (")	36	132	67	6	156	267	142	102	312	773	155	102	514	162	28	421	73	68	35	553	344	176	678	771	75											
Cl (")	107	42	66	77	161	307	1072	208	538	161	326	208	235	67	355	399	743	215	222	324	335	209	109	108	262											
Tot-Fe (")	1,65	0,22	1,47	4,75	0,58	0,31	0,17	0,38	2,0	1,33	3,6	0,38	0,62	0,59	0,54	5,1	0,57	1,95	0,23	1,32	0,50	0,44	0,53	6,9	2,8											
Mn (")	0,39	0,42	0,32	0,43	-	0,37	0,81	-	-	2,3	1,6	-	-	1,8	1,6	1,1	0,7	2,0	1,6	1,10	0,59	-	-	2,8	1,4											
O ₂ -gehalte (")	0,0	0,0	0,3	1,1	6,8	0,0	0,0	8,8	9,0	0,2	0,8	8,8	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	0,6	0,0	0,0	8,7	12,2	1,7	0,4											
Temperatuur (°C)					12,2			20,0	12,7			20,0	11,7									19,0	12,5													
O ₂ -verz. (Z)					55,1			95,0	83,6			95,0	50,2									92,0	115,2													
Geleidingsvermogen (μmho.cm ⁻¹ bij 20°C)	519	732	542	535	1037	1868	4690	1028	2313	2250	2558	1028	1810	1102	2024	2563	3910	1786	1406	2393	2673	1207	1658	2056	2036											
Totale hardheid (°Dh)	11,0	17,1	16,5	12,9	18,5	35,0	57,9	16,9	35,4	61,4	37,2	16,9	44,0	33,6	32,4	56,2	55,0	48,3	29,9	56,0	29,6	22,2	54,8	66,0	46,6											
Bi-carbonaathardh. (°Dh)	5,0	11,9	8,4	9,8	10,5	27,3	57,9	16,9	15,9	28,7	37,2	16,9	15,2	25,2	32,3	38,8	55,0	42,0	27,2	26,1	29,6	11,1	16,4	26,4	46,0											
Zuurgraad (pH)	6,3	6,4	6,2	6,3	7,7	6,7	7,0	8,1	8,0	7,2	7,1	8,1	7,4	7,1	7,0	7,0	7,2	7,0	7,0	7,3	7,3	8,0	7,7	7,2	7,2											
SiO ₂ (mg.l ⁻¹)	9	16	14	10	7	25	68	2	12	71	79	2	21	40	41	54	76	52	44	40	64	3	22	64	72											
Aantal bemonsteringen	2	2	2	2	13	3	3	5	13	3	3	5	13	3	3	3	3	3	3	3	3	5	13	3	3											
Monsterplaats(en)	1003	1004	1005	1006	701	701	702	703	803	801/03	802/04	703	603	607	608	603	604	601	602	605	606	603	901/2/3	901/3/5	902/4/6											

Bijl. 3.

Gehalten (mg.l^{-1}) in het oppervlaktewater van enkele zandgebieden (okt. '73-okt. '74)

Stroomgebied:	DIEPENLOOP			RAALTERWETERING		OUDE LEERINK- BEEK	HUPSELSE BEEK	DELDENSCH BROEKLAAK	HOOG LAARSLEIDING		HIERDENSE BEEK
Bodembebruik:	natuur	landbouw	ingelaten water	landbouw	ingelaten water	landbouw	landbouw	landbouw	natuur	landbouw	landbouw
Bepalingen:											
BOD ₂₀ ($\text{mg.O}_2.\text{l}^{-1}$)	3.	4.	3.	3.	4.	2.	3.	2.	5.	3.	3.
COD (")	41	42	19	19	29	24	22	17	81	46	35
KMnO ₄ (")	17	13	8	8	7	5	7	4	35	13	10
NO ₃ (mg.N.l^{-1})	2,5	3,3	2,0	0,8	1,4	3,5	5,7	0,6	0,6	1,5	4,8
NO ₂ (")	< 0,01	0,04	0,19	0,03	0,06	0,04	0,04	0,02	< 0,01	0,02	0,09
NH ₄ (ongef.) (")	1,9	1,2	2,0	0,8	0,8	0,7	0,7	0,5	0,5	0,6	1,6
Kjeldahl-N (")	3,2	2,5	3,2	1,5	1,8	1,5	1,2	1,1	1,6	1,6	2,7
Tot-N (")	5,7	5,8	5,4	2,4	3,2	5,0	7,0	1,7	2,2	3,2	7,6
ortho-P (ongef.) (mg.P.l^{-1})	< 0,01	0,18	0,91	0,12	0,07	0,08	0,03	0,03	< 0,02	0,12	0,31
Tot-P (") (")	0,08	0,50	1,04	0,25	0,17	0,24	0,16	0,16	0,10	0,29	0,49
Ortho-P (gefil.) (")	< 0,01	0,16	0,86	0,08	0,06	0,11	0,02	0,02	< 0,02	0,11	0,26
Tot-P (") (")	0,06	0,34	0,96	0,18	0,14	0,14	0,12	0,12	0,05	0,24	0,43
Ca (mg.l^{-1})	12	50	81	91	75	98	43	100	14	65	29
Mg (")	8	6	7	7	7	6	5	7	4	6	4
Na (")	11	35	57	31	53	27	26	17	8	15	20
K (")	5	8	8	6	7	6	12	4	2	5	14
HCO ₃ (")	1	91	8	225	159	193	49	270	0	154	38
SO ₄ (")	109	74	92	50	68	102	78	49	45	45	47
Cl (")	20	54	87	54	95	45	48	31	15	30	40
Tot-Fe (")	1,2	1,5	0,23	1,2	0,72	0,86	0,72	0,64	1,1	1,8	0,56
O ₂ -gehalte (")	7,7	10,3	8,2	6,7	9,5	9,1	7,1	8,7	6,9	8,4	9,4
Temperatuur (°C)	7,2	10,0	12,0	9,7	10,2	10,3	14,1	10,4	4,3	10,4	8,2
O ₂ -verzadiging (%)	64	91	75	54	83	82	87	68	64	76	80
Geleidingsvermogen ($\mu\text{mho.cm}^{-1}$ bij 20°C)	300	451	694	602	635	605	420	502	176	403	321
Totale hardheid (°Dh)	3,4	8,2	13,0	14,6	12,1	15,2	7,2	15,6	2,8	10,3	5,0
Bi-carbonaathardh. (°Dh)	0,04	4,1	8,2	11,0	7,3	18,1	2,1	12,4	0,0	7,1	1,8
Zuurgraad (pH)	4,1	7,2	8,0	8,0	8,0	7,5	7,3	7,7	4,0	7,8	7,0
SiO ₂ (mg.l^{-1})	7	9	2	11	6	11	8	10	6	9	9
Cu (")	< 0,007	0,008	< 0,005	-	-	-	-	-	-	-	-
Aantal bemonsteringen	8	13	3	14	13	13	5	13	6	13	13
Monsterplaats	107	108	109	204	205	304	307	406	501	503	1101/2