



Rijkdienst voor de IJsselmeerpolders,
Smedinghuis, Lelystad

Werkdocument 1985 - 175 Abw

van W.F. Keijzer

BIBLIOTHEEK
RIJKSDIENST VOOR DE
IJSELMEERPOLDERS

datum: september 1985

Zwevend materiaal in drinkwater.

INHOUD	<u>Blz.</u>
1. SAMENVATTING	2
2. INLEIDING	3
3. ONDERZOEK	4
3.1. Bemonstering	4
3.2. Analysemethoden	5
3.3. Water	6
3.4. Zwevend materiaal	7
4. DISCUSSIE	10
5. CONCLUSIE	13
6. LITERATUUR	14

18339

IR
18339 7150

7150

en zijn als regel eerste versies van te schrijven rapporten (uittypen geschreven tekst) en daardoor uitsluitend bestemd voor intern gebruik. De verantwoordelijkheid voor de tekst berust bij de auteur.

1. SAMENVATTING

In opdracht van de afdeling Openbare Nutsvoorzieningen is onderzoek verricht naar de hoeveelheid en samenstelling van in drinkwater voorkomende gesuspendeerde stoffen. Dit materiaal is verzameld in het distributiegebied. Hierbij is gebruik gemaakt van een uit glas en kunststof vervaardigd vacuümfiltratiesysteem met polycarbonaatfilters (poriëndiameter 0,40 µm). Het gesuspendeerde materiaal (0,05 tot 0,15 mg per liter) is geheel van minerale samenstelling en bestaat gemiddeld uit 85% ijzerhydroxide, 2% mangaanhydroxide, 10% calciumcarbonaat, 1% magnesiumcarbonaat en 2% basisch kopercarbonaat (malachiet).

Uit de resultaten blijkt tevens dat 90% van in drinkwater voorkomend mangaan en ijzer zich in de vorm van deeltjes groter dan 0,40 µm bevindt.

2. INLEIDING

Ten behoeve van de afdeling Openbare Nutsvoorzieningen wordt door de subafdeling Laboratoria van de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders periodiek de chemische en fysische samenstelling bepaald van het drinkwater in het voorzieningsgebied.

De resultaten(1) wijzen op een - zij het geringe - hoeveelheid zwevend materiaal in het drinkwater. Het werd van belang geacht om de aard van het zwevend materiaal in het drinkwater van de Flevopolders te kennen. Volgens het waterleidingbesluit(1) behoren in drinkwater geen gesuspendeerde stoffen aanwezig te zijn. Omdat dit in de praktijk niet geheel blijkt te kunnen worden voorkomen is, rekening houdende met de onnauwkeurigheid van de tot nu toe toegepaste meetmethode, een grenswaarde van 1 mg per liter vastgesteld(1).

3. ONDERZOEK

Het onderzoek is uitgevoerd in de periode februari-maart 1985. Naast het onderzoek naar de hoeveelheid en de chemische samenstelling van het zwevend materiaal zijn ook enkele fysische en chemische parameters bepaald in het ongefiltreerde en gefiltreerde drinkwater.

3.1. Bemonstering

In de jaarverslagen 1983 en 1984 van de afdeling Drinkwatervoorziening(2) wordt vermeld dat gemiddeld 0,55 mg (1983) en 0,26 mg (1984) zwevend materiaal per liter drinkwater is aangetoond. Voor een betrouwbare gravimetrische bepaling - zoals die van zwevend materiaal - moeten minimaal enkele milligrammen worden verzameld. Dit houdt in dat enkele tientallen liters water nodig zijn. Mede om de kans op verontreiniging en/of wijziging in samenstelling tijdens vervoer en opslag te beperken, is het water bij de tappunten gefiltreerd. Bovendien zijn ter plaatse van ongefiltreerd en gefiltreerd water de zuurgraad (pH) en het geleidingsvermogen (EC) bepaald. Filtratie bleek geen invloed op deze parameters te hebben. De resultaten staan vermeld in tabel 1.

Tabel 1. Enkele gegevens betreffende het in onderzoek genomen water.

lab.nr.	plaats van bemonsteren	voorzieningsgebied, pompstation (via reinwaterkelder)	pH	EC(25°C, $\mu\text{S/cm}$) *	zwevend materiaal (mg/l)		
					a	b	gem.
286489	Ketelhaven, gemaal Colijn	Dronten, Bremerberg	8,3	335	0,050	0,055	0,05
286490	Swifterbant	Dronten, Bremerberg	7,8	334	0,060	0,060	0,06
286491	Lelystad, Smedinghuis	Lelystad, Bremerberg (via Aquaterp)	7,7	341	0,140	0,145	0,14
286492	Lelystad-Haven	Lelystad, Bremerberg (via Aquaterp)	7,7	331	0,080	0,065	0,07
286493	Almere, gemaal Blocq van Kuffeler	Almere, Fledite (via Westerterp)	8,3	214	0,165	0,133	0,15
286494	Almere, vuilstort, Waterlandseweg	Almere, Fledite (via Westerterp)	11,4	210	0,028	0,034	0,03
286495	Almere, Z.Z.W. Gooiseweg	Almere, Fledite	8,4	215	0,100	0,108	0,10

* Omrekeningsfactor van EC(25°C, $\mu\text{S/cm}$) naar EC (18°C, $\mu\text{S/cm}$) is 0,861 (5).

Voor het verzamelen van het gesuspendeerde materiaal is gebruik gemaakt van een uit glas en kunststof vervaardigd vacuümfiltratiesysteem (R.I.J.P.-fabrikaat) met Nucleopore polycarbonaatfilters, middellijn 90 mm en poriëndiameter 0,40 μm .

De bruikbaarheid van deze filters in waterig milieu in een gravimetrische analyse is nagegaan. Hiertoe zijn direct uit de voorraad drie filters genomen en tot op 0,1 mg nauwkeurig gewogen. Daarna is ieder filter afzonderlijk in een afgesloten glazen petrischaal geplaatst. Na één, twee

en drie uur zijn de filters opnieuw gewogen. Hieruit werd een gemiddelde massa (\bar{x}_1) berekend van 55,83 mg en een gemiddelde variantie (S_1^2) van 0,489. Vervolgens werden deze zelfde filters met 10 ml gedemineraliseerd water bevochtigd. Na 2 uur drogen bij 105° C werden deze filters na één, twee en drie uur conditioneren in een exsiccator opnieuw gewogen. Nu werd een gemiddelde massa (\bar{x}_2) berekend van 55,96 mg en een gemiddelde variantie (S_2^2) van 0,0233. De F-toets op verschil in spreiding (S^2) en de t-toets op verschil in ligging (\bar{x}) wijzen uit (4) dat door filtratie geen significante verschillen optreden in de massa van het filter. De hier berekende variantie moet dus in hoofdzaak worden toegeschreven aan de aan weging verbonden onnauwkeurigheden.

Deze polycarbonaatfilters zijn niet hygroscopisch, stevig in vochtige toestand, zeer licht van gewicht (circa 55 mg, goed toepasbaar bij de gravimetrische analyse) en bevatten een te verwaarlozen hoeveelheid (< 0,1 mg) asrest. Jay (3) stelde vast dat in vergelijking met andere membraanfilters deze polycarbonaatfilters kleinere hoeveelheden met water extraheerbare anionen F^- , Cl^- , PO_4^{3-} , NO_3^- en SO_4^{2-} bevatten. Het onderhavige onderzoek wees uit dat door destructie met zwavelzuur of perchloorzuur per filter gemiddeld 2,5 μg Ca vrijkomt terwijl geen koper, magnesium, mangaan of ijzer kan worden aangetoond.

Op zeven plaatsen in de Flevopolders is in duplo zwevend materiaal verzameld. Hierbij werd per bemonsteringspunt 15 tot 35 liter over een filter gevoerd. Het filtreren werd gestart na minstens 15 minuten doorstroming van de leidingen en beëindigd zodra de filtreersnelheid nog slechts + 1 liter water per 20 minuten bedroeg.

Het nemen van één monster nam veelal enkele uren in beslag. Hierbij zijn van het ongefiltreerde en gefiltreerde water na minstens één uur doorstromen van de leidingen monsters genomen voor laboratoriumonderzoek op calcium, magnesium, mangaan, koper en ijzer. De monsters voor het bepalen van koper, mangaan en ijzer zijn aangezuurd met 4 ml geconcentreerd salpeterzuur per liter monster, die voor calcium en magnesium zijn niet geconserveerd. Calcium- en magnesiumgehalten werden bepaald op de dag van bemonstering.

De filters met zwevend materiaal zijn voor verder laboratoriumonderzoek in petrischalen bewaard.

3.2. Analysemethoden

De hoeveelheden calcium, koper, magnesium, mangaan en ijzer in ongefiltreerd en gefiltreerd water zijn bepaald volgens de methoden beschreven in ref. 5:

calcium en magnesium	-	titrimetrie
koper, mangaan en ijzer	-	atomaire absorptie spectrofotometrie met grafietoven

Het bepalen van de hoeveelheid zwevend materiaal en de gloeirest ervan is uitgevoerd volgens ref. 6. Ter bepaling van diverse kationen in de gloeirest werd deze rest in zuur opgelost. Twee methodieken werden hierbij gevolgd:

- Gloeirest vanuit platina kroes overspoelen met H_2O gedem. in beker-glas 150 ml. Toevoegen 5 ml HNO_3 65% en 5 ml $HClO_4$ 70%. Indampen en destrueren tot het destraat geelgroen van kleur is. Afkoelen en met H_2O gedem. overspoelen in maatkolf 50,0 ml. Toevoegen 5 ml $LaCl_3$ 9%. Aanvullen met H_2O gedem. tot 50,0 ml en mengen.

- b. Gloeirest vanuit platinakroes overspoelen met H_2O gedem. in bekersglas 150 ml. Toevoegen 2,5 ml HNO_3 65% en 2,5 ml H_2SO_4 96%. Indampen en destrueren tot witte nevels ontwijken. Even afkoelen. 1 ml HNO_3 65% bijdruppelen en destrueren tot witte nevels ontwijken. Dit tweemaal herhalen. Afkoelen. 1 ml H_2O_2 30% bijdruppelen. Destrueren tot witte nevels ontwijken. Dit tweemaal herhalen. Afkoelen. Toevoegen 10 ml H_2O gedem. en 1 minuut koken. Afkoelen. Overspoelen met H_2O gedem. in maatkolf 50,0 ml. Toevoegen 5 ml $LaCl_3$ 9%. Aanvullen met H_2O gedem. tot 50,0 ml en mengen.

De gehalten aan calcium, koper, magnesium, mangaan en ijzer van de destruatens zijn bepaald met behulp van atomaire absorptie spectrofotometrie met vlam en backgroundcorrectie via vergelijking met standaardoplossingen.

3.3. Water

In tabel 2 zijn de resultaten weergegeven van het onderzoek in ongefiltreerd en gefiltreerd drinkwater (polycarbonaatfilter, poriëngrootte $0,40 \mu m$).

Hieruit blijkt dat meer dan 90% van in drinkwater aanwezig mangaan en ijzer voorkomt in deeltjes $>0,40 \mu m$. Het toevoegen van salpeterzuur dient dus behalve ter voorkoming van o.a. een ijzerneslag ook om de reeds aanwezige vaste delen in oplossing te brengen (5). Filtreren van 35 liter aangezuurd (4 ml HNO_3 65% per liter, $pH = 1,5$) drinkwater (monsternr. 286491) gaf aan dat vijf uur na aanzuren nagenoeg geen deeltjes $>0,40 \mu m$ worden verzameld.

Tevens blijkt uit tabel 2 dat koper, ook na doorstroomtijden van meer dan een uur, in deeltjes groter dan $0,40 \mu m$ voorkomt in drinkwater. In ongefiltreerd water komt bij de relatief hoge kopergehalten van de monsters 286489 en 286491 circa de helft van het koper voor in deeltjes $>0,40 \mu m$. Zie tabel 2. Bij ongefiltreerd drinkwater met kopergehalten kleiner dan $20 \mu g$ per liter is de verhouding $>0,40 \mu m / <0,40 \mu m$ variabel of zijn er geen deeltjes $>0,40 \mu m$ aanwezig.

Met de toegepaste titrimetrische methode zijn geen significante verschillen aangetoond tussen calcium- en magnesiumgehalten van ongefiltreerd en gefiltreerd drinkwater. Aangezien deze gehalten gelden voor niet aangezuurd water bestaat de mogelijkheid dat het zwevend materiaal calcium- en magnesiumverbindingen bevat. (zie 3.4).

Tabel 2. Hoeveelheden calcium, magnesium, mangaan, ijzer en koper in ongefiltreerd en gefiltreerd water (polycarbonaatfilter 0,40 µm)

lab. nr.	Ca (mg/l)		Mg (mg/l)		Mn (µg/l)		Fe (µg/l)		Cu (µg/l)	
	wel gefiltr.	niet gefiltr.	wel gefiltr.	niet gefiltr.	niet gefiltr.	ge-filtr.	niet gefiltr.	ge-filtr.	niet gefiltr.	ge-filtr.
286489	45,7		3,1		0,20	<0,05	15,5	2,5	76	38
90	43,3		3,4		0,25	<0,05	26,5	2,5	20	8
91	44,3		3,3		1,40	0,10	51,0	2,5	235	124
92	42,4		3,3		0,50	0,05	41,5	1,0	6	6
93	32,3		2,3		2,25	<0,05	69,0	0,5	20	15
94	16,3		1,5		0,45	<0,05	14,5	<0,5	<2,5	<2,5
286495	32,5		2,2		1,65	<0,05	55,5	1,0	5	8

3.4. Zwevend materiaal

De gloeirest van het zwevend materiaal is via destructie met respectievelijk perchloorzuur en zwavelzuur in oplossing gebracht.

In het aldus verkregen destruaat zijn de hoeveelheden calcium, koper, magnesium, mangaan en ijzer bepaald. Om diverse redenen is gekozen voor twee destructies met verschillende zuurmengsels: onbekend was of de relatief snelle destructie met perchloorzuur in staat was de elementen uit de gloeirest volledig in oplossing te brengen. Bij lage elementgehalten dient de meettechniek atomaire absorptie spectrofotometrie met grafietoven te worden toegepast; gebruik van perchloorzuur wordt hierbij ontraden i.v.m. snelle aantasting van de grafietbuis. Tenslotte moest rekening worden gehouden met de mogelijkheid van vorming van onoplosbaar calciumsulfaat in zwavelzuurdestruaat.

Na destructie is visueel in geen der destruatens residu aangetroffen. Deze beoordeling duidt enerzijds op de afwezigheid van calciumsulfaat, anderzijds op een uitsluitend minerale samenstelling van het zwevend materiaal, zodat er geen aanleiding bestond om verder onderzoek te verrichten naar de aanwezigheid van asbestvezels.

Via atomaire absorptie spectrofotometrie zijn in de destruatens van de gloeirest de gehalten aan calcium, koper, magnesium, mangaan en ijzer bepaald. Gezien de zuurgraad van het water, de onoplosbaarheid van de verbindingen en de beschikbaarheid van anionen (2), is aangenomen dat ijzer als driewaardig ijzerhydroxide (7), mangaan als tweewaardig mangaanhydroxide, calcium en magnesium als carbonaat en koper als basisch carbonaat (9 en 10) aanwezig zijn geweest. De in de destruatens gevonden gehalten zijn omgerekend naar deze oorspronkelijk aanwezige verbindingen in de in het water gesuspendeerde materie. Resultaten zijn vermeld in tabel 3. Door de hoge pH (11,4) van monster nr. 286494 zijn calcium en magnesium in dit drinkwater mogelijk niet als carbonaat maar als hydroxide neergeslagen.

Tabel 3. Hoeveelheid en samenstelling van in drinkwater zwevend materiaal.

lab. nr.	methode	Samenstelling van het zwevend materiaal (25 L)										totaal ^c mineraal (mg/25 L)	totaal ^d mineraal (mg/25 L)
		Fe(OH) ₃		Mn(OH) ₂		CaCO ₃		MgCO ₃		CuCO ₃ . Cu(OH) ₂			
		µg	%	µg	%	µg	%	µg	%	µg	%		
286489	a	671	86	9	1	68	9	12	2	17	2	0,78	1,25
	b	888	86	11	1	69	7	8	1	49	5	1,03	1,38
90	a	1338	89	9	1	134	9	9	1	7	<1	1,50	1,50
	b	1145	89	7	1	113	9	10	1	6	<1	1,28	1,50
91	a	2099	82	29	1	189	7	7	<1	234	9	2,56	3,50
	b	2613	88	82	3	162	5	15	1	93	3	2,97	3,63
92	a	1739	94	14	1	82	4	5	<1	5	<1	1,85	2,00
	b	1698	93	13	1	112	6	7	<1	5	<1	1,84	1,63
93	a	2611	85	80	3	311	10	15	<1	55	2	3,07	4,13
	b	2834	85	87	3	341	10	17	1	48	1	3,33	3,33
94	a	536	72	16	2	135	18	20	3	35	5	0,74	0,86
	b	517	71	22	3	142	19	29	4	20	3	0,73	0,70
286495	a	2141	82	67	3	367	14	15	1	9	<1	2,60	2,50
	b	2175	85	67	2	279	11	16	1	17	1	2,55	2,69

a: destructie met HNO₃ - HClO₄

b: destructie met HNO₃ - H₂SO₄ - H₂O₂

c: berekend uit data verkregen via a.a.s na gloeien en destructie

d: gravimetrisch bepaald

Door gloeien van het zwevende materiaal bij 600° C (6) blijven de carbonaten intact (8) terwijl de hydroxiden overgaan in oxiden. In de tabellen 3 en 4 is voor de diverse bemonsteringspunten de berekende som van de (hydr)oxide- en carbonaatverbindingen vergeleken met de langs gravimetrische weg bepaalde hoeveelheid zwevend materiaal respectievelijk gloeirest. Daarbij zijn in verband met de uniformiteit de hoeveelheden weergegeven per 25 liter drinkwater. Deze berekende hoeveelheden zwevend materiaal en gloeirest suggereren weliswaar een grotere nauwkeurigheid (2 decimalen) dan langs gravimetrische weg haalbaar is (1 decimaal), maar een eenvoudige vergelijking is nu mogelijk met de berekende som aan mineralen.

Tabel 4. Hoeveelheid en samenstelling van de gloeirest van in drinkwater zwevend materiaal.

lab. nr.	me- tho- de	Samenstelling van de gloeirest (25 L)										totaal ^c mineraal (mg/25 L)	gloei- rest (mg/25 L) ^d
		Fe ₂ O ₃		MnO		CaCO ₃		MgCO ₃		CuCO ₃ , Cu(OH) ₂			
		µg	%	µg	%	µg	%	µg	%	µg	%		
286489	a	502	84	7	1	68	11	12	2	13	2	0,60	0,75
	b	664	85	9	1	69	9	8	1	35	4	0,79	0,50
90	a	1000	87	7	1	134	11	9	1	5	<1	1,16	1,38
	b	856	87	6	1	113	11	10	1	4	<1	0,99	1,00
91	a	1569	80	23	1	189	10	7	<1	169	9	1,96	2,42
	b	1954	86	65	3	162	7	15	1	67	3	2,26	2,25
92	a	1300	93	12	1	82	6	5	<1	3	<1	1,40	2,00
	b	1270	91	11	1	112	8	7	<1	4	<1	1,40	1,50
93	a	1952	82	64	3	311	13	15	<1	39	2	2,38	3,38
	b	2119	82	70	3	341	13	17	1	34	1	2,58	3,00
94	a	401	68	13	2	135	23	20	3	25	4	0,59	0,93
	b	386	66	18	3	142	24	29	5	14	2	0,59	0,50
286495	a	1600	78	53	3	367	18	15	1	7	<1	2,04	2,03
	b	1626	82	53	3	279	14	16	1	12	<1	1,99	1,54

a: destructie met HNO₃ -HClO₄

b: destructie met HNO₃ -H₂SO₄ -H₂O₂

c: berekend uit data verkregen via a.a.s. na destructie

d: gravimetrisch bepaald

4. DISCUSSIE

- De rangtekentoets (4) wijst uit dat er bij "hetzelfde" monstermateriaal (zelfde lab.nr.) geen significante verschillen bestaan tussen de in perchloorzuur- en in zwavelzuuroplossing bepaalde gehalten. Ook bij het monster met het hoogste calciumgehalte slaat in sterk zwavelzuurmilieu het calcium dus niet neer als calciumsulfaat. Dit stemt overeen met het resultaat van de visuele beoordeling van het destruaat.

Gezien de orde van grootte van de kationgehalten van zwevend materiaal kan voor soortgelijk onderzoek uitsluitend de relatief snelle destructie met perchloorzuur gevolgd door atomaire absorptie spectrofotometrie met vlam worden toegepast.

- De gesommeerde hoeveelheden mineralen komen bij alle monsters redelijk overeen met de hoeveelheid zwevend materiaal en/of hoeveelheid gloeirest. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de mogelijkheid dat andere dan de hier als meest waarschijnlijk aangegeven bindingsvormen van calcium, koper, magnesium, mangaan en ijzer voorkomen (bijvoorbeeld ijzer als hydraat van het oxide). Bovendien is verondersteld dat geen andere elementen voorkomen die in de vorm van een onoplosbare verbinding tot een betere kwantitatieve overeenstemming leiden. Ten slotte dient hierbij in ogenschouw te worden genomen het grote aantal handelingen (verzamen, drogen, verassen en wegen, destrueren en meten) met slechts enkele milligrammen materiaal.

- Aanvankelijk is verondersteld dat koperen transportleidingen koper in oplossing brengen, maar niet dat via het drinkwater onoplosbare koperverbindingen worden meegevoerd. Onderzoek van de destruaaten van de gloeirest wijst uit (tabel 3 en 4) dat na minstens 15 minuten doorstroming van de leidingen ook koper bevattende deeltjes $>0,40 \mu\text{m}$ worden verzameld; deze hoeveelheden liggen evenwel ruim onder het in het waterleidingbesluit (1) aangegeven niveau van $100 \mu\text{g}$ (opgelost) koper per liter drinkwater bij het verlaten van het pompstation.

Van den Hoven (9) vermeldt dat zich bij contact van een nieuwe koperen buis met drinkwater aan de binnenzijde een deklaag van corrosieproducten vormt. Op basis van de aangetroffen kristallijne koperverbindingen verdeelt hij de deklagen in twee typen: Cupriet (Cu_2O , rood), ontstaan door oxidatie van koper; het tweede type bestaat uit een laag cupriet met daarop afgezet het groengekleurde malachiet ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$). Het mechanisme van de vorming van malachiet is niet geheel duidelijk (9).

Het door Van den Hoven verricht onderzoek naar het koperoplossend vermogen van drinkwater is uitgevoerd met gepassiveerde buizen, dat wil zeggen buizen waarin zich aan de binnenzijde een laag koperzouten (deklaag) heeft gevormd. Voor langere verblijftijden concludeert hij uit de eerste resultaten van zijn onderzoek dat het koperoplossend vermogen van drinkwater toeneemt met het totaal anorganisch koolstofgehalte ($\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^- + \text{CO}_2$) en afneemt bij hogere pH. De zuurgraad varieerde in zijn onderzoek van 7,0 tot 8,3.

Uit het in dit document beschreven onderzoek, uitgevoerd in het voorzieningsgebied van de Flevopolders, blijkt in genoemd pH-gebied (tabel 2) geen duidelijke correlatie te bestaan tussen pH en in ongefiltreerd drinkwater opgelost koper. Wel gaan lage kopergehalten samen met bemonsteringspunten (286490, -92 en -95) met een hoge consumptie (n.b. verblijftijd en stroomsnelheid) zoals keuken in woning en kantine en tappunt in werkplaats. Dit wordt ondersteund door lage kopergehalten in het zwevend materiaal afkomstig van dezelfde bemonsteringspunten (tabel 3); deze vergelijking is gebaseerd op de via a.a.s gemeten kopergehalten.

Anderzijds is het niet duidelijk waarom b.v. bij de monsters 286489 en

246491 het malachietgehalte, berekend als verschil tussen ongefiltreerd en gefiltreerd drinkwater (tabel 2), veel hoger ligt dan dat bepaald in het overeenkomstige zwevende materiaal (tabel 3).

In tegenstelling hiermee bestaat er een goede overeenkomst tussen de aldus bepaalde ijzerhydroxide- en mangaanhydroxidegehalten.

- Het tweemaal verzamelen van zwevend materiaal in een laboratoriumruimte (K 176) in het Smedinghuis (lab.nr. 286491) is in tegenstelling tot de andere monsters met een tussenliggende periode van drie dagen uitgevoerd. Via dit weinig in gebruik zijnde tappunt werd, bij het voor de tweede maal bemonsteren, wederom na minstens 15 minuten doorstroming, dezelfde hoeveelheid zwevend materiaal verzameld die echter 60% minder malachiet en 25% meer ijzerhydroxide bevatte.

Hieruit blijkt dat men bij het bepalen van elementgehalten in drinkwater en bij het trekken van conclusies rekening dient te houden met wijze en tijdstip van bemonsteren en de gevolgde analysemethodiek.

- Er bestaat een goede overeenkomst tussen de in het zwevend materiaal bepaalde hoeveelheden $\text{Fe}(\text{OH})_3$ en $\text{Mn}(\text{OH})_2$ (tabel 3) en de hoeveelheden berekend als verschil in ongefiltreerd en gefiltreerd water (tabel 2). Voor toekomstig onderzoek naar de aanwezigheid van ijzerhydroxide en mangaanhydroxide als zwevend materiaal in drinkwater zijn de relatief snelle atomaire absorptiemetingen met grafietoven van ijzer en mangaan in (aangezuurd) gefiltreerd en ongefiltreerd drinkwater de meest geschikte onderzoeksmethoden.

- Uit tabel 3 blijkt dat in zwevend materiaal afkomstig uit 25 liter drinkwater gemiddeld ca. 180 μg CaCO_3 en 13 μg MgCO_3 voorkomt, overeenkomend met respectievelijk ca. 3 μg calcium en 0,15 μg magnesium per liter. In opgeloste vorm bevat het hier onderzochte water gemiddeld 37 mg calcium en 2,7 mg magnesium per liter. Door de zeer geringe bijdrage aan calcium en magnesium van de deeltjes $>0,40 \mu\text{m}$ aan het totaal en de relatief lage meetgevoeligheid is men voor informatie over de aanwezigheid van calcium- en magnesiumverbindingen in zwevend materiaal (deeltjes $>0,40 \mu\text{m}$) wèl aangewezen op onderzoek van verzameld zwevend materiaal.

- Op grond van het geleidingsvermogen van het drinkwater (tabel 1) is voor de hier onderzochte monsters een duidelijk onderscheid te maken tussen water geleverd door pompstation Bremerberg (gemiddeld 335 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en door pompstation Fledite (gemiddeld 215 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Dit onderscheid kan niet worden gebaseerd op pH en/of hoeveelheid en samenstelling van het zwevend materiaal. Op hoeveelheid en samenstelling van het zwevend materiaal lijken de omstandigheden ter plaatse van de bemonstering (soort materiaal, deklaag, lengte en diameter van de buis naast verblijftijd en stroomsnelheid van het drinkwater) veel meer van invloed te zijn. Zo bezitten de bemonsteringsplaatsen Smedinghuis (lab.nr. 286491) en gemaal Blocq van Kuffeler (lab.nr. 286493) p.v.c.-aanvoerbijleidingen; op deze punten werd het hoogste gehalte zwevend materiaal aangetroffen.

Een andere voorbeeld is monster 286494.

De zuurgraad van dit water (11,4) ligt drie eenheden hoger dan van elders betrokken Fleditewater. In dit basische milieu zijn de hoeveelheden calcium en magnesium tot 50% en de hoeveelheden mangaan en ijzer (gemeten na aanzuren met salpeterzuur) tot 25% van de elders bepaalde hoeveelheid gedaald, terwijl koper niet meer kan worden aangetoond (tabel 2). Dit leidt echter niet tot grote hoeveelheden zwevend materiaal: in dit water werd de laagste hoeveelheid zwevend materiaal aangetroffen. Mogelijk worden hydroxideverbindingen effectiever afgezet

en/of carbonaten slechter opgelost waardoor weinig zwevend materiaal met de waterstroom wordt meegevoerd. Het aangetroffen zwevend materiaal is anders van samenstelling dan dat van elders betrokken Fleditewater (tabel 3).

- Gebaseerd op de voor de destruatien van de gloeirest via atomaire absorptie verkregen data en de veronderstelde bindingsvormen bestaat het zwevend materiaal in drinkwater uit de Flevopolders gemiddeld uit 85% ijzerhydroxide, 2% mangaanhydroxide, 10% calciumcarbonaat, 1% magnesiumcarbonaat en 2% basisch kopercarbonaat.

- Uit de resultaten (tabel 2) blijkt dat 90% van in drinkwater voorkomend mangaan en ijzer zich in de vorm van deeltjes groter dan 0,40 μm bevindt.

- Tot heden wordt in drinkwater uit de Flevopolders het in het waterleidingbesluit aangegeven niveau van 200 μg ijzer per liter niet overschreden.

Ik dank de heer W. Goedings (O.N.) voor zijn medewerking aan dit onderzoek.

5. CONCLUSIES

- Gemiddeld is van 0,05 tot 0,15 mg gesuspendeerd materiaal per liter drinkwater aangetroffen.
- Gezien de orde van grootte van de kationgehalten van zwevend materiaal kan voor onderzoek van dit materiaal de relatief snelle destructie met perchloorzuur gevolgd door atomaire absorptie spectrofotometrie met vlam worden toegepast.
- De gesommeerde hoeveelheden mineralen, berekend uit data verkregen via atomaire absorptie spectrofotometrie na destructie van het zwevend materiaal, komen bij alle monsters redelijk overeen met de gravimetrisch bepaalde hoeveelheid zwevend materiaal.
- Gebaseerd op de voor de destruatien van de gloeirest van het zwevend materiaal via atomaire absorptie spectrofotometrie verkregen data en de aangenomen bindingsvormen bestaat het zwevend materiaal in drinkwater uit de Flevopolders gemiddeld uit 85% ijzerhydroxide, 2% mangaanhydroxide, 10% calciumcarbonaat, 1% magnesiumcarbonaat en 2% basisch kopercarbonaat (malachiet).
- Bij het bepalen van elementgehalten in drinkwater en bij het trekken van conclusies dient rekening te worden gehouden met wijze en tijdstip van bemonsteren en de gevolgde analysemethodiek.
- Uit de resultaten blijkt dat 90% van in drinkwater voorkomend mangaan en ijzer zich in de vorm van deeltjes groter dan 0,40 μm bevindt. Door aanzuren worden mangaan en ijzer in deze deeltjes nagenoeg geheel vrijgemaakt. Voor toekomstig onderzoek naar de aanwezigheid van ijzerhydroxide en mangaanhydroxide als zwevend materiaal in drinkwater zijn de relatief snelle atomaire absorptiemetingen met grafietoven van ijzer en mangaan in (aangezuurd) gefiltreerd en ongefiltreerd drinkwater de meest geschikte onderzoeksmethoden. Voor informatie over het voorkomen van calcium-, magnesium- en koperbindingen als zwevend materiaal (deeltjes $>0,40 \mu\text{m}$) in drinkwater is men aangewezen op onderzoek van verzameld zwevend materiaal.

6. LITERATUUR

1. Besluit van 2 april 1984, houdende wijziging van het Waterleidingbesluit (Stb. 1960, 345). Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, nr. 220 (1984).
2. Jaarverslagen afdeling Drinkwatervoorziening.
Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad (1983, 1984).
3. P.C. Jay.
Anion contamination of environmental water samples introduced by filter media.
Anal. Chem., 57, 780-782 (1985).
4. Bolle E.A.W., J.H.M. Lenoir en J.N.M. van Loon.
Wiskundige statistiek, uitgeverij Kluwer, Deventer (1974).
5. Analysemethoden, deel III, water en bodemvocht en Toelichting.
Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad, 1980.
6. Water. Bepaling van het gehalte aan onoplosbare bestanddelen en de gloeirest ervan.
NEN 6484, 1e druk 1982.
7. J.C. Sybrandi.
Grondwater nu en later.
H₂O(18) nr. 10, p. 217-222, 1985.
8. Chr. Visscher.
Koolstof in grond, organisch materiaal en in water zwevend materiaal met behulp van een koolstofanalysator.
Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, werkdocument 37 Abw, januari 1983.
9. Th. J.J. van den Hoven.
Het koperoplossend vermogen van drinkwater: eerste resultaten van een landelijk onderzoek.
H₂O(17), nr. 25, blz. 603-606, 1984.
10. CRC Handbook of Chemistry and Physics.
58e editie, 1977-1978. CRC Press Inc., Florida.