

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Wageningen

DE CHEMISCHE SAMENSTELLING VAN DE

NEERSLAG TE WAGENINGEN

(augustus '73 t/m juli '75)

ir. J.H.A.M. Steenvoorden en ing. H.P. Oosterom

BIBLIOTHEEK  
STARRINGGEBOUW

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, 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. DOEL ONDERZOEK	2
3. UITVOERING ONDERZOEK	2
4. ANALYSES	4
5. RESULTATEN EN DISCUSSIE	4
6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	9
LITERATUUR	11
BIJLAGEN	

## 1. INLEIDING

De samenstelling van de neerslag is afhankelijk van vele factoren, o.a. windrichting, menselijke activiteiten en regen intensiteit (CONRADS en BUIJSMAN, 1973). Door de overheersende invloed van Westelijke winden in Nederland wordt de chemische samenstelling in belangrijke mate mee bepaald door die van het zeewater. Tot een afstand van 20 à 30 km van de kust kan deze invloed groot zijn (IG-TNO, 1972 en 1973; LEEFLANG, 1938). Boven het vaste land ondergaat de chemische samenstelling een verandering als gevolg van het uitzakken van verstoven zeewaterdeeltjes en door opname van atmosferische verontreinigingen van verkeer, landbouw, industrie en bewoning. De atmosferische verontreiniging bestaat uit verbindingen van allerlei aard, zoals: zouten, zware metalen, organische verbindingen, gassen en stofdeeltjes. Voor een deel verdwijnen deze verbindingen uit de atmosfeer onder invloed van de zwaartekracht en door adsorptie aan oppervlakken (zgn. droge depositie), voor een ander deel worden de verontreinigingen door de neerslag opgenomen en bereiken de aarde op een plaats die zeer ver verwijderd kan liggen van het punt van emissie.

De sterk toegenomen menselijke activiteiten in de afgelopen decennia heeft de luchtverontreiniging sterk doen toenemen. Verwacht kan worden dat dit eveneens in de chemische samenstelling van de neerslag tot uiting komt.

## 2. DOEL ONDERZOEK

Het onderzoek is erop gericht informatie te verkrijgen over de chemische samenstelling van de neerslag, de variatie die in de concentratie op kan treden en in de totale mineralenbelasting die door de neerslag jaarlijks wordt veroorzaakt.

De neerslag is één van de mineralenbronnen die een rol spelen bij studies betreffende de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. Gegevens over de kwantiteit van de neerslag en de chemische samenstelling ervan zijn benodigd om de mineralenbelasting door de neerslag te kunnen berekenen. Deze informatie plus de gegevens over de bijdrage door andere vervuilingsbronnen, zoals: het bodemmateriaal, de bemesting, huishoudelijk en industrieel afvalwater of afvalstoffen, enzovoort verschaffen de basis om gefundeerde maatregelen te nemen ter bescherming of verbetering van de waterkwaliteit.

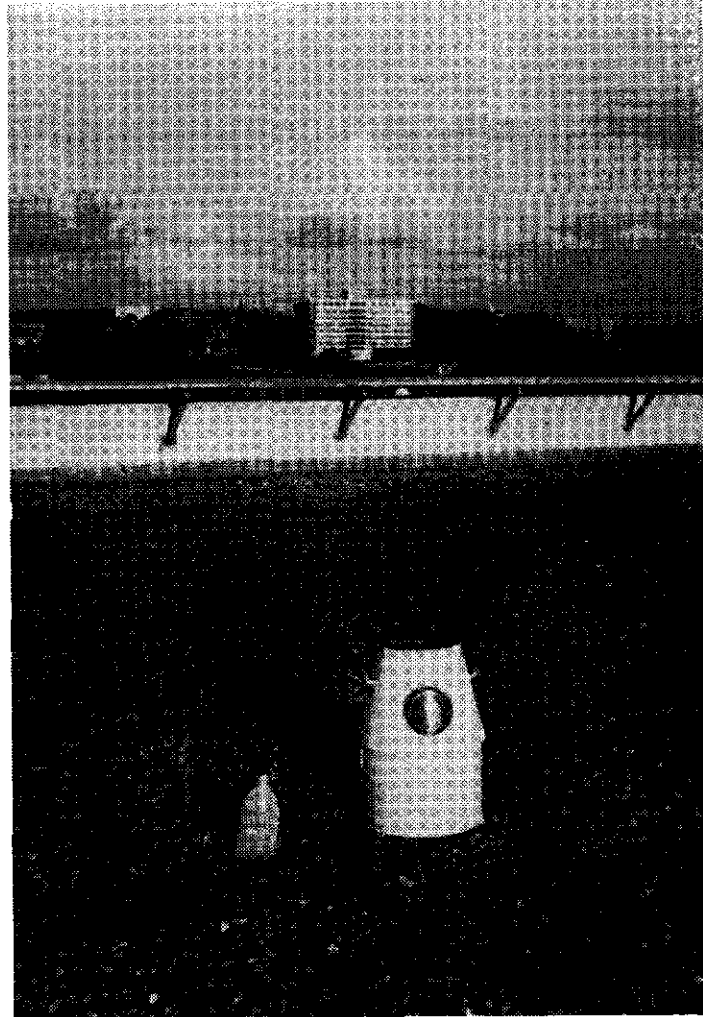
## 3. UITVOERING ONDERZOEK

De neerslag is verzameld op het dak van het Staringgebouw op circa 20 m hoogte, teneinde zo weinig mogelijk hinder te ondervinden van afgewaaide bladeren, uitwerpselen van vogels en in de directe omgeving opgewerveld stof. Voor het verzamelen van de neerslag is aanvankelijk gebruik gemaakt van een PVC-trechter (diameter 35 cm). Via een slang werd het regenwater naar een PVC-fles geleid, die minimaal wekelijks en soms dagelijks werd vervangen. In de loop van het onderzoek werd overgeschakeld op een regenmeter model VAN DOORN (afb. 1). Door een kleine ingreep kon de verzamelfles in de regenmeter weggeborgen worden, zodat algengroei geen problemen zou kunnen geven.

Voordat een monster van één of meer dagen werd ingevroren, vond eerst de bepaling van zuurgraad en geleidingsvermogen plaats. Aan het einde van de maand werden de verschillende monsters bij elkaar gevoegd en na menging naar het laboratorium gebracht voor onderzoek. Incidenteel was de hoeveelheid neerslag zo gering dat de neerslag van twee maanden werd verzameld teneinde de gewenste analyses te

kunnen uitvoeren.

De gebruikte neerslaggegevens van Wageningen zijn van het meteorostation van de afdeling Natuurkunde van de Landbouwhogeschool.



Regenmeter model VAN DOORN en bij bemonstering gebruikte PVC-fles van 2 liter

#### 4. ANALYSES

In de neerslag zijn de volgende analyses uitgevoerd: de kationen  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  en  $\text{NH}_4^+$ , de anionen  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SiO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  en  $\text{PO}_4^{3-}$ , verder albuminoid N, Kjeldahl-N, totaal-P, geleidingsvermogen, zuurgraad, totaal-ijzer en organisch materiaal gemeten als chemisch zuurstofverbruik (COD) en  $\text{KMnO}_4^-$  verbruik. Bovendien is zeer incidenteel het gehalte aan Mn bepaald. De analyses zijn uitgevoerd door het Waterleidinglaboratorium Oost-Gelderland (W.O.G.) te Doetinchem volgens de analysevoorschriften NEN 3235 en NEN 1056. Als de hoeveelheid neerslag niet toereikend was voor alle analyses werden eerst alle N- en P-bepalingen, het geleidingsvermogen en de zuurgraad uitgevoerd. Daarna werden de overige analyses uitgevoerd voor zover de hoeveelheid toereikend was.

#### 5. RESULTATEN EN DISCUSSIE

De analysegegevens van de maandmonsters zijn weergegeven in bijlagen 1 en 2 voor respectievelijk de perioden 1-8-1973 tot en met 31-7-1974 en 1-8-1974 tot en met 31-7-1975. Tevens zijn de neerslaghoeveelheden vermeld.

In tabel 1 staan de gewogen jaargemiddelden, de maximum- en minimumwaarden en de jaarlijkse mineralenbelasting per hectare.

Tabel 1. Gemiddelde chemische samenstelling (gewogen gem.) en de mineralenbelasting van de neerslag in Wageningen over de periode augustus 1973 - augustus 1975

Bepaling	Eenheid	Periode aug.'73 - aug.'74					Periode aug.'74 - aug.'75				
		Aantal analyses	Min.	Gem.	Max.	Belasting kg/ha/jr	Aantal analyses	Min.	Gem.	Max.	Belasting kg/ha/jr
HCO <sub>3</sub>	mg/l	11	0	3	9	20	11	1	5	10	53
Cl	"	10	2	8	41	55	11	1	6	12	64
SO <sub>4</sub>	"	9	3	13	30	89	11	5	13	22	126
SiO <sub>2</sub>	"	8	<1	<1	1	<7	6	<1	1	2	10
Ca	"	10	1,2	3	6	20	10	1	1	2	13
Mg	"	9	<1	1	3	7	10	<1	<1	1	<10
Na	"	10	1	4	23	27	10	1	4	8	37
K	"	10	<1	1	2	7	11	<1	<1	1	<10
NO <sub>3</sub>	mg N/l	11	<0,3	0,6	1,4	4,1	11	0,2	0,8	1,5	8
NO <sub>2</sub>	"	10	<0,01	0,01	0,02	-	10	<0,01	<0,01	0,01	-
NH <sub>4</sub>	"	11	0,5	2,0	2,9	13,7	11	0,9	1,4	2,4	14
Albuminoid N	"	11	0,22	0,66	4,6	4,5	10	0,09	0,22	0,36	2,2
Kjeldahl N	"	11	1,3	2,9	4,9	19,8	11	1,8	2,2	2,9	22
Totaal N	"	11	1,3	3,5	6,0	23,9	11	2,5	3,1	3,7	31
Ortho-P	mg P/l	11	<0,01	0,03	0,09	0,23	11	<0,01	0,03	0,09	0,27
Totaal-P	"	11	<0,01	0,09	0,23	0,60	11	0,02	0,08	0,22	0,79
Geleid.verm.	umho / cm (20°)	11	24	76	220	-	11	32	60	85	-
Zuurgraad	pH	11	4,2	4,7	5,6	-	7	4,8	5,1	5,9	-
Totale hardh.	°D	10	0,2	0,6	1,6	-	10	0,2	0,3	0,5	-
HCO <sub>3</sub> -hardh.	°D	10	0	0,2	0,4	-	10	0,1	0,2	0,3	-
Totaal-Fe	mg/l	6	0	0,2	0,8	1,4	8	<0,03	0,14	0,46	1,4
Mn	"	-	-	-	-	-	3	0,01	0,02	0,02	0,2
COD	mg O <sub>2</sub> /l	11	4	26	62	-	8	5	14	21	-
KMnO <sub>4</sub> -verbr.	"	9	1	4	19	-	6	2	5	7	-
Neerslag	mm/jaar					683,3					994,6

De onderzoeksjaren '73/'74 en '74/'75 verschillen zeer sterk in de hoeveelheid neerslag, die respectievelijk 683,3 en 994,6 mm/jaar bedroeg. Dit gaat bij een aantal verbindingen samen met een verlaging in concentratie, namelijk bij  $\text{NH}_4$ , Kjeldahl N en Ca. De daling bij Cl, albuminoid-N en geleidingsvermogen houdt verband met de uitzonderlijk hoge maxima in het eerste jaar (tabel 1). De totale belasting in het natte jaar is door de grote hoeveelheid neerslag veel hoger dan in het droge jaar. De belasting stijgt voor chloride van 55 naar 64 kg Cl/ha, voor sulfaat van 89 naar 126 kg  $\text{SO}_4$ /ha, voor stikstof van 24 naar 31 kg N/ha en voor fosfaat van 0,6 naar 0,8 kg P/ha.

De minimum- en maximumwaarden van de jaren '73/'74 en '74/'75 verschillen over het algemeen weinig. De grootste uitschieters zijn geconstateerd in december '73 voor Cl,  $\text{SO}_4$ , Ca, Mg, Na en geleidingsvermogen (bijlage 1). Het is niet waarschijnlijk dat dit veroorzaakt is door uitwerpselen van vogels, aangezien COD en gehalten aan N, P en K vrij laag zijn. In februari '74 zijn voor Kjeldahl-N en albuminoid-N de hoogste gehalten gemeten. Met name het albuminoid-N gehalte van 4,6 mg N/l is extreem hoog en zou misschien aan een vergissing in de decimaal bij de analyse te wijten kunnen zijn, alhoewel het gehalte min of meer bevestigd wordt door het Kjeldahl-N gehalte, dat in deze maand eveneens hoog is.

Ter vergelijking zijn in tabel 2 gegevens opgenomen over de chemische samenstelling van de neerslag te Hilversum over de periode 16-11-'32 tot 22-12-37 (LEEFLANG, 1938) naast het twee-jarig gemiddelde van de neerslag te Wageningen. Bij confrontatie van deze gegevens blijkt, dat de concentratie van verschillende verbindingen sterk is gestegen, met name van  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{SO}_4$ , albuminoid-N en organisch materiaal. In mindere mate valt er een toename te constateren voor de verbindingen  $\text{HCO}_3$ , Cl en Na + K. Het geleidingsvermogen is gestegen met ruim een factor 2. De hoeveelheid zout is verdubbeld van 0,55 meq/l tot 1,1 meq/l. De invloed van de toegenomen menselijke activiteiten komt dus duidelijk tot uiting in de veranderde chemische samenstelling van de neerslag.



Tabel 2. Gemiddelde samenstelling (gewogen gem.) van de neerslag te Wageningen over de periode 1-8-'73 t/m 31-7-'75 en te Hilversum over de periode 16-11-'32 t/m 22-12-'37

Bepaling	Eenheid	Samenstelling te	
		Wageningen	Hilversum
HCO <sub>3</sub>	mg/l	4,5	2,6
Cl	"	7	4
SO <sub>4</sub>	"	13	4,5
SiO <sub>2</sub>	"	<1	1,4
Ca	"	2	1,7
Mg	"	<1	1
Na	"	4	}2
K	"	<1	
NO <sub>3</sub>	mg N/l	0,7	0,02
NO <sub>2</sub>	"	<0,01	<0,01
NH <sub>4</sub>	"	1,7	0,42
Albuminoid N	"	0,4	0,09
Kjeldahl N	"	2,5	-
Totaal N	"	3,2	
ortho-fosfaat	mg P/l	0,03	-
totaal-fosfaat	"	0,08	-
geleidingsverm.	µmho / cm (20°)	67	28
zuurgraad	pH	5,0	-
totale hardheid	°D	0,4	0,5
HCO <sub>3</sub> -hardheid	°D	0,2	0,12
Totaal-Fe	mg/l	0,2	-
COD	mg O <sub>2</sub> /l	19	-
KMnO <sub>4</sub> -verbr.	"	5	1,4
Neerslag	mm/jaar	839	700

Opvallend is dat in de dertiger jaren nog geen enkele interesse bestond voor de fosfaat-gehalten. Het gemiddeld fosfaatgehalte kan als vrij hoog worden beschouwd vergeleken met de norm voor Nederlands oppervlaktewater uit het oogpunt van de eutrofiëring, die 0,03 mg P/l biologisch opneembaar fosfaat bedraagt (LEENTVAAR, 1970). Aangezien LEEFLANG de analyses uitvoerde in driemaandelijke monsters, bestaat het gevaar, dat met name de zuurgraad niet helemaal betrouwbaar is. Hij vermeldt pH-waarden tussen 5 en 7. In dit onderzoek zijn incidenteel lagere waarden gemeten. Lage pH-waarden zijn het gevolg van een grotere verontreiniging van de atmosfeer met  $\text{SO}_2$ . Door oxidatie ontstaat hieruit  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , hetgeen een pH-daling veroorzaakt.

In de periode augustus tot en met oktober 1973 is nagegaan wat de invloed is van de neerslag-intensiteit op het geleidingsvermogen. De neerslag werd per dag of per bui verzameld, waarna het geleidingsvermogen werd gemeten. Uit fig. 1 blijkt dat het geleidingsvermogen afneemt bij toenemende neerslaghoeveelheden. Uit de spreiding van de metingen wordt duidelijk, dat meer factoren dan alleen neerslag-intensiteit de uiteindelijke samenstelling bepalen.

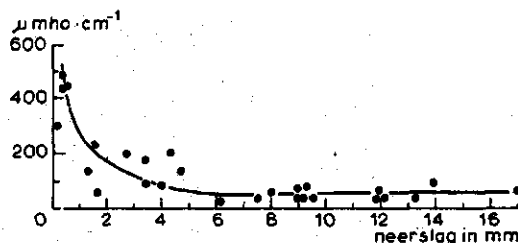


Fig. 1. Verband tussen het geleidingsvermogen bij 25°C en de hoeveelheid van de neerslag opgevangen in de periode augustus tot en met november 1973 op het dak van het Staringgebouw te Wageningen

Volgens LEEFLANG is er sprake van verontreiniging van de neerslag indien het sulfaatgehalte ligt boven de 5 mg/l. In de twee jaren van onderzoek heeft het maandgemiddelde slechts tweemaal een waarde van 5 mg SO<sub>4</sub>/l of lager bereikt, namelijk in oktober '73 (3 mg/l) en in augustus '74 (5 mg/l). Mogelijk is de analyse van oktober '73 representatief voor 'schone' neerslag, aangezien de overige analyses dan ook zeer laag uitvallen. Het Cl-gehalte bedraagt 2 mg/l, NO<sub>3</sub> is niet aantoonbaar, het totaal-N gehalte bedraagt 1,3 mg N/l en totaal-P 0,01 mg P/l, het geleidingsvermogen 24 µmho/cm.

## 6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Gedurende de periode 1-8-'73 tot en met 31-7-'75 is te Wageningen op circa 20 m hoogte neerslag verzameld voor onderzoek naar de chemische samenstelling. De hoeveelheid neerslag in het tweede jaar (994,6 mm) was beduidend hoger dan in het eerste jaar (683,3 mm). Desondanks zijn de verschillen in de gemiddelde gehalten tussen de twee jaren over het algemeen gering (tabel 1). De minerale belasting in het natte jaar is dan ook veel hoger dan in het droge jaar (tabel 1).

Ter vergelijking zijn gegevens opgenomen over de chemische samenstelling van de neerslag in de periode '32 tot '37 te Hilversum (tabel 2). Bij vergelijking van deze gegevens met de resultaten van het te Wageningen uitgevoerde onderzoek blijkt, dat de concentratie van verschillende verbindingen sterk is gestegen, met name van NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, albuminoid N, SO<sub>4</sub> en organisch materiaal. In mindere mate is er een toename geweest voor HCO<sub>3</sub>, Cl, Na en K. Het totale zoutgehalte is verdubbeld van 0,55 tot 1,1 meq./l. Oorzaak van de hogere concentraties in de neerslag zijn de toegenomen menselijke activiteiten op het terrein van verkeer, landbouw, industrie en bewoning.

Door de stijging van de minerale belasting zullen sommige belangen worden geschaad. In het bijzonder kan hierbij worden gedacht aan het natuurbeheer, aangezien de N-belasting ongeveer verviervoudigd is en de P-belasting waarschijnlijk eveneens is gestegen. Voor oppervlakte-wateren, die hoofdzakelijk direkt door de neerslag worden gevoed, bijvoorbeeld vennen, kan dit belangrijke gevolgen hebben voor het biologisch evenwicht.

## LITERATUUR

- CONRADS, L.A. en E. BUIJSMAN, 1973. Chemie van regenwater. Hemel en dampkring nov/dec 332-339
- I.G. - T.N.O., 1972 en 1973. Verontreiniging buitenlucht Waterweg. Werkrapporten G 450 en G 473
- LEEFLANG, K.W.H., 1938. De chemische samenstelling van den neerslag in Nederland. Chemisch weekblad 35, 658-664
- LEENTVAAR, P., 1970. Het probleem van de eutrofiëring  $H_2O$  (3), 5, 100-103
- N.E.N., nr. 3235. Onderzoekingsmethoden voor afvalwater
- \_\_\_\_\_ nr. 1056. Methoden voor het fysisch en chemisch onderzoek van drinkwater

Analyseresultaten en neerslaghoeveelheid per maand over de periode augustus '73 t/m juli '74 te Wageningen (Staringgebouw)

Bepaling	aug.'73	sept.'73	okt.'73	nov.'73	dec.'73	jan '74	febr.'74	mtt.'74	apr.+ mei '74	juni '74	juli '74
Neerslag	49,9	63,3	85,6	78,6	64,1	59,3	31,7	55,4	60,6	69,4	65,4
HCO <sub>3</sub>	5	3	2	6	0	1	4	1	5	9	1
Cl	2	5	2	10	41	3	-	5	6	5	3
SO <sub>4</sub>	15	13	3	11	30	-	-	11	9	13	12
SiO <sub>2</sub>	<1	<1	<1	<1	<1	-	-	1	<1	-	<1
Ca	4	4	1,2	3	6	-	4	3	3	4	2
Mg	0,4	0,4	<1	1	3	-	-	<1	<1	2	1
Na	2	2	1	7	23	1	-	1	2	3	2
K	1	1	<1	2	1	<1	-	1	1	1	1
NO <sub>3</sub>	1,4	0,7	<0,3	0,2	0,5	0,5	1,1	1,1	<0,3	1,4	0,5
NO <sub>2</sub>	<0,01	0,02	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
NH <sub>4</sub>	2,7	2,8	0,9	2,3	2,4	1,4	0,5	2,8	2,9	1,0	1,9
Albuminoid N	0,50	0,56	0,22	0,39	0,50	0,36	4,6	0,56	0,51	0,45	0,40
Kjeldahl-N	3,6	3,7	1,3	2,8	2,9	2,1	4,9	4,2	3,8	1,9	3,0
Totaal-N	5,0	4,4	1,3	3,0	3,4	2,6	6,0	5,3	3,8	3,3	3,5
ortho-P	0,09	0,03	0,01	<0,01	0,01	0,04	0,07	0,08	<0,01	0,04	0,03
totaal-P	0,23	0,05	0,01	0,02	0,04	0,10	0,14	0,20	<0,01	0,21	0,07
geleid.verm.	78	60	24	80	220	63	82	61	76	45	63
zuurgraad	4,6	4,8	5,0	5,6	4,2	4,6	5,4	4,6	4,7	5,5	4,5
totale hardheid	0,6	0,6	0,2	0,4	1,6	0,3	-	0,5	0,7	1,1	0,4
HCO <sub>3</sub> -hardheid	0,2	0,1	0,1	0,3	0	0,1	-	0,1	0,2	0,4	0,1
Totaal-Fe	0,09	0	0,04	0,06	-	-	-	-	-	0,33	0,78
COD	38	14	4	17	5	15	36	48	62	20	44
KMnO <sub>4</sub>	3	1	2	1	2	-	-	4	19	3	4

Analyseresultaten en neerslaghoeveelheid per maand over de periode augustus '74 t/m juli '75 te Wageningen (Staringgebouw)

Bepaling	Uitgedrukt in:	aug. '74	sept. '74	okt. '74	nov. '74	dec. '74	jan. '75	febr. + mrt. '75	apr. '75	mei '75	juni '75	juli '75
Neerslag	mm	78,1	126,5	117,6	91,0	114,8	84,5	105,7	56,9	40,9	86,2	92,4
HCO <sub>3</sub>	mg/l	6	5	1	4	4	2	6	6	10	10	9
Cl	"	1	7	12	7	11	6	3	5	2	4	6
SO <sub>4</sub>	"	5	11	10	10	13	22	15	19	7	15	12
SiO <sub>2</sub>	"	<1	<1	2	<1	<1	-	-	-	-	-	1
Ca	mg/l	1	1	2	1	1	-	1	1	2	2	1
Mg	"	<1	1	1	<1	<1	-	<1	<1	<1	<1	<1
Na	"	1	1	8	8	8	-	2	2	1	1	1
K	"	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	1
NO <sub>3</sub>	mg N/l	0,7	0,9	0,2	0,7	0,5	0,5	0,9	1,1	1,5	1,1	1,5
NO <sub>2</sub>	"	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-
NH <sub>4</sub>	"	1,2	1,5	1,3	1,5	1,4	1,3	1,0	1,2	2,1	2,4	0,9
Albuminoid N	"	0,22	0,22	0,28	0,36	0,21	0,25	0,14	0,09	0,15	0,24	-
Kjeldahl-N	"	2,1	2,0	2,5	2,9	2,0	2,2	2,4	1,8	2,2	2,6	1,8
Totaal-N	"	2,8	2,9	2,7	3,6	2,5	2,7	3,3	2,9	3,7	3,7	3,3
ortho-P	mg P/l	0,05	0,03	0,03	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,09	0,07	0,03
totaal-P	"	0,12	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,02	0,22	0,15	0,04
geleidingsverm.	µmho/cm (20°)	40	32	52	57	85	77	73	76	74	58	57
zuurgraad	pH	4,8	-	4,8	-	-	4,8	5,5	5,5	5,7	5,9	-
totale hardheid	°D	0,3	0,5	0,4	0,3	0,3	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,22
HCO <sub>3</sub> -hardheid	°D	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
totaal Fe	mg/l	0,22	0,10	0,22	<0,03	<0,03	-	0,06	<0,03	-	-	0,46
Mn	"	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	0,02	0,01
COD	mg O <sub>2</sub> /l	15	5	10	14	14	-	-	-	18	21	20
KMnO <sub>4</sub> -verbr.	"	4	2	3	7	6	-	-	-	-	-	6