

# Filtratietechniek grondwater

## *Technische aspecten*

VEWIN



VERENIGING VAN EXPLOITANTEN VAN WATERLEIDINGBEDRIJVEN IN NEDERLAND

**kiwa**

SWE 98.004

# INHOUDSOPGAVE

## Voorwoord

## Colofon

### Effecten bedrijfsvoering filtratie van grondwater op de filtraatkwaliteit

- effecten van variatie in de filtratiesnelheid, stilstand, productiestop

### Aangroei van filtermateriaal

- bepalingsmethoden, effecten op de zuivering en mogelijke maatregelen

### Spoelcriteria

- criteria die kunnen bepalen wanneer moet worden gespoeld, met keuze-schema
- Slib in steekmonsters; Kiwa SW-rapporten 1960-1962
- bepalen van het slibgehalte in gestoken monsters filtermateriaal
- ervaringen met het filter steekapparaat

### Presentaties Workshop Optimalisatie Klassieke Grondwaterzuivering

- introductie
- probleemanalyse
- ontmangling; versnellen inwerken
- variatie in filtratiesnelheid (zie ook notitie)
- spoelcriteria (zie ook notitie)
- aangroei van filtermateriaal (zie ook notitie)
- fundamentele aspecten klassieke zuiveringsprocessen
- pelletontijzering
- adsorptive iron removal in filters (autokatalyse)
- ondergronds beluchten
- geavanceerde regeling snelfiltratie (o.a. fuzzy logic)
- hoe verder?

### Dimensioneren spoeldoppen

- poster met belangrijke aspecten voor een goede water- en lucht-verdeling

### Spoelprocessen

- maken en interpreteren uitspoelcurven voor lager spoelwaterverbruik en grotere effectiviteit

# VOORWOORD

## **Contactgroep Filtratietechniek Grondwater: kennisuitwisseling**

Op nagenoeg alle grondwater pompstations maken snelfilters deel uit van de zuivering. Ondanks het feit dat die snelfilters bijdragen aan de productie van goed drinkwater, weet elke technoloog dat ze vaak beter kunnen presteren. *Minder vuil water-klachten* van klanten en *lagere kosten voor spuiacties* zijn vaak met kleine ingrepen te bereiken. Om de filtratie van grondwater te verbeteren, is in 1993 de Contactgroep Filtratietechniek Grondwater geïnstalleerd, als opvolger van de Contactgroep Ontijzering, welke heeft gefunctioneerd van 1978 tot 1993. Doel van beide Contactgroepen was en is "*kennisuitwisseling*".

## **Rapportages**

Om de kennisuitwisseling blijvende meerwaarde te geven is besloten rapportages over door de Contactgroep geselecteerde onderwerpen op te stellen. Per onderwerp zijn twee rapporteurs aangewezen. Zij hebben gebruik gemaakt van inbreng van kennis en ervaring van de gehele groep. Veel diffuus verspreide gegevens zijn daarvoor opgezocht en gebruikt.

Door de rapportages losbladig samen te voegen in een map was aanvulling met nieuwe rapportages mogelijk. De deelnemers aan de workshop Optimaliseren Klassieke Grondwaterzuivering in februari 1998 kregen reeds een map. Voorliggende map is het eindresultaat, na het afronden van de laatste rapportages. De gebundelde presentaties van voornoemde workshop zijn tevens in de map opgenomen. Naast technische aspecten bevat de map daardoor ook enkele presentaties over fundamentele aspecten.

## **Naslagwerk**

De map is een naslagwerk waarin velen iets van hun gading kunnen vinden. Blader hem eens door, zet hem op de zichtbaar op de plank en gebruik de gebundelde praktijkervaring.

## **COFICO 9**

Een nog steeds zeer bruikbare mededeling van Kiwa is het bruine boekje van De Lathouder: "Richtlijnen ten dienste van het ontwerpen en de behandeling van snelfilters". Het bevat een schat aan praktijkervaring van de toenmalige Commissie Filterconstructies van Kiwa. In 1996 en 1997 zijn circa 150 laatste exemplaren uitgedeeld aan medewerkers van bedrijven.

Nieuwegein, 29 september 1998

ir. G.K. Reijnen

Eindredacteur en Secretaris Contactgroep Filtratietechniek Grondwater

## COLOFON

De rapportages zijn opgesteld door de Contactgroep Filtratietechniek Grondwater.

Leden:

Ing. C.A. van Bennekom (WLO): voorzitter  
Ir. G.K. Reijnen (Kiwa) secretaris

Leden:

|                               |                                   |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| A.J.M.E. Bekkers (WOB)        | ing. W.B.P. van den Broek (DELTA) |
| Ir. L.L.M. Keltjens (WLZ)     | H. Leijssen (WMN)                 |
| Ir. W.G.J. van der Meer (WLF) | ing. J.B.Th Tiemes (WG)           |
| H. Wolters (GWG)              | ir. J.W.N.M. Kappelhof (Kiwa)     |
| Ing. A. Kostense (WG)         | ing. J.A.M. van Paassen (WMO)     |
| J.H.C. Reilman (WLN)          | ing. G. Vos (WOB)                 |
| ir. M. Groenendijk (WNWB)     |                                   |

Eindredactie: ir. G.K. Reijnen

Project: kennisuitwisseling gezamenlijke waterleidingbedrijven

Projectnummer: 111009.030

ISBN 90-74741-58-4

Tekstfiles: R-kfg\rapport

# effecten bedrijfsvoering filtratie van grondwater op de filtraatkwaliteit

## **OPDRACHTGEVER**

Contactgroep Filtratietechniek Grondwater

## **AUTEURS**

G.K. Reijnen, J. Reilman, J.W.N.M. Kappelhof

Nieuwegein, februari 1998

# INHOUDSOPGAVE

|   |    |
|---|----|
| SAMENVATTING .....  | 3  |
| VOORWOORD .....   | 5  |
| 1 INLEIDING .....   | 6  |
| 2 MOGELIJKE EFFECTEN VAN DE BEDRIJFSVOERING VAN DE<br>GRONDWATERZUIVERING .....                           | 7  |
| 2.1 Ontijzering .....   | 7  |
| 2.2 Ontmanganing .....  | 7  |
| 2.3 Nitrificatie .....  | 8  |
| 2.4 Bacteriegroei in het filter .....   | 9  |
| 3 EXPERIMENTEEL VASTGESTELDE EFFECTEN VAN DE BEDRIJFS-<br>VOERING VAN DE GRONDWATERZUIVERING .....        | 10 |
| 3.1 Effecten van de filtratiesnelheid op de ontijzering .....   | 10 |
| 3.1.1 Proefinstallatie Ommelanderswijk; effect filtratiesnelheid .....                                    | 10 |
| 3.1.2 Proefinstallatie Overveen; effect verhogen filtratiesnelheid .....                                  | 11 |
| 3.1.3 Praktijkinstallatie Waalwijk; variërende filtratiesnelheid .....                                    | 13 |
| 3.1.4 Praktijkinstallatie Huybergen; variërende filtratiesnelheid .....                                   | 13 |
| 3.1.5 Proefinstallatie Halsteren; effect filtratiesnelheid .....  | 15 |
| 3.2 Effect in- en uitschakelen op ontijzering .....   | 16 |
| 3.2.1 Proefinstallatie Ommelanderswijk; effect stilstand .....  | 16 |
| 3.2.2 Praktijkinstallatie De Groeve; effect in- en uitschakelen bij 2<br>filtratiesnelheden .....         | 16 |
| 3.2.3 Praktijkinstallatie Bremerberg; effect in- en uitschakelen bij<br>enkelvoudige droogfiltratie ..... | 18 |
| 3.3 Conclusies ontijzering .....  | 20 |
| 3.3.1 Algemeen .....  | 20 |
| 3.3.2 Filtratiesnelheid .....   | 20 |
| 3.3.3 Starten filtratie .....   | 20 |
| 3.3.4 Bedrijfsvoering ontijzering .....   | 21 |
| 3.4 Ontmanganing en nitrificatie .....  | 22 |
| 3.4.1 Nitriet in filtraat praktijkinstallatie Lith .....  | 22 |
| 3.4.2 Smaakproblemen praktijkinstallatie Nietap .....   | 24 |
| 3.5 Conclusies ontmanganing en nitrificatie .....   | 27 |
| 3.5.1 Zuurstofloosheid .....  | 27 |
| 3.5.2 Starten filtratie na langduriger stilstand .....  | 28 |
| 3.6 Bacteriegroei in het filter .....   | 29 |
| 3.6.1 Praktijkinstallatie Nietap .....  | 29 |
| 3.6.2 Conclusie bacteriegroei in filters .....  | 29 |
| 4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN .....   | 31 |
| 4.1 Ontijzering .....   | 31 |
| 4.2 Ontmanganing en nitrificatie .....  | 31 |
| 4.3 Nevenaspecten van omzetting van methaan en ammonium .....   | 31 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.3.1 | Zuurstofloosheid .....                          | 31 |
| 4.3.2 | In bedrijf nemen filters na productiestop ..... | 31 |

**BIJLAGE 1**

Proefinstallatie Ommelanderswijk van WAPROG

**BIJLAGE 2**

Rapportage experimenten WOB op PS Lith

## SAMENVATTING

Het afstemmen van de filtratiesnelheid op de benodigde waterproductie is van groot belang voor het functioneren van filters voor het zuiveren van grondwater. De kennis of filters van een zuiveringsstation aan/uit moeten worden geschakeld, of met een variërende filtratiesnelheid moeten worden bedreven, kan in belangrijke mate bijdragen aan een goede drinkwaterkwaliteit. In voorliggend rapport zijn onderzoekresultaten en praktijkervaring van waterleidingbedrijven betreffende de bedrijfsvoering van snelfilters geëvalueerd. Op basis daarvan zijn aanbevelingen voor de bedrijfsvoering opgesteld.

Filtratie is en blijft maatwerk dat gericht onderzoek vergt. De aanbevelingen en richtlijnen zijn gegeven om de richting aan te geven waarin de oplossing voor problemen kan worden gevonden. Enkele hoofdaspecten van de bedrijfsvoering van filters voor ontijzering, ontmanganing en nitrificatie, zijn in de volgende tabel kort samengevat.

| parame-<br>ter | variatie filtratiesnelheid  | korte stilstand<br>tot circa 24 uren   | langduriger stilstand<br>> 24 uren  |
|----------------|---|--|---|
| Fe             | kan effect hebben op concentratie ijzer in filtraat, vooral als:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>. door vooroxidatie colloïdaal ijzer ontstaat dat slecht filtreerbaar is (bij hogere filtratiesnelheid is de vooroxidatietijd korter);</li> <li>. de ijzerhydroxidevlokken in het filterbed makkelijk losspoelen door snelheidsverhoging.</li> </ul> | voor continuïteit van het ontijzeringsproces geen probleem   | idem < 24 uren<br>inwerken niet nodig   |
|                | voor goede bedrijfsvoering is het noodzaak het effect op de ontijzering experimenteel vaststellen met continue troebelheidsmeting van het filtraat  | ijzerdoorslag na starten kan optreden wanneer ijzer-vlokken makkelijk losspoelen   | idem < 24 uren  |
|                | nadeel is dat de duur van de looptijd tussen filter-spoelingen, die het beste kan worden aangepast aan de ijzerbelasting over een looptijd, moeilijker is te regelen  | effect starten na stilstand experimenteel vaststellen  | idem < 24 uren  |
| Mn             | kan periodiek tot hogere concentratie in filtraat leiden wanneer de minimaal benodigde contacttijd niet wordt bereikt   | mogelijk te hoge concentratie in filtraat van filters met veel biologische activiteit en/of een grotere hoeveelheid biomassa in het filterbed. In dat geval aantal te acceptere uren stilstand experimenteel vaststellen | voor het ontmanganingsproces op zich geen probleem inwerken niet nodig, tenzij de stilstand weken heeft geduurd of het filterbed is ingedroogd door leeglopen |



| parameter                    | variatie filtratiesnelheid   | korte stilstand tot circa 24 uren   | langduriger stilstand > 24 uren  |
|------------------------------|--|---|--|
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | kan zonder dat de nitrificatie onvoldoende wordt, mits:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>. de minimaal benodigde contacttijd beschikbaar is</li> <li>. de hoogste filtratiesnelheid (of eigenlijk de hoogste ammoniumbelasting) korte tijd tevoren (grootteorde circa een week) is toegepast met volledige verwijdering (geldt voor grondwater bij constante temperatuur).</li> </ul> | kan tot hogere concentraties nitriet en mangaan in het filtraat leiden bij hogere ammoniumbelasting van het filter en/of veel biomassa in filterbed | kan inwerktijd vergen om weer volledig te verlopen, en na stilstand nitriet en mangaan in filtraat tot gevolg hebben. Bacteriologische kwaliteit eerste filtraat na starten kan onvoldoende zijn geworden. In extreme gevallen kan het filtraat stinken. |
|                              |  |   | de voornoemde effecten zijn te beperken door:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>. een filter langduriger stil te zetten na extern reinigen van het grind;</li> <li>. het filter te spoelen voor het wordt stilgezet.</li> </ul>                  |
| biologische aspecten         |  | met regelmaat enige tijd (etmaal bijvoorbeeld) stilzetten van een filter kan tot verhoging aantallen <i>Aeromonas</i> bacteriën leiden              | kan tot bacteriologisch niet voldoende kwaliteit leiden. Na langduriger stilstand filtraat pas gebruiken na bacteriologische controle  |
|                              |  |   | alleen in noodgeval filtraat gebruiken voor bacteriologische controle is uitgevoerd wanneer de troebelheid niet meer is verhoogd en het water goed smaakt en ruikt   |

## VOORWOORD

De Kontaktgroep Filtratietechniek Grondwater is in 1995 begonnen met het opstellen van een serie van 5 notities over aspecten van filtratie van grondwater. Voor elk te behandelen aspect stelden twee leden van de Kontaktgroep zich beschikbaar voor het schrijfwerk. Zij gebruikten daarvoor kennis, gegevens en informatie van de overige leden.

De eerste opzet voor voorliggend rapport is geschreven door Jacob Reilman, procestechnoloog van Waterlaboratorium Noord en Joost Kappelhof, procestechnoloog van Kiwa.

Door een andere verdeling van werkzaamheden is het rapport aangevuld en afgemaakt door Gert Reijnen, procestechnoloog van Kiwa. Aan het tot stand komen van dit rapport hebben de leden van de Kontaktgroep bijgedragen door het leveren van verslagen van experimenten, afbeeldingen en commentaar op de tekst. In de tekst is de herkomst van de informatie zoveel als mogelijk vermeld. Tevens zijn enkele opgenomen vuistregels opgenomen met de herkomst. De illustraties zijn ongewijzigd opgenomen.

Conceptversies van het rapport zijn te vinden in het archief van de Kontaktgroep Filtratietechniek Grondwater, onder de nummers R-KFG 96.12, R-KFG 96.28 en R-KFG 97.08

REIJNEN N:\DATA\KFG\RAPPOR\SNELH.WP

# 1 INLEIDING

Op nagenoeg alle pompstations is zuivering van grondwater geautomatiseerd. Voor het ontwerp van de automatisering zijn randvoorwaarden voor de bedrijfsvoering nodig. Gekozen kan worden uit:

- constante filtratiesnelheid per etmaal, door het bouwen van een daarvoor voldoende grote reinwaterberging;
- een constante filtratiesnelheid gecombineerd met aan en uitschakelen van de filters. Dat kan per filter of filtergroep of met alle filters tegelijk gebeuren;
- een variërende filtratiesnelheid en weinig frequent stilzetten.

Onderzoek naar de beste bedrijfsvoering loont, omdat het distributienet minder vervuult. Dat levert minder klachten op en een kostenbesparing op het schoonmaken van het distributienet.

Bij nieuwbouw kan onderzoek naar de optimale bedrijfsvoering worden uitgevoerd tijdens de duurproef, tegelijkertijd met het ontwerpen van de zuivering met gebruik van de reeds verkregen gegevens voor de dimensionering. De planning loopt daardoor niet uit.

Voor een bestaande zuivering zijn experimenten met één praktijkfilter en een referentiefilter meestal aan te bevelen.

In voorliggende notitie is met gebruik van resultaten van proef- en praktijkinstallaties aangegeven welke effecten de bedrijfsvoering kan hebben op het verloop van de zuivering. Doel is leren van elkaars ervaringen om eigen experimenten beter uit te kunnen voeren.

In voorliggende notitie zijn uitgebreid en kort beschreven voorbeelden gebruikt. Om tot een evenwichtig geheel te komen zijn uitgebreider beschrijvingen opgenomen in bijlagen. Lezen is niet noodzakelijk voor de boodschap, maar kan om meer informatie te krijgen.

## 2 MOGELIJKE EFFECTEN VAN DE BEDRIJFSVOERING VAN DE GRONDWATERZUIVERING

### 2.1 Ontijzering

De samenstelling en de beluchting van het grondwater bepaalt of een ontijzering echt goed verloopt, of gevoelig is voor verstoring. De ijzerchemie is ingewikkeld. Oxidatie van ijzer, gevolgd door vlokvorming en vlokfiltratie is een van de mechanismen (Lerk rekende daarmee). Auto-katalytische ontijzering op het grindoppervlak is een tweede mechanisme (recente onderzoeken IHE). Een derde mechanisme is ontijzering door ijzeroxiderende bacteriën (daar geloven vooral Duitsers en Fransen in). De drie mechanismen zullen/kunnen naast elkaar optreden, hetgeen het beeld er niet eenvoudiger op maakt. Zonder precies te weten wat er gebeurt is echter proefondervindelijk na te gaan hoe de ontijzering verloopt. In veel gevallen is sprake van filtreren van vlokken (bij lagere filtratiesnelheden, stel tot circa 10 à 15 m/h en een ijzerbelasting gedurende een looptijd van 1-3 kg Fe/m<sup>3</sup> filterbed). Deze vlokken blijven achter in de ruimten tussen het filtermateriaal. Door toenemende vervuiling slijbt het filterbed plaatselijk dicht en wordt de watersnelheid in de resterende open ruimten hoger. Het toegevoerde ijzer wordt dieper in het filter afgezet en reeds afgezet ijzer kan losspoelen uit de bovenlaag en dieper in het filter weer opnieuw worden afgezet of in het filtraat komen. Dat gemakkelijke verplaatsen van ijzervlokken naar diepere lagen van filterbedden is een belangrijke oorzaak van verhoging van de ijzerconcentratie in het filtraat na snelheidsverhoging. Ook plaatselijke snelheidsverhoging door voorkeurstromen in een natfilter, of het veranderen van het stromingspatroon in een droogfilter door een ander sproeipatroon na snelheidsverhoging, kan de concentratie ijzerslib in het filtraat verhogen. Omdat het ijzerslib in het filtraat uit kleine deeltjes bestaat, wordt de troebelheid hoger bij een hogere concentratie ijzer.

#### *benut de relatie tussen ijzer en de troebelheid*

- \* effecten van de bedrijfsvoering op de ontijzering zijn in veel gevallen continu te meten met troebelheidsmeters, omdat de troebelheid een goede indicatie geeft van de hoeveelheid ijzer in het filtraat.

### 2.2 Ontmanging

Ontmanging is een langzaam verlopend autokatalytisch proces. Is een filter eenmaal goed ingewerkt en is er voldoende contacttijd en zuurstof, dan hoeft ontmanging geen problemen te geven. Mangaan zit, bij de voorkomende omstandigheden, goed vast op het filtermateriaal. Het enige echt belangrijke aspect van de bedrijfsvoering is de concurrentie van andere stoffen, zoals methaan, ijzer en ammonium. De zone waar de ontmanging begint bevindt zich dieper in het filterbed omdat de omzetting van methaan en de verwijdering van ijzer (grotendeels) bovenin het filter verlopen. De ontmanging verloopt sneller bij een hogere concentratie zuurstof en een hogere pH. Omdat de beluchting invloed heeft op de concentratie methaan in het filter én op de pH én op de zuurstofconcentratie, is het effect van de beluchting voor de ontmanging belangrijk. Is de beluchting niet

voldoende, bijvoorbeeld door een te lage belasting, waardoor de sproeiers druppelen, of door een te hoge belasting, waardoor de contacttijd te kort en/of de lucht waterverhouding te laag wordt, dan kan door een lagere pH, een lagere concentratie zuurstof en/of een hogere concentratie methaan de ontmanging onvolledig worden. Ook hogere concentraties mangaan, ammonium en/of methaan, door het inschakelen van een "slechtere put" kunnen een minder volledige ontmanging tot gevolg hebben. Dat is ook een kwestie van bedrijfsvoering.

Als vuistregel kan gegeven worden:

*vuistregels ontmanging*

- \* als de ontmanging continu onvoldoende is, is er niet voldoende contacttijd. Dat kan twee oorzaken hebben:
  - . de filters zijn te krap gedimensioneerd;
  - . er treedt voorkeurstroming op door niet gelijkmatige vervuiling.
- \* als de ontmanging periodiek onvoldoende is, komt dit door:
  - . hogere concentraties ammonium en/of mangaan in het beluchte water door een veranderde ruwwatersamenstelling of een niet goed functionerende beluchting.

## 2.3 Nitrificatie

Twee aspecten zijn van groot belang voor de nitrificatie:

- 1 Het hoge zuurstofverbruik van nitrificerende bacteriën;
- 2 De lage groeisnelheid.

*ad 1: hoog zuurstofverbruik*

Voor omzetting van 1 mg  $\text{NH}_4^+$  (of 0,8 mgN  $\text{NH}_4^+$ ) gebruiken nitrificerende bacteriën 3,8 mg/l  $\text{O}_2$ . Gevolg van dit hoge zuurstofverbruik kan zijn dat in een filter zuurstofloosheid optreedt. Met een zuurstofelectrode in het filtereffluent (vòòr een eventuele katterug, want daarin treedt beluchting op!) is zuurstofloosheid in het filterbed meestal niet te achterhalen. Zuurstofloosheid in een biofilm of in een slecht doorstroemd deel van het filterbed kan zo niet worden gemeten. Plaatselijke zuurstofloosheid kan tijdens filtratie voorkomen als voorkeurstromen optreden, of tijdens stilstand van de filtratie. Bacteriën gaan dan namelijk verder met autogene ademhaling, zeg maar het verteren van reservevoedsel. Als plaatselijk zuurstofloosheid is opgetreden, is dat te zien aan de effluentsamenstelling. Nitriet en mangaan in het filtraat kunnen er bijvoorbeeld op wijzen.

*vuistregels zuurstofloosheid*

- \* zuurstofloosheid in een filterbed tijdens stilstand van de filtratie moet worden voorkomen;
- \* mangaan en nitriet in het filtraat na stilstand van de filtratie wijzen op (plaatselijke) zuurstofloosheid in het filterbed;
- \* de kans op (plaatselijke) zuurstofloosheid is aanwezig als:
  - . de concentratie zuurstof in het filtraat  $< 4$  mg/l komt (vuistregel drs. Feij van WLZ);
  - . de concentratie zuurstof in het filtraat  $< 2$  mg/l is en het water nitriet bevat (criterium WLO).

### *ad 2: lage groeisnelheid*

Bij een plotseling verhoging van de ammoniumbelasting, door een hogere concentratie ammonium of een hogere filtratiesnelheid, kan het enige tijd vergen voor het aantal bacteriën is aangepast aan de voeding. Bekend is dat nitrificerende bacteriën lang in leven kunnen blijven, soms wel weken.

#### *advies belasting biologische filtratie*

- \* het is optimaal de bacteriepopulatie (nitrificerende flora) in een filter zo gelijkmatig mogelijk te voeden (met ammonium);
- \* dat kan bij variërende filtratiesnelheid door putten met de hoogste ammoniumconcentratie in te schakelen bij de laagste filtratiesnelheid van de filters. Het product van volume water en concentratie ammonium is daardoor binnen gewenste grenzen te houden.

## 2.4 Bacteriegroei in het filter

Door omzetting van methaan en ammonium wordt er biomassa gevormd in het filterbed. Een deel hiervan sterft en wordt dus dode biomassa. Bij elke spoelbeurt wordt een deel van de dode en leverde biomassa uitgespoeld. De resterende biomassa blijft in het filterbed. Een deel daarvan komt in het filtraat en komt in het nafiltraat of de reinwaterkelder. Een echt goede balans is nog nooit opgesteld en zeker niet te maken met de gebruikelijke koloniegetal bepalingen bij 22 en 37°C. Deze somparameters zeggen eigenlijk zeer weinig. Een parameter die "indirect" wel een indicatie kan geven dat er dode biomassa is opgehoopt, is het aantal *Aeromonas* bacteriën. *Aeromonas* kan zich vermeerderen door gebruik van stoffen uit dode biomassa. Slechts weinig dode biomassa kan al voldoende voedsel bevatten voor tientallen *Aeromonas* bacteriën per 100 ml. Chemisch is de daarvoor gebruikte hoeveelheid dode biomassa niet te bepalen. De biofilmvormingssnelheid (BVS), bepaald in het drinkwater of het nafiltraat, is ook een zeer gevoelige parameter. Terwijl de wettelijk verplichte parameters aangeven dat het drinkwater goed is, kan een hoge BVS aangeven dat er stoffen in het water zitten die nagroei zullen gaan geven. Met chemische parameters is in zo'n geval vaak nauwelijks iets te zien. Opvallend is dat er soms een duidelijke trendbreuk is te zien in de BVS. Er moet dan iets zijn gebeurd bij winning of zuivering. Het lukte nog niet de oorzaak te achterhalen. Het lijkt zeer aannemelijk dat, naast de watersamenstelling behorend bij een putschakeling, de bedrijfsvoering van filters effect heeft op de BVS. De meetmethode van de BVS vergt echter teveel tijd om een directe relatie tussen oorzaak en gevolg te achterhalen. Voorlopig blijft daarom het advies:

#### *vuistregel biologische filtratie*

- \* biologische filtratie vergt regelmaat door een zo constant mogelijke bedrijfsvoering.

### **3 EXPERIMENTEEL VASTGESTELDE EFFECTEN VAN DE BEDRIJFSVOERING VAN DE GRONDWATER-ZUIVERING**

Ter illustratie van het gestelde in het voorgaande hoofdstuk, worden hierna resultaten van experimenten met proef- en praktijkinstallaties kort behandeld. Mangaan en ammonium worden in één paragraaf besproken, omdat ze in de praktijk vaak samen opgaan/ gelijk reageren. Bacteriegroei in filters wordt apart behandeld.

#### **3.1 Effecten van de filtratiesnelheid op de ontijzering**

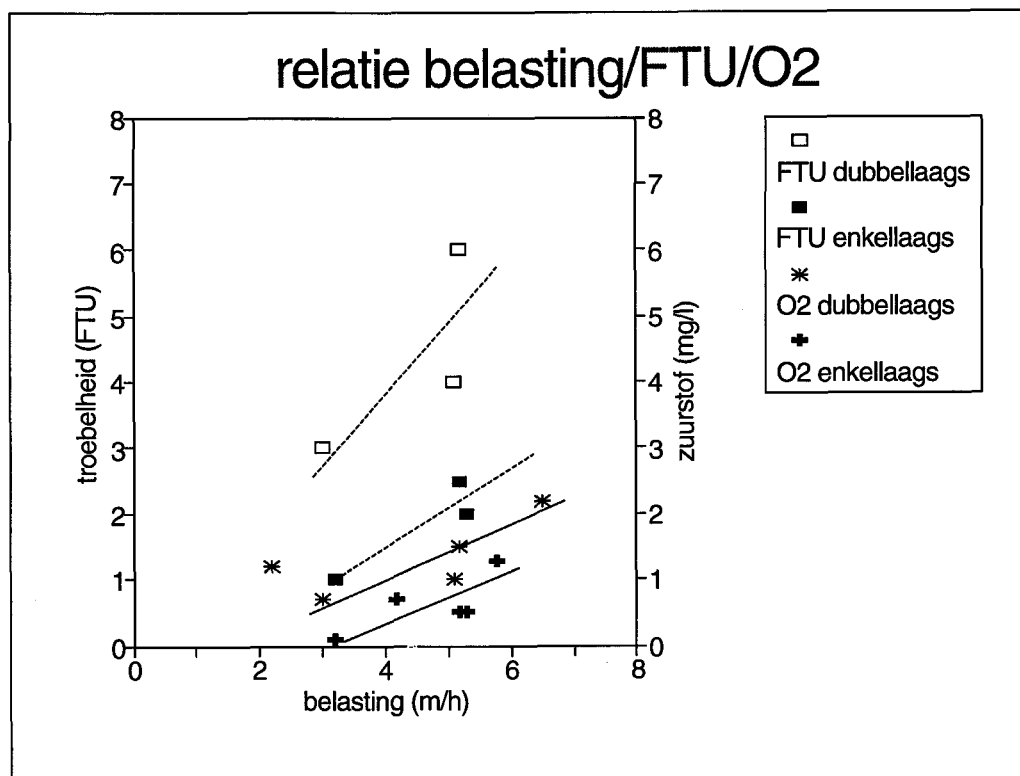
##### **3.1.1 Proefinstallatie Ommelanderswijk; effect filtratiesnelheid**

Informatie WAPROG, WLN en Kiwa

Met een proefinstallatie in Ommelanderswijk is in 1995-1996 onderzocht hoe grondwater moet worden gezuiverd. Het grondwater bevatte 35 mg/l methaan, 24 mg/l ijzer, 0,7 mg/l mangaan en 3,8 mg/l ammonium. De proefinstallatie bestond uit plaatbeluchting, gevolgd door voorfiltratie in twee parallel geschakelde filters:

- voorfilter 1, dubbellaags met 75 cm antraciet (2,5-4,0 mm) en 75 cm grind 1,7-2,5 mm;
- voorfilter 2, enkellaags met 150 cm grind 2,0-3,15 mm.

De proeven zijn uitvoeriger beschreven in bijlage 1. Afbeelding 1 laat zien dat bij hogere snelheid de troebelheid hoger werd. De relatie tussen troebelheid en ijzerconcentratie was lineair, dus ook de concentratie ijzer werd hoger.



Afbeelding 1 relatie tussen de filterbelasting en de troebelheid en zuurstofconcentratie van het effluent

Voor het bereiken van de streefwaarde < 1 mg/l Fe in het voorfiltraat was een bedhoogte van 1,5 m nodig. Daaruit blijkt dat de ontijzeringszone vrij groot was. Het verwondert dan ook niet dat bij hogere filtratiesnelheid de concentratie ijzer toenam in het filtraat.

### 3.1.2 Proefinstallatie Overveen; effect verhogen filtratiesnelheid

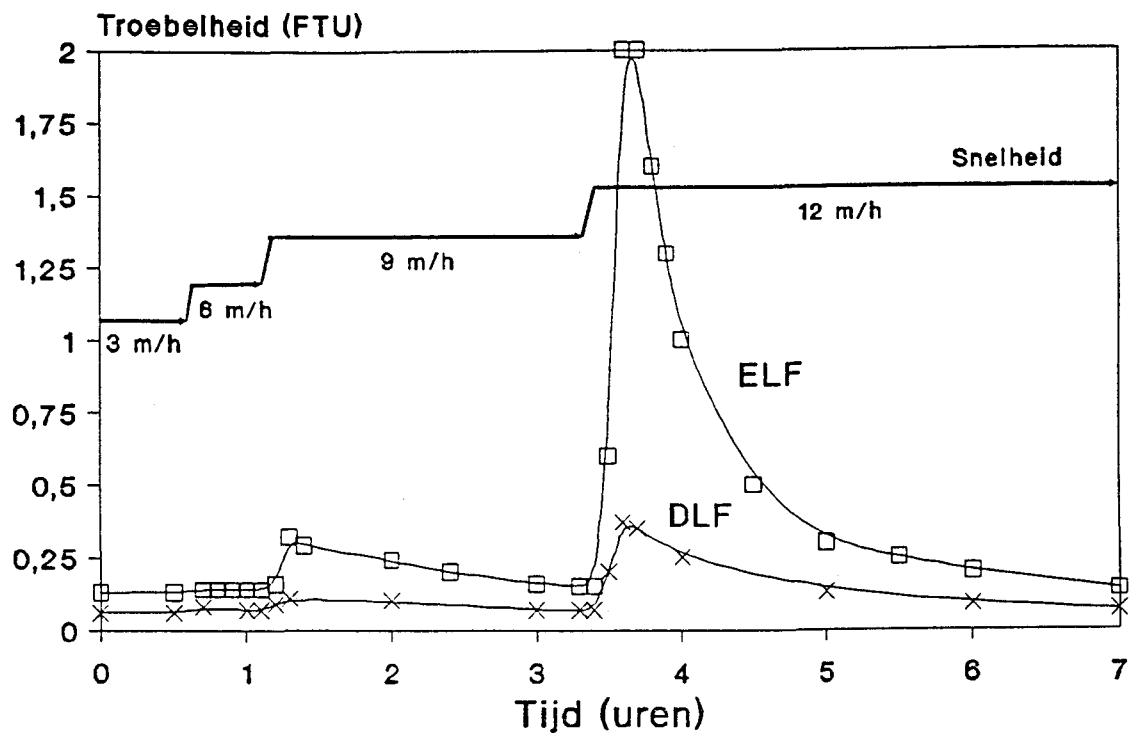
Informatie van Frank Donker, WLZK

Ter voorbereiding van productieverhoging met bestaande filters, onderzochten WLZK en Kiwa met twee parallel geschakelde proeffilters het effect van het verhogen van de filtratiesnelheid van een enkellaags- en een dubbellaagsfilter. Na beluchting met een putbeluchter had het influent van de proeffilters de volgende samenstelling: CH<sub>4</sub> 0,1 mg/l, Fe 1,4 mg/l, Mn 0,36 mg/l, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 0,55 mgN/l, O<sub>2</sub> 7 mg/l.

Het enkellaagsfilter was gevuld met 1 m grind 1,0-1,6 mm, het dubbellaagsfilter met 0,6 m zand 0,6-0,85 mm en 0,4 m anthraciet 0,8-1,6 mm.

Afbeelding 2 laat het effect van stapsgewijze verhoging van de filtratiesnelheid op de troebelheid van beide filtraten zien. Belangrijkste resultaat: de toename van de troebelheid van het filtraat van het dubbellaagsfilter was bij verhogen van de filtratiesnelheid duidelijk geringer.





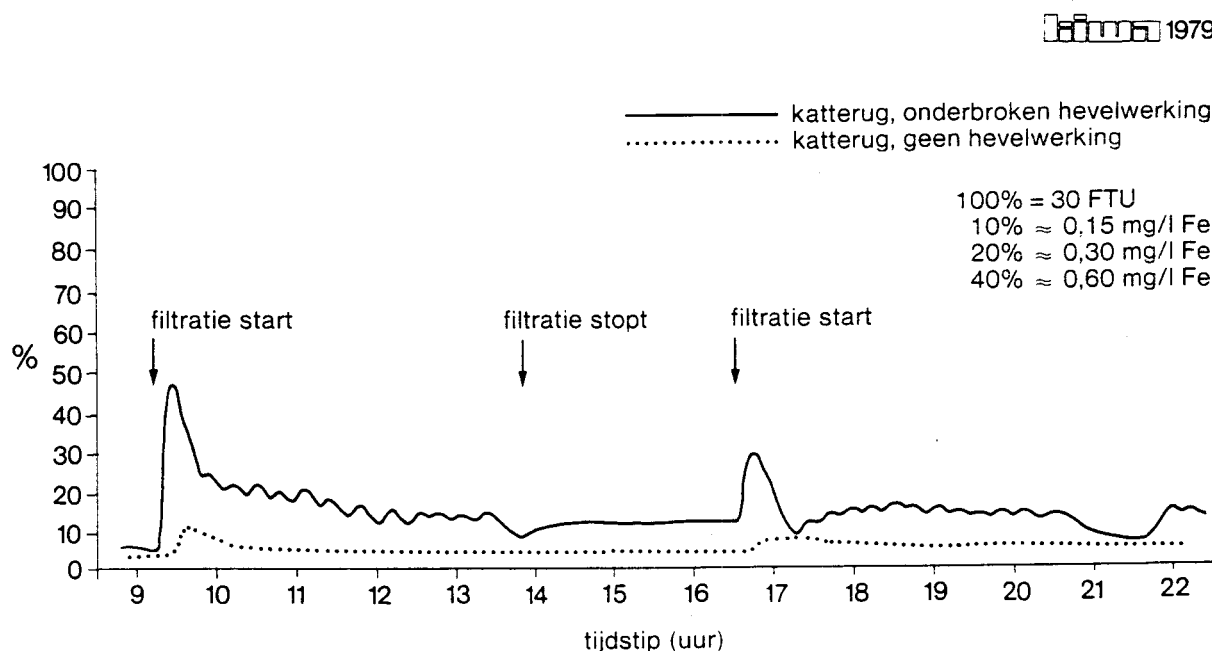
Afbeelding 2 *Effect stapsgewijze verhoging filtratiesnelheid op de troebelheid van het filtraat van een enkellaags- en een dubbellaagsfilter*

### 3.1.3 Praktijkinstallatie Waalwijk; variërende filtratiesnelheid

De situatie is vele jaren geleden gewijzigd. Informatie Kiwa

Pompstation Waalwijk functioneerde voor 1980 met één gezamenlijke katterug in de effluentafvoer van alle filters. De concentratie ijzer in het effluent van de filters kwam regelmatig boven 0,2 mg/l. De oorzaak bleek een niet goed functionerende filterregeling door het periodiek hevelen van de filtraatleiding. "Intermitterend" hevelen werd dit fenomeen genoemd. Continue troebelheidsmeting werd hier voor het eerst toegepast om het effect op de ontijzering te kunnen beoordelen. Afbeelding 3 laat zien hoe de troebelheid variëerde. De ontijzering verbeterde aanzienlijk nadat alle filters waren voorzien van een aparte filterregeling met constant bovenwaterniveau.

Troebelheid van het filtraat van twee snelfilters



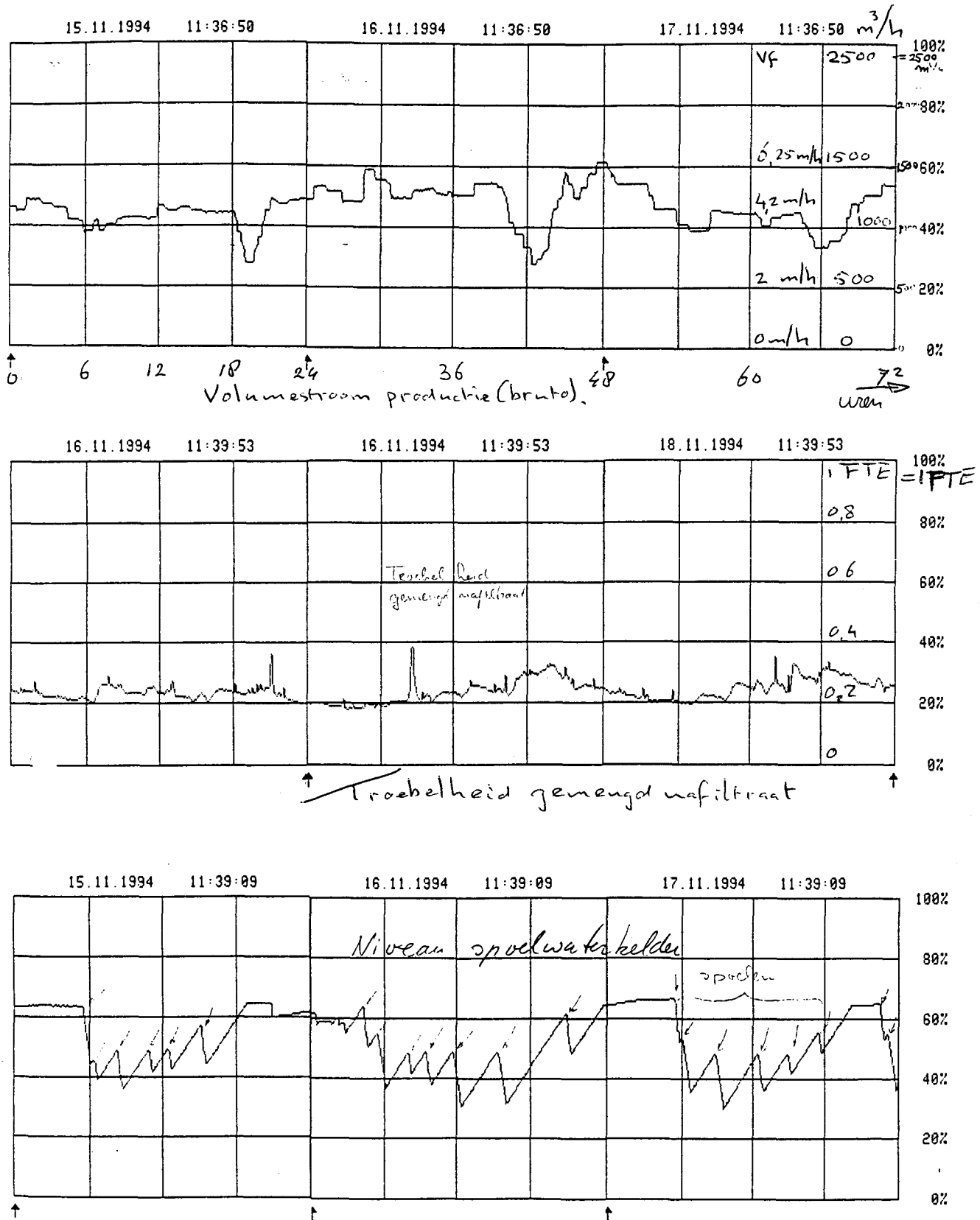
Afbeelding 3 Effect korte termijn variaties in de filtratiesnelheid op de troebelheid

### 3.1.4 Praktijkinstallatie Huybergen; variërende filtratiesnelheid

Informatie v.d. Broek, DELTA

Op pompstation Huybergen zijn 10 voorfilters gekoppeld aan elk een eigen nafilter. De voorfilters zijn gevuld met 1,5 m grind 1,5-2,5 mm, de nafilten met 1,0 m grind 1,2-1,75 mm. Alle filters zijn nagenoeg continu in productie. Als voor hogere productie meer putten worden ingeschakeld, neemt de filtratiesnelheid van alle filters toe. Filtratiesnelheden van 1 tot 8 m/h komen voor. De looptijd van de voorfilters is minimaal 48 uren en maximaal 72 uren. De bovenwaterstand wordt constant gehouden door een filterregeling. Afbeelding 4 laat zien hoe de troebelheid van het gemengde nafiltraat (middelste grafiek) variëert door variatie in de filtratiesnelheid (bovenste grafiek) en door het spoelen van filters (snelle niveau daling kelder, onderste grafiek). Niet aangetoond kon worden dat de variaties in de filtratiesnelheid effect hadden op de troebelheid. Een belangrijke oorzaak van

troebelheidsverhoging bleek te zijn een langdurige verhoging van de troebelheid van het voorfiltraat na het spoelen van de voorfilters (circa 10 uren in 1996).



Afbeelding 4 Troebelheid van het gezamenlijke nafiltraat van PS Huybergen

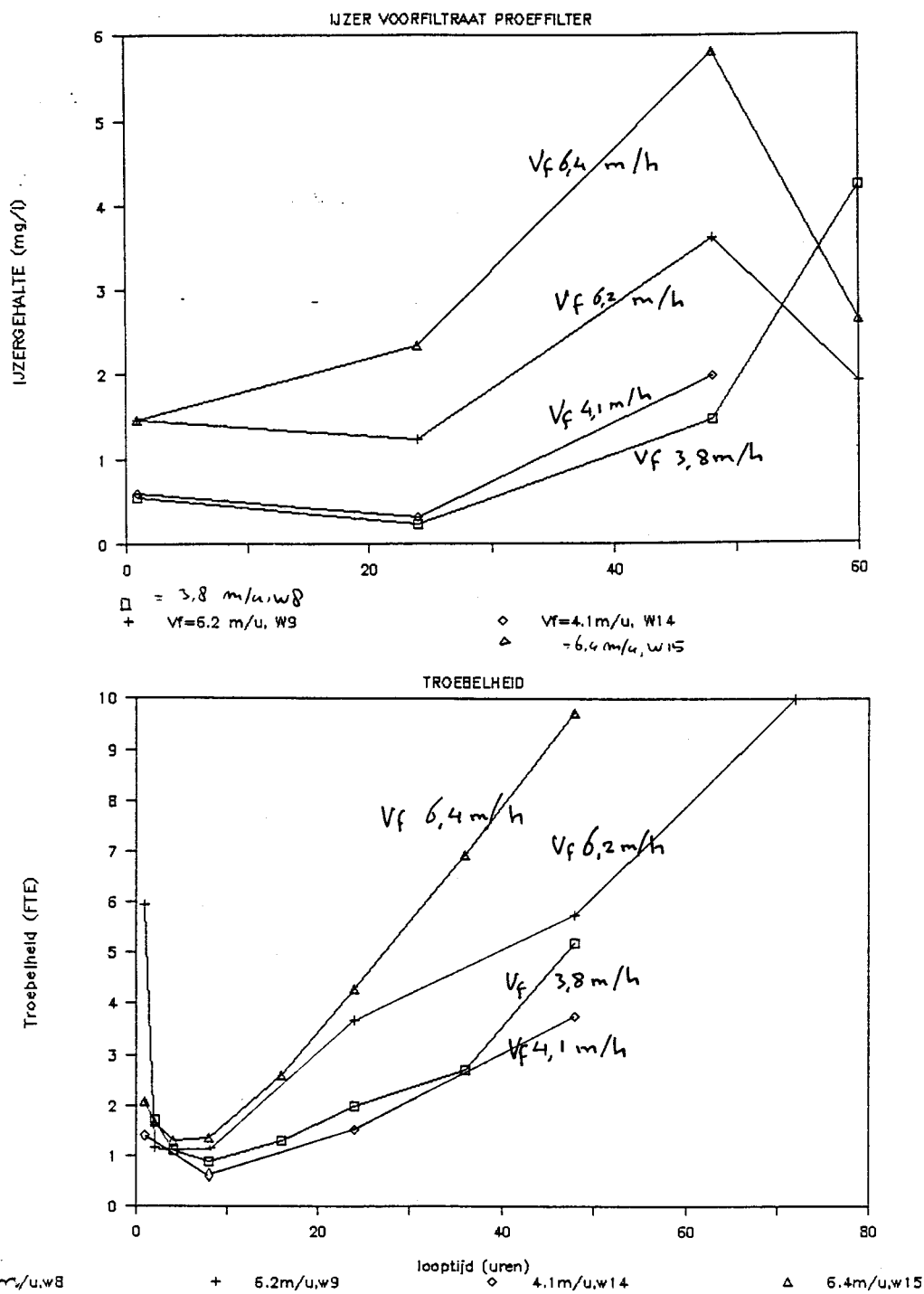
### 3.1.5

## Proefinstallatie Halsteren; effect filtratiesnelheid

informatie v.d. Broek, DELTA

### Twee filtratiesnelheden

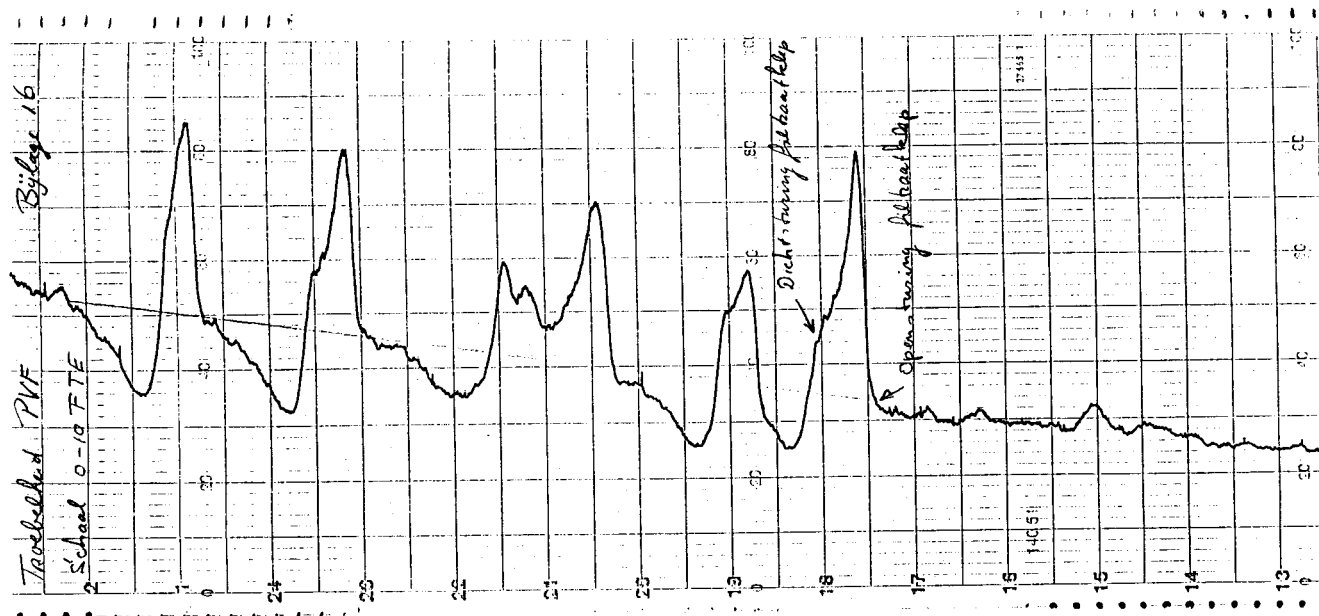
Afbeelding 5 laat zien dat bij hogere filtratiesnelheid de concentratie ijzer in het filtraat van een proeffilter te Halsteren na het spoelen hoger is en de ijzerconcentratie gedurende de looptijd sneller toeneemt.



Afbeelding 5 Verloop troebelheid en ijzerconcentratie gedurende een looptijd van een proeffilter bij verschillende filtratiesnelheden

### *In korte tijd variërende filtratiesnelheid*

Afbeelding 6 illustreert welk effect een snelle variatie van de filtratiesnelheid had op de troebelheid van het voorfiltraat van het proeffilter in Halsteren. De filtratiesnelheid variëerde in korte tijd sterk, doordat de regelklep in het filtraat van het proeffilter niet goed functioneerde.



Afbeelding 6 *Effect van variatie in de filtratiesnelheid van een proeffilter door open en dichtsturen van een filtraatklep*

## 3.2 Effect in- en uitschakelen op ontijzering

### 3.2.1 Proefinstallatie Ommelanderswijk; effect stilstand

Informatie WAPROG, WLN en Kiwa

Zie ook bijlage 1 en § 3.3.1. Twee voorfilters, die naast circa 22 mg/l ijzer ook ongeveer 2 mg/l ammonium omzetten, werden enkele malen een dag stilgezet. Zeker is dat er zuurstofloosheid in de filterbedden optrad. Daarna werd filtratie weer werd gestart. De eerste keer werden beide filters niet gespoeld voor het stilzetten, de tweede keer wel.

- het effluent van beide filters bleek meer ijzer te bevatten na het starten van de filtratie;
- bij beide filters werd de doorslag van ijzer minder als voor het stilzetten werd gespoeld.

Zie voor de getalswaarden bijlage 1.

### 3.2.2 Praktijkinstallatie De Groeve; effect in- en uitschakelen bij 2 filtratiesnelheden

tekst en informatie J. Reilman, WLN en WAPROG

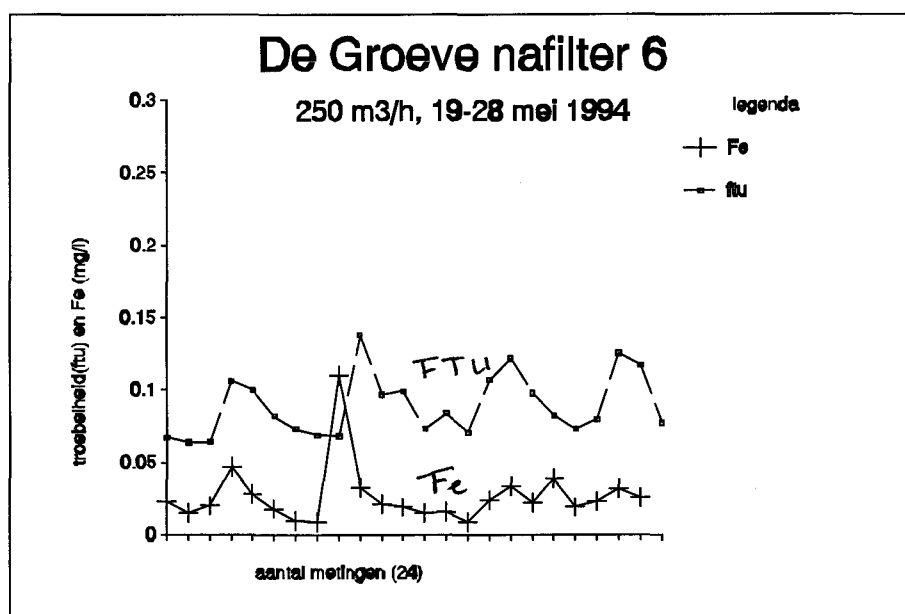
Op PS de Groeve wordt grondwater gezuiverd door versproeiing, voorfiltratie, versproeiing van het verzamelde voorfiltraat en nafiltratie. Het ruwe water bevat ongeveer 5 mg/l ijzer, 0,25 mg/l mangaan en 0,22 mgN/l ammonium. De filtratie-

snelheid bedraagt 12 m/h. De productie wordt aangepast door het in of uitschakelen van individuele filters (gestaffeld schakelen).

De filtratiesnelheid van de filters werd tijdelijk verlaagd van 12 naar 8 m/h om na te gaan of dit tot verbetering van de kwaliteit van het filtraat zou leiden. De frequentie van het in- en uitschakelen zal bij gelijkblijvende produktie door de verlaging van de filtratiesnelheid naar 8 m/h afnemen.

Bij het onderzochte nafilter 6 trad nauwelijks verschil op in het aantal schakelingen, omdat het tijdens de proef "vooraan in de schakeling" heeft gestaan en daardoor het minst onderhevig was aan in- en uitschakelingen. Het geconstateerde effect in de waterkwaliteit kan daarom voornamelijk worden toegeschreven aan de wijziging in de filtratiesnelheid.

Beoordeeld werd de kwaliteit van het nafiltraat zowel bij een filtratiesnelheid van 8 m/h als bij 12 m/h. Van nafilter 6 werd de troebelheid, het ijzer en mangaangehalte gemeten. Het nafiltraat werd gedurende de experimenten niet gespoeld. In de afbeeldingen 7 en 8 is het verloop van de troebelheid en de ijzerconcentratie weergegeven. De concentraties Fe en Mn werden bepaald in steekmonsters. De troebelheid werd continu geregistreerd.

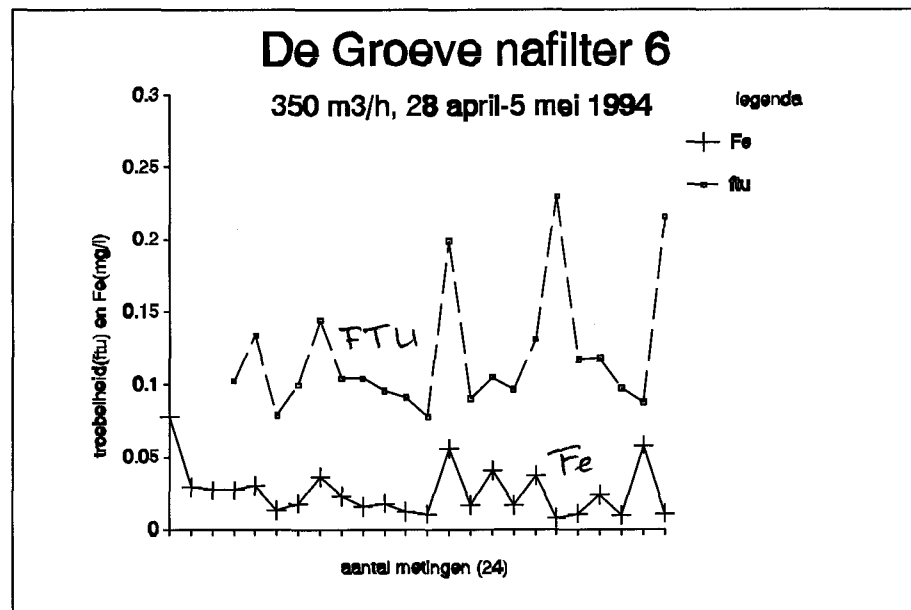


Afbeelding 7 Troebelheid en ijzergehalte in het effluent van nafilter 6 bij een filtratiesnelheid van 8 m/h en in/uit schakeling

In tabel 1 zijn de gemiddelde waarden voor ijzer, mangaan en troebelheid voor beide filtratiesnelheden naast elkaar vermeld.

Tabel 1 Gemiddelde concentraties ijzer en mangaan in het effluent van nafilter 6

|                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Filtratiesnelheid 8 m/h             | Filtratiesnelheid 12m/h             |
| Fe <sub>gem</sub> 0.027 mg/l        | Fe <sub>gem</sub> 0.026 mg/l        |
| Troebelh. <sub>gem.</sub> 0.089 ftu | troebelh. <sub>gem.</sub> 0.120 ftu |
| Mn <sub>gem.</sub> <0.001 mg/l      | Mn <sub>gem.</sub> 0.001 mg/l       |
| n = 24                              | n = 24                              |



Afbeelding 8 Troebelheid en ijzergehalte in het effluent van nafilter 6, bij een filtratiesnelheid van 12 m/h en in/uit schakeling

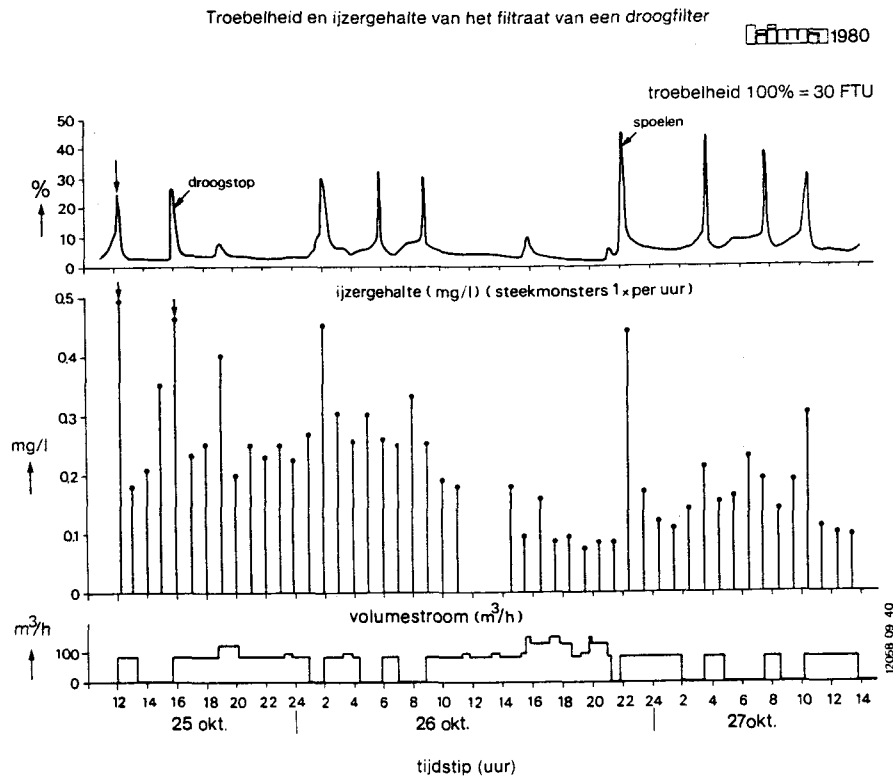
De concentraties ijzer en mangaan in het **nafiltraat** verschilden nauwelijks bij 8 en 12 m/h. Wel werd er een verlaging in de troebelheid geconstateerd bij de lagere snelheid. Verwacht wordt dat de concentratie ijzer in het nafiltraat lager zal worden, als er bij 8 m/h minder in/uit wordt geschakeld.

### 3.2.3 Praktijkinstallatie Bremerberg; effect in- en uitschakelen bij enkelvoudige droogfiltratie

situatie is vele jaren geleden gewijzigd, informatie Kiwa

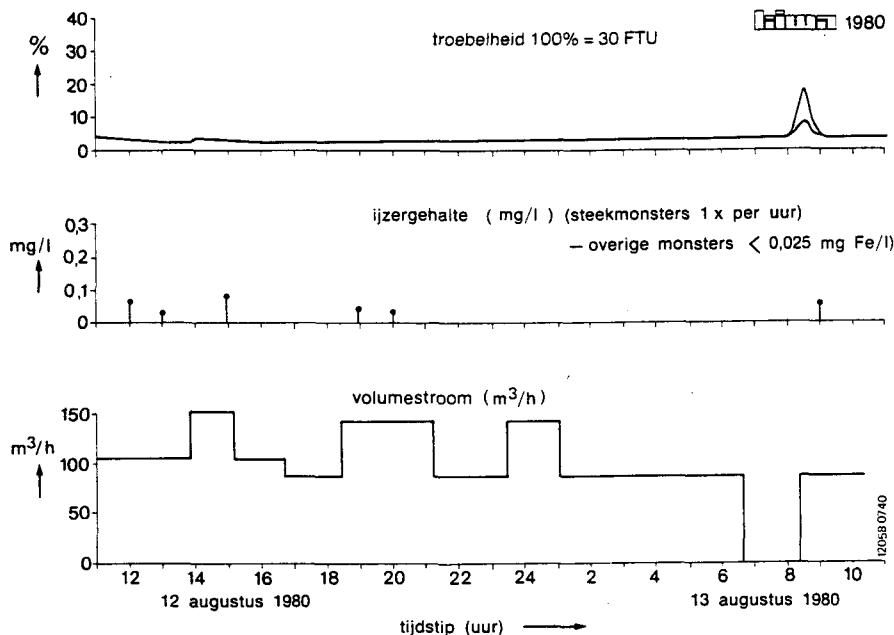
Op pompstation Bremerberg werd enkelvoudige droogfiltratie toegepast. De filters werden frequent aan en uitgeschakeld. De concentraties ijzer in het uitgaande drinkwater, welke werden bepaald in watermonsters die elke maandagmorgen om circa 11 uur werden genomen, deden niet vermoeden dat de ontijzering zo sterk zou worden gestoord door starten na stilstand. Op maandagmorgen draait de filtratie namelijk continu. Troebelheidsmeting en ijzerbepaling, in elk uur genomen steekmonsters effluent gedurende drie achtereenvolgende dagen, lieten duidelijk zien dat een nagenoeg constante filtratiesnelheid gecombineerd met aan/uit schakelen, voor het ontijzeringresultaat van enkelvoudige droogfiltratie niet goed is (afbeelding 9). Na het filterspoelen was de doorslag van ijzer enige tijd lager. Verbeteren van de

ontijzering was dus gewenst. Afbeelding 10 laat zien dat het in bedrijf houden van de filters de gewenste verbetering van de ontijzering opleverde.



**Afbeelding 9** *Effect van frequent starten en stoppen van enkelvoudige droogfiltratie op de ontijzering*

Ijzergehalte en troebelheid van het filtraat van een droogfilter.  
 experiment: contine productie



**Afbeelding 10** *Enkelvoudige droogfilters ontijzeren veel beter als ze nagenoeg continu in bedrijf zijn*



Inmiddels wordt op pompstation Bremerberg natfiltratie toegepast.

### 3.3 Conclusies ontijzering

#### 3.3.1 Algemeen

- \* bij de meest voorkomende pH waarden van belucht grondwater, tussen 7 en 8, verloopt een belangrijk deel van de ontijzering door filtratie van ijzerhydroxidevlokken;
- \* de ontijzering is gevoeliger voor veranderingen in de filtratiesnelheid, naarmate de ijzerhydroxidevlokken minder sterk zijn;
- \* ijzerhydroxidevlokken zijn minder sterk als de pH niet goed in het vlokgebied voor de ontijzering ligt.

#### *optimale pH voor ontijzering*

- \* de optimale pH voor ontijzering hangt af van de watersamenstelling en kan per locatie anders zijn;
- \* is de ontijzering gevoelig voor verstoring, probeer dan of veranderen van de pH in het ontijzeringsfilter een stabielere ontijzering oplevert.

#### 3.3.2 Filtratiesnelheid

- \* een verhoging van de filtratiesnelheid tijdens een looptijd levert enige tijd een verhoging van de concentratie ijzer in het filtraat op. Deze verhoging is omvangrijker:
  - . als de looptijd langer is en dus meer ijzer in het filter is opgehoopt;
  - . als er meer ijzer in het filter aanwezig is door een onvoldoende effectieve spoeling;
  - . als de ijzerhydroxide vlokken minder sterk zijn;
  - . als de filtratiesnelheid al (relatief) hoog is;
  - . naar mate de grindfractie grover is.

#### 3.3.3 Starten filtratie

- \* starten van de filtratie, na een productiestop, levert doorslag van ijzer op. Ook hiervoor geldt dat de doorslag omvangrijker is onder de hiervoor genoemde omstandigheden.

### 3.3.4 Bedrijfsvoering ontijzering

*advies bedrijfsvoering ontijzering*

- \* de voor een pompstation optimale bedrijfsvoering moet experimenteel worden vastgesteld;
- \* continue troebelheidsmeting is zeer bruikbaar voor het vaststellen van effecten van de bedrijfsvoering op de ontijzering;
- \* experimenten ter verbetering van een bestaande zuivering, of het ontwerp van een nieuwe zuivering, zijn pas klaar als de beste bedrijfsvoering voor ontijzering is vastgesteld;
- \* in het programma van eisen voor nieuwbouw dient geadviseerd te worden een waterberging met *effectieve dagaccumulatie* te bouwen, als is vastgesteld dat de ontijzering gevoelig is voor verstoring en daar met technisch haalbare maatregelen onvoldoende aan is te veranderen.

### 3.4 Ontmangling en nitrificatie

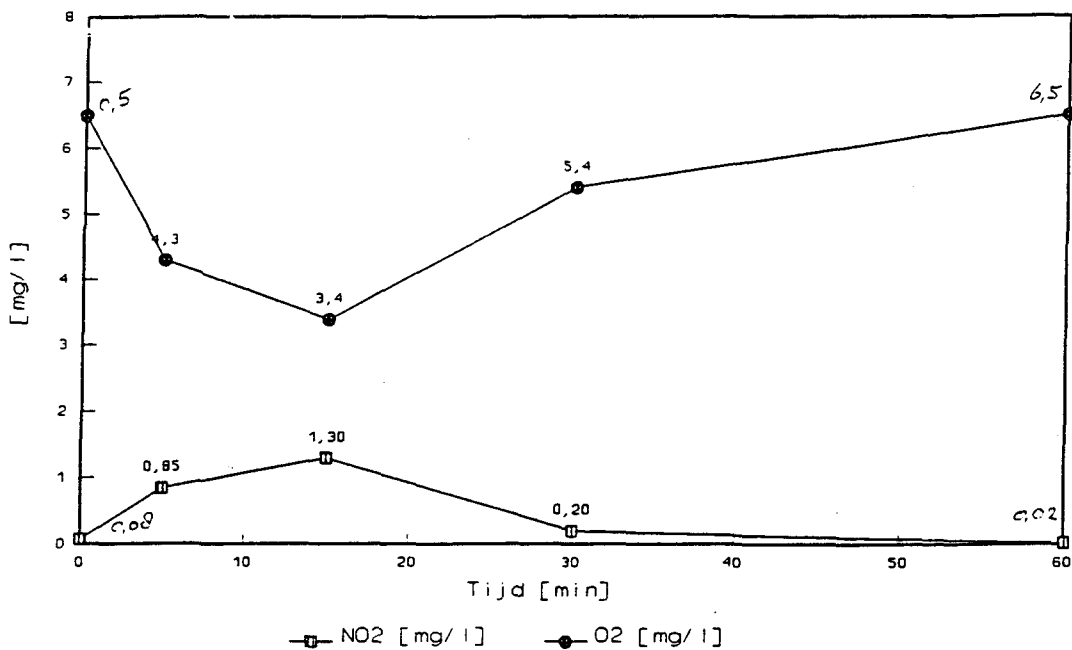
#### 3.4.1 Nitriet in filtraat praktijkinstallatie Lith

informatie E. Coppens en A. Bekkers, WOB

Het grondwater van PS Lith bevat 5 à 6 mg/l Fe, bijna 1 mg/l Mn en 1,1 mg/l  $\text{NH}_4^+$  en 0,9-2,9 mg/l methaan. De pH van het grondwater is 7,34 en van het reine water 7,66. De zuivering bestaat uit dubbele filtratie met een ontwerp filtratiesnelheid van 9,5 m/h. Alle filters worden tegelijk in of uitgeschakeld. Het aantal ingeschakelde putten varieert per seizoen. Langdurige stilstand in perioden met lage productie wordt daarmee voorkomen. Het grind is fors aangegroeid. Het uitgaande water bevatte in 1994 nitriet. Onderzoek van WOB wees uit dat de oorzaak was: nitrietvorming in de nafilts tijdens stilstand van de filtratie. De volledige rapportage is opgenomen in bijlage 2, om te laten zien welke maatregelen overwogen worden, voor het zo constant mogelijk in productie houden van de filters. Tevens staat er een mooi voorbeeld in van een *veel voorkomend euvel*: door het hoge waterniveau tijdens stilstand wordt de regelklep in de filtraatleiding na het weer starten van de filtratie tijdelijk ver opengestuurd door de niveauregeling. Van de twee meest verschillende situaties zijn de figuren hierna geplaatst.

#### Bemonstering NF 1 PS Lith

Na een looptijd van 97 uur 12 uur stilstand



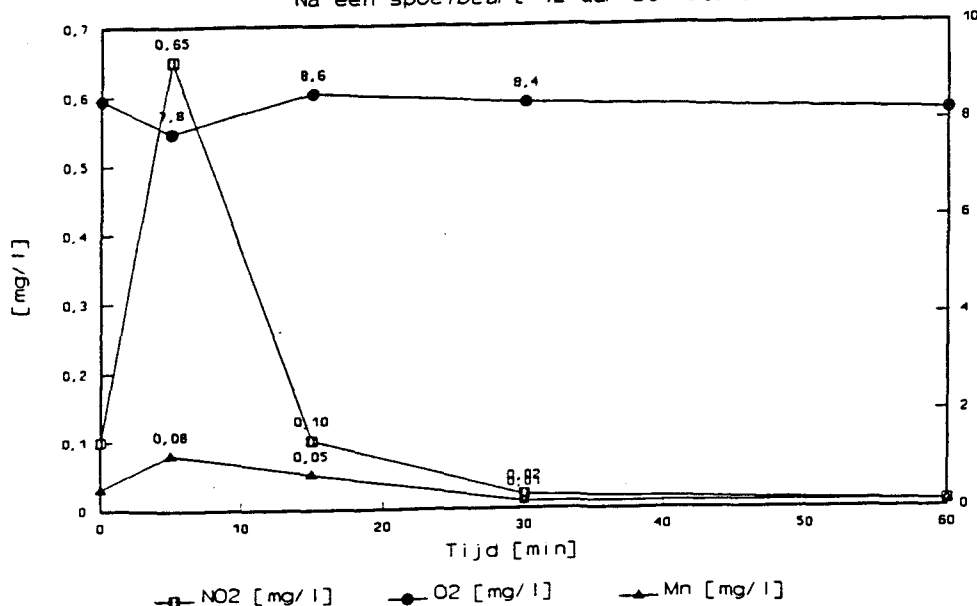
23. 11. 94

Afbeelding 11 Verloop van de concentraties nitriet en zuurstof in het nafiltraat, na een stilstand van 12 uren volgend op een looptijd van 97 uren

Afbeelding 11 laat zien dat na 12 uur stilstand volgend op een looptijd van 97 uren een half uur lang te veel nitriet in het nafiltraat werd aangetoond (mangaan werd die eerste keer nog niet bepaald). Afbeelding 12 laat zien waardoor verbetering optrad: filtergrind *extern reinigen* en *eerst spoelen* voor de filtratie 12 uren stil werd gezet.

## Bemonstering NF 1 PS Lith

Na een spoelbeurt 12 uur stilstand



18.05.95

*Afbeelding 12 Verloop van de concentraties nitriet, mangaan en zuurstof in het nafiltraat, na een stilstand van 12 uren. Het filterbed was recent extern gereinigd en voor het stilzetten gespoeld. Let op: de schaalverdeling is anders als in de vorige afbeelding*

Illustratief voor de effecten van extern reinigen van filtergrind en spoelen voor stilstand op de berekende hoeveelheid nitriet in het filtraat na stilstand. Zie tabel 2.

*Tabel 2 Effect van voorafgaand spoelen van een filter en extern reinigen van filtergrind op de hoeveelheid nitriet in het nafiltraat na 12 uren stilstand*

| extern gewassen | looptijd (uren) | stilstand (uren) | cumulatieve hoeveelheid NO <sub>2</sub> in nafiltraat (mg) |
|-----------------|-----------------|------------------|--|
| nee             | 97              | 12               | 115.000  |
| nee             | 0               | 12               | 70.700   |
| ja              | 95              | 12               | 75.200   |
| ja              | 0               | 12               | 28.400   |

Duidelijk blijkt: "hoe schoner het filterbed, hoe lager de hoeveelheid nitriet in het effluent". Het blijkt hier niet te gaan om een ammoniumprobleem, want de concentratie ammonium was steeds < 0,05 mg/l, maar een door nitrificatie (en wellicht methaanomzetting) veroorzaakt probleem. De nitriet vorming komt door *plaatselijke anaerobie* t.g.v. onvoldoende zuurstoftoevoer bij bacteriologische processen waarbij

zuurstof wordt verbruikt. Ook de aanwezigheid van mangaan in het filtraat *na stilstand* wijst op zuurstofloosheid. Aan de concentratie zuurstof is niet te zien dat er plaatselijk zuurstofloosheid optreedt.

### 3.4.2 Smaakproblemen praktijkinstallatie Nietap

informatie J. Reilman WLN en WAPROG

#### *De zuivering*

De zuivering van PS Nietap bestaat uit versproeiing, natfiltratie met oplopende bovenwaterstand, versproeiing, natfiltratie met oplopende bovenwaterstand. Het grondwater bevat 6 mg/l Fe, 0,2 mg/l Mn en 0,15 mgN/l  $\text{NH}_4^+$  en circa 3,6 mg/l methaan. Door de meer dan een meter oplopende bovenwaterstand neemt de valhoogte van het versproeide ruwe water af. Daardoor neemt ook het rendement van de methaanverwijdering af. Bepaald werd in 1992 dat het grondwater na beluchten 0,3-0,8 mg/l methaan bevatte.

#### *Smaakklachten*

In de zomer van 1993 hebben veel consumenten geklaagd over de smaak van het drinkwater van pompstation Nietap. De oorzaak was dat een van de twee filtergebouwen na een productiestilstand van 8 dagen weer ingezet werd voor productie. In het najaar van 1993 is experimenteel een stilstandproef uitgevoerd met één voorfilter en het daaraan gekoppelde nafiliter. Het doel was de "bedorven" smaak te reproduceren en met GC-MS onderzoek de smaakverslechterende verbindingen te bepalen. Tevens werd een aantal kwaliteitsparameters bepaald op de diverse tijdstippen na het bijzetten van de filterset. Ook werden er smaaktesten uitgevoerd door een panel. De filters bevatten oud filtergrind en werden voor het stilzetten niet gespoeld, om een ongunstige praktijksituatie goed na te bootsen.

Het onderzoek bevestigde dat de smaak ongunstig wordt beïnvloed door een langduriger stilstand van de filters. De smaak, die ten tijde van de calamiteit werd omschreven als "scherp en branderig op de tong", was nu minder slecht. Oorzaak kan zijn geweest dat in de warme zomer van 1993 alle filters in het filtergebouw stilstonden en de temperatuur in de filterbedden daardoor hoger was geworden. Wel werd er in de sproeiruimte boven het nafiliter de geur van "zure melk" waargenomen.

Met GC/MS werden er zwavelhoudende- en terpeenachtige verbindingen aangetoond. Van deze stoffen is bekend dat ze een slechte smaak geven. Deze verbindingen werden echter ook in lagere concentraties aangetoond in het nafiltraat van filters die niet buiten bedrijf waren geweest.

Niet bepaalde lagere carbonzuren zouden de "zure melkgeur" kunnen veroorzaken.

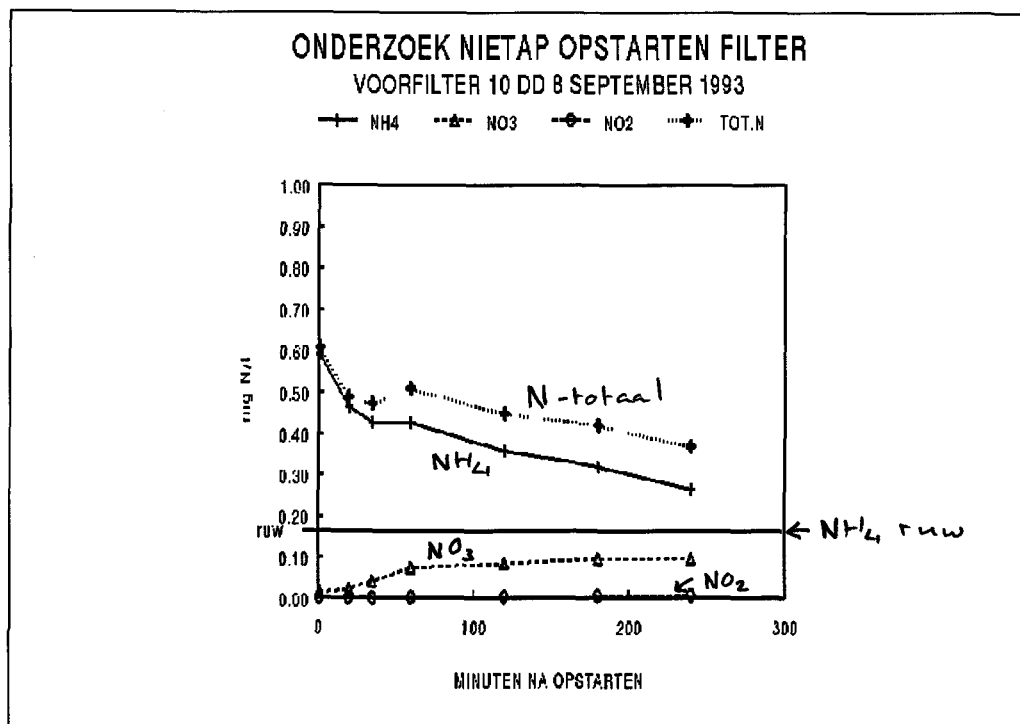
Het volledige verslag van dit experiment is beschreven in R-KFG 95.14.

#### *Resultaten metingen na stilstand*

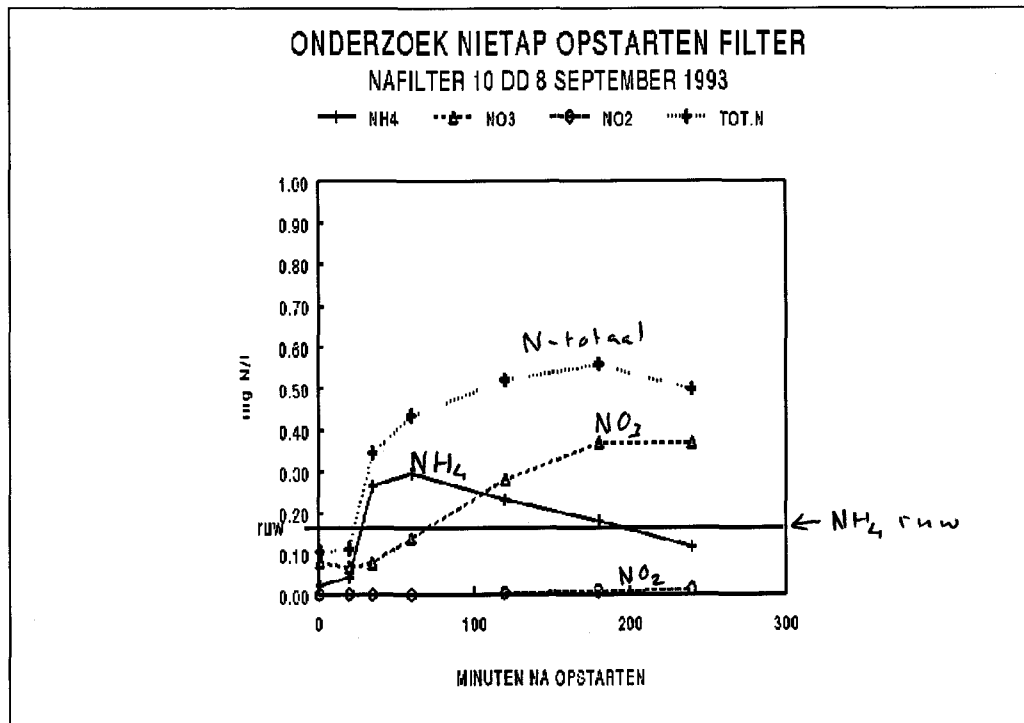
Hoewel ook bij dit filter, net als in Lith, geen zuurstofloosheid van het effluent werd gemeten, was er zeker sprake van plaatselijke zuurstofloosheid.

Opmerking: de filters van Nietap hebben geen valse bodem maar een bodem met M-stenen. Omdat daardoor geen groot volume zuurstofhoudend water van onder de bodem gemengd met zuurstofloos water uit het filter in de filtraatleiding komt, moet afwezigheid van zuurstof vastgesteld kunnen worden. Nu

weten we nog zekerder dat de zuurstofconcentratie in filtraat geen betrouwbare parameter is voor het optreden van zuurstofloosheid in -delen van het- filterbed. De afbeeldingen 13 en 14 laten zien hoe de samenstelling van het voor- en nafiltraat werd beïnvloed door de langdurige stilstand.



Afbeelding 13 Verloop van de concentraties stikstofverbindingen in het voorfiltraat na het starten van de filtratie. De horizontale lijn is de concentratie ammonium in het grondwater in mg NH<sub>4</sub>-N/l



Afbeelding 14 Verloop van de concentraties stikstofverbindingen in het nafiltraat na het starten van de filtratie. De horizontale lijn is de concentratie ammonium in het grondwater in mg NH<sub>4</sub>-N/l

*Belangrijk opbrengsten van het onderzoek*

- 1 het totale gehalte anorganisch stikstof in het voor- en nafiltraat was, na een langdurige periode van stilstand, enige tijd aanzienlijk hoger dan in het ruwe grondwater;
- 2 na een langere periode van stilstand bestaat in het voorfiltraat het anorganische stikstof aanvankelijk voornamelijk uit ammonium, ook direct na het starten;
- 3 het duurde enkele uren voor de nitrificatie in het voorfilter weer goed op gang was gekomen;
- 4 in het nafiltraat bestond het anorganisch stikstof kort na het starten ook voornamelijk uit ammonium.

*ad 1 hoger gehalte anorganisch stikstof*

Door zuurstofloosheid tijdens stilstand van de filtratie worden anorganische stikstofverbindingen (ammonium) gevormd door bacteriële afbraak van organische stikstofverbindingen, zoals eiwitten en aminozuren. Die organische stikstofverbindingen zijn in het filter aanwezig in dode en levende biomassa.

*ad 2 het voorfiltraat bevat ruim 3 x zoveel ammonium als het ruwe water*

Omdat er vrij veel methaan (0,3-0,8 mg/l) in het voorfilter werd omgezet, was er veel biomassa aanwezig. Kennelijk was er zoveel zuurstof verbruikt in de biofilm, dat daarin overal zuurstofloosheid optrad. Stoffen uit biomassa kunnen onder zuurstofloze omstandigheden worden omgezet in carbonzuren (aangetoond door Kiwa i.o.v. WAPROG) en ammonium. Er was vermoedelijk sprake van sterk anaerobe omstandigheden, want er werden zelfs sulfiden aangetoond.

*ad 3 de nitrificatie was na 4 uren nog niet volledig op het gebruikelijke niveau gekomen*

Omdat nitrificerende bacteriën langzame groeiers zijn, die enkele dagen nodig hebben om hun aantal te verdubbelen, ziet het er naar uit dat het op gang komen van de nitrificatie gebeurt door aanwezige bacteriën, die weer in een actieve groeifase moeten komen. Ze waren niet dood maar "vegeteerden".

Toelichting: De bacteriën komen, als ammonium en zuurstof groei mogelijk maken, in de "lag-phase", een activeringsperiode. In die activeringsperiode worden enzymen aangemaakt om ammonium om te zetten. Door de toename van de hoeveelheid enzymen neemt de omzettingssnelheid van ammonium toe.

*ad 4 ammonium in het nafiltraat*

In het nafiltraat bevat het eerste filtraat na stilstand minder anorganisch stikstof dan het ruwe water (anorganisch stikstof is de som van  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2^-\text{-N}$  en  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ). Mogelijk is door denitrificatie stikstofgas gevormd. Het verloop van de curven in de afbeeldingen 13 en 14 laat zien dat het nafiltraat een deel van het ammonium uit het voorfiltraat verwijdert. Na 4 uren is de nitrificatie in het nafiltraat nog niet voldoende voor volledige omzetting van alle ammonium uit het voorfiltraat. De aanpassing van de nitrificerende bacteriën in dit nafiltraat aan de hogere ammoniumbelasting vergt dus vele uren.

Opmerking: Het nafiltraat hoeft normaal nauwelijks ammonium om te zetten en zal daardoor te weinig nitrificerende bacteriën bevatten om de toegenomen belasting aan te kunnen.

Ook de mangaanconcentratie was enige tijd na het starten hoger, hetgeen bevestigt dat plaatselijk zuurstofloosheid is opgetreden.

## **3.5 Conclusies ontmangling en nitrificatie**

### **3.5.1 Zuurstofloosheid**

- \* voor nitrificatie is langdurige onderbreking van de filtratie niet gewenst;
- \* de acceptabele duur van de stilstand worden bepaald door de ammoniumbelasting van een filter en de hoeveelheid biologisch slib (biomassa) in het filter;
- \* als nafiltraat na stilstand mangaan en/of nitriet bevat, is plaatselijk in het filterbed zuurstofloosheid opgetreden;
- \* belangrijkste neveneffect van stilstand van een nitrificerend filter is dat nitriet in het filtereffluent aanwezig kan zijn. Dat is niet alleen een signaal, doch ook een aspect om in verband met de gezondheid rekening mee te houden.



*conclusie nitriet in drinkwater*

- \* de kans op nitriet in het drinkwater is groter als:
  - . alle filters frequent stilstaan door toepassen van een alles aan alles uit regeling bij een -voor het seizoen- te hoge filtratiesnelheid;
  - . de stilstaande filters meer biomassa bevatten;
  - . het (voor-)filter methaan omzet;
  - . de duur van de stilstand groter is.

### 3.5.2 Starten filtratie na langduriger stilstand

Na een langduriger productiestop (dagen) van meerdere filters is de kans op klachten en overschrijding van de nitrietnorm van het waterleidingbesluit alleen uit te sluiten door kwaliteitscontrole. Dat vergt echter tijd die er niet altijd is. De volgende aanbevelingen maken de kans op problemen klein.

*aanbevelingen inbedrijfname na productiestop*

- \* als meerdere filters of filterstraten na een langduriger productiestop weer in bedrijf worden genomen, kan dat het beste door de filters of filterstraten na elkaar te starten:
- \* het (na)filtraat kan beter niet direct zonder nabehandeling worden gebruikt als drinkwater;
- \* (na)filtraat is doorgaans bruikbaar als drinkwater:
  - . als de smaak goed is;
  - . de troebelheid normaal is;
  - . de concentratie zuurstof minimaal 4 mg/l bedraagt.

## 3.6 Bacteriegroei in het filter

### 3.6.1 Praktijkinstallatie Nietap

informatie Reilman, WLN, WAPROG

Ook voor het aspect bacteriegroei in het filter is het best gedocumenteerde voorbeeld dat van de langdurige stilstandproef op PS Nietap, beschreven in § 3.4.2. In tabel 3 zijn van enkele groepen bacteriën de hoogste aantallen die werden bepaald opgenomen.

Tabel 3 Hoogste aantallen bacteriën, na stilstand bepaald in voor- en nafiltraat 10

| parameter                 | norm WLB 1984        | hoogste waarde voorfiltraat 10 | hoogste waarde nafiltraat 10 |
|---------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| GGA 22°C (KVE/ml)         | <100                 | 210                            | 350                          |
| GGA 37°C (KVE/ml)         | <10                  | 16                             | 5                            |
| Coli 37°C (KVE/300 ml)    | <1                   | 0                              | 0                            |
| Aeromon 30°C (KVE/100 ml) | geen richtwaarde <20 | 24                             | 570                          |

In het voorfiltraat zijn de aantallen KVE bij 22 en 37°C korte tijd iets boven de drinkwaternorm geweest. De koloniegetallen, bepaald op GGA zijn dus niet geschikt om iets over de kwaliteit van het water onder deze omstandigheden te zeggen.

In het nafiltraat werd eenmaal een koloniegetal bij 22°C boven 100 KVE/ml aangetoond (na 4 uren productie). De enige bacteriologische parameter die iets zegt over de biologie in het nafiltraat is hier *Aeromonas*. Geen aantal om van te schrikken, maar een bevestiging van de kennis dat *Aeromonas* zich kan vermeerderen als de zuurstof op is.

### 3.6.2 Conclusie bacteriegroei in filters

- \* de wettelijke bacteriologische parameters GGA 22 en 37°C geven zonder aanvullende parameters, zoals de aantallen *Aeromonas* bacteriën, geen goede indicatie van wat tijdens stilstand in filters is gebeurd;
- \* een bacteriologische parameter die, samen met andere parameters, iets kan zeggen over het effect van stilstand op de biologie in het filter is *Aeromonas*;
- \* de effecten van bacteriegroei in een stilstaand filter zijn van chemische aard en dus niet van hygiënische aard.

*risico's langdurige productiestop filters*

- \* het grootste risico voor een waterleidingbedrijf, bij in bedrijf nemen van een filterinstallatie na langdurige stilstand is: smaakklachten van gebruikers

## 4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 4.1 Ontijzering

- \* de effecten van de bedrijfsvoering op de ontijzering verschillen per pompstation en moeten daarom op elke locatie experimenteel worden bepaald;
- \* de effecten van de bedrijfsvoering op de ontijzering zijn in veel gevallen continu te meten met troebelheidsmeters, omdat de troebelheid een goede indicatie geeft van de hoeveelheid ijzer in het filtraat.

### 4.2 Ontmanging en nitrificatie

- \* als tijdens stilstand van de filtratie zuurstofloosheid in voor- en nafilts optreedt, bevat het nafiltraat na het starten mangaan en nitriet;
- \* de kans op nitriet in het drinkwater is groter als:
  - . alle filters frequent stilstaan door toepassen van een alles aan alles uit regeling bij een -voor het seizoen- te hoge filtratiesnelheid;
  - . de stilstaande filters meer biomassa bevatten;
  - . het (voor-)filter methaan omzet;
  - . de duur van de stilstand groter is.
- \* het is optimaal de bacteriepopulatie in een filter zo gelijkmatig mogelijk te voeden;
- \* dat kan bij variërende filtratiesnelheid door putten met de hoogste ammoniumconcentratie in te schakelen bij de laagste filtratiesnelheid van de filters.

### 4.3 Nevenaspecten van omzetting van methaan en ammonium

#### 4.3.1 Zuurstofloosheid

- \* zuurstofloosheid in een filterbed tijdens stilstand van de filtratie moet worden voorkomen;
- \* kortdurende zuurstofloosheid in een filterbed, bijvoorbeeld na stilstand, is niet aan te tonen door meten/bepalen van de concentratie zuurstof, door de volgende oorzaken:
  - . optreden van voorkeurstromen
  - . verschillen in concentratie zuurstof in het filterbed;
  - . zuurstofhoudend water van onder de spoeldoppenbodern komt gemengd met water uit het filterbed in de filtraatleiding.
- \* mangaan en nitriet zijn "de" zuurstofloosheid-tracers, ook voor plaatselijke zuurstofloosheid, bijvoorbeeld in een deel van het filterbed of de biofilm.

#### 4.3.2 In bedrijf nemen filters na productiestop

Consequentie van een langdurige stilstand van filters is dat ze gecontrôleerd moeten inwerken. De volgende aanbevelingen kunnen daarvoor worden gegeven:

- \* als meerdere filters of filterstraten, na een langduriger productiestop t.g.v. onderhoud of een storing, weer in bedrijf worden genomen, kan dat het beste door de filters of filterstraten na elkaar te starten:

- \* het (na)filtraat kan niet direct zonder nabehandeling worden gebruikt als drinkwater;
- \* (na)filtraat mag worden gebruikt als drinkwater na controle en goed bevinden van de bacteriologische kwaliteit. Is in geval van nood geen mogelijkheid voor een gecontroleerde inwerkprocedure, dan zijn de volgende aanbevelingen een bruikbare leidraad:  
Water is doorgaans bruikbaar is als drinkwater:
  - . als de smaak goed is;
  - . de troebelheid normaal is;
  - . de concentratie zuurstof minimaal 4 mg/l bedraagt.
- \* het grootste risico voor een waterleidingbedrijf bij in bedrijf nemen van een filterinstallatie na langdurige stilstand is: smaakklachten van gebruikers.

## BIJLAGE 1

### Proefinstallatie Ommelandervijk van WAPROG

Tekst Kappelhof, aangevuld door Reijnen

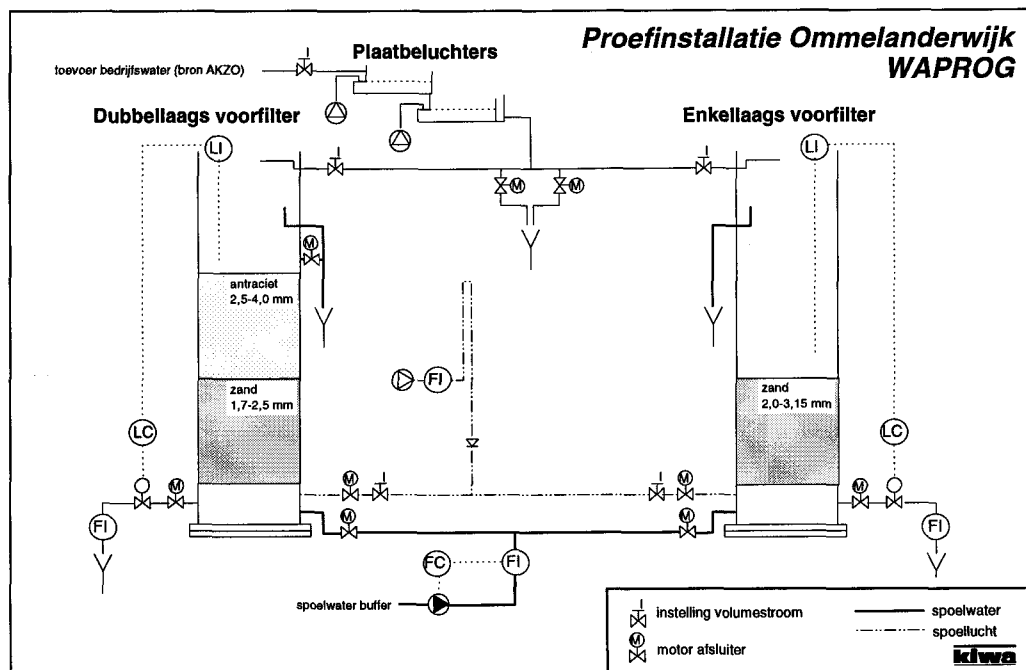
Met een proefinstallatie in Ommelandervijk is in 1995-1996 onderzocht hoe grondwater moet worden gezuiverd, afkomstig van een voormalige winning van Akzo Nobel. Ommelandervijk ligt bij Veendam.

Het grondwater te Ommelandervijk bevat 35 mg/l methaan, 24 mg/l ijzer, 0,7 mg/l mangaan en 3,8 mg/l ammonium. WAPROG, WLN en Kiwa maakten in 1994 een raamplan met drie zuiveringsscenario's. Voor alle drie de scenario's moet eerst methaan en ijzer worden verwijderd met intensieve beluchting, die methaan verwijdert tot < 0,1 mg/l en een voorfiltratie die ijzer verwijdert tot < 1 mg/l met een looptijd van minimaal 24 uren. Dit deel van de zuivering is eerst beproefd.

De proefinstallatie bestaat uit twee plaatbeluchters in serie (kwam zo uit, waren beschikbaar), gevolgd door twee parallel geschakelde voorfilters:

- voorfilter 1, 800 mm, dubbellaags met 75 cm antraciet (2,5-4,0 mm) en 75 cm grind (1,7-2,5 mm) als filtermateriaal;
- voorfilter 2, 800 mm, enkellaags met 150 cm grind (2-3,15 mm) als filtermateriaal (aanvankelijk is begonnen met 75 cm grind, en later is bijgevoerd tot 100 en 150 cm).

De installatie is volledig geautomatiseerd en wordt bestuurd met een PLC. De bovenwaterstand in de voorfilters wordt geregeld middels een nivometing en nivogeregelde afsluiter (30 cm bovenwater) in de afvoer.



Figuur 6 Schema proefinstallatie Ommelandervijk

## Invloed volumestroom en stilstand

Om vast te stellen wat het effect van de volumestroom en stilstand is op de waterkwaliteit zijn twee proeven uitgevoerd:

- A bedrijfsvoering bij verschillende belastingen (3; 5 en 6 m/h);
- B stilstandsproeven met en zonder voorafgaande spoeling

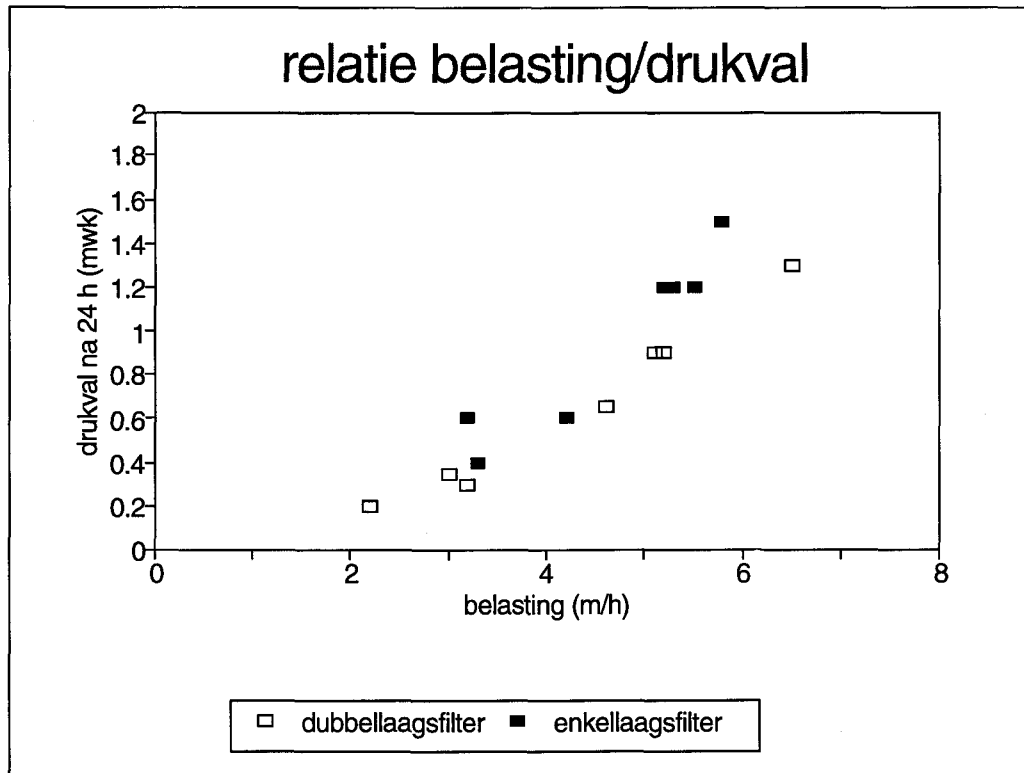
### A bedrijfsvoering bij verschillende belastingen

In de eerstvolgende figuur is weergegeven hoe de belasting per filter in de periode tussen 7-02 en 23-02 is gewijzigd. Weergegeven zijn de gemeten filtratiesnelheden. In de volgende tabel zijn de effecten van de filtratiesnelheid per filter gegeven.

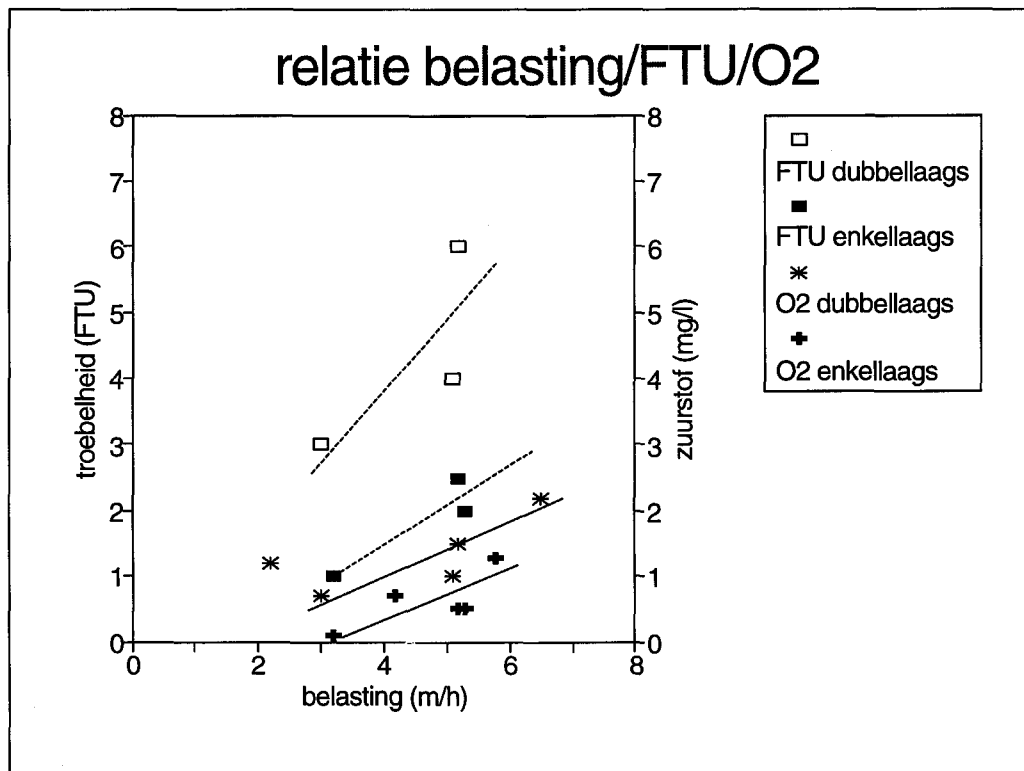
| datum             | filtratie-snelheid | weerstand na 24 h | troebelheid | O <sub>2</sub>   | Fe   | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | Mn   |
|-------------------|--------------------|-------------------|-------------|------------------|------|------------------------------|------|
|                   | m/h                | mwk               | FTU         | mg/l             | mg/l | mg/l                         | mg/l |
| dubbellaagsfilter |                    |                   |             |                  |      |                              |      |
| <7-02             | 4,2-4,8            | 0,6-0,7           | ?           | ?                | 0,6  | 1,5                          | 0,51 |
| 7-02              | 2,2                | 0,2               | ?           | 1,2 <sup>w</sup> | 0,9  | 1,3                          | 0,36 |
| 13-02             | 3,2                | 0,3               | ?           | ?                | -    | -                            | -    |
| 14-02             | 6,5                | 1,3               | ?           | 2,2 <sup>w</sup> | 1,24 | 1,8                          | 0,61 |
| 15-02             | 5,1                | 0,9               | 3-5,5       | 1                | -    | -                            | -    |
| 21-02             | 3,0                | 0,3-0,4           | 2-4         | 0,7              | 0,64 | 1,47                         | 0,43 |
| 24-02             | 5,2                | 0,9               | 4-8         | 1,5-1            | 0,99 | 1,79                         | 0,53 |
|                   |                    |                   |             |                  |      |                              |      |
| enkellaagsfilter  |                    |                   |             |                  |      |                              |      |
| <7-02             | 5,4-5,6            | 1,2               | ?           | ?                | 0,4  | 1,5                          | 0,65 |
| 7-02              | 4,2                | 0,6               | ?           | 0,7 <sup>w</sup> | 0,4  | 1,4                          | 0,62 |
| 13-02             | 3,3                | 0,4               | ?           | ?                | -    | -                            | -    |
| 14-02             | 5,8                | 1,5               | ?           | 1,3 <sup>w</sup> | 0,47 | 1,5                          | 0,67 |
| 15-02             | 5,3                | 1,2               | 2-1         | 0,5              | -    | -                            | -    |
| 21-02             | 3,2                | 0,6               | 2-0,5       | 0,1              | 0,05 | 1,21                         | 0,60 |
| 24-02             | 5,2                | 1,2               | 2-3         | 0,5              | 0,17 | 1,48                         | 0,63 |
|                   |                    |                   |             |                  |      |                              |      |

W = gemeten met Winkler methode, overige metingen met monitor.

In onderstaande figuren zijn de relaties tussen de filtratiesnelheid en de weerstand, troebelheid en zuurstofgehalte weergegeven.



7 relatie tussen de belasting en de drukval na een looptijd van 24 uur.



8 relatie tussen de belasting en troebelheid en zuurstof.



### *Discussie*

Uit tabel blijkt dat de waarden van de kwaliteitsparameters deels afhankelijk zijn van de belasting: er is bij het dubbellaagsfilter een hogere ijzerconcentratie aangetoond bij hogere belasting. Het ijzergehalte in het enkellaagsfilter lijkt na 14 februari te zijn gedaald, ondanks de wisselende belasting. Het dubbellaagsfilter lijkt bij lagere belasting een betere mangaanverwijdering te geven. Bij het enkellaagsfilter is dit effect niet significant waarneembaar. Een duidelijke relatie bestaat tussen de belasting en de drukval, het zuurstofgehalte en de troebelheid, zie de figuren. Tussen de belasting en ammonium is zeker bij het dubbellaagsfilter een verband waarneembaar: bij lagere belasting wordt het ammoniumgehalte lager. In het enkellaagsfilter is de nitrificatie beter, waardoor reeds bij hogere filtratiesnelheden (ca. 3,5 m/h) anoxische omstandigheden ontstaan.

Toegevoegde opmerking R: bij leeghalen van de filters bleek later dat er een spoeldop kapot was, wellicht veroorzaakt door filtersteken. gelukkig bleek uit de proeven dat de eenvoudiger te realiseren enkellaagsfiltratie een goede zuiveringsoptie is.

Wanneer wordt aangenomen dat de resultaten in een stabiele situatie zijn gemeten, hetgeen niet geheel het geval zal zijn (klopt dus, R), kunnen de volgende aanbevelingen worden gegeven:

- Op basis van de troebelheid en de streefwaarde voor ijzer wordt aanbevolen het dubbellaagsfilter niet hoger te belasten dan 5 m/h. Het enkellaagsfilter mag uit dat oogpunt hoger worden belast (tot meer dan 6,5 m/h) ofschoon de looptijd dan bij de gehanteerde bovenwaterstand korter dan 24 uur kan worden.
- Op basis van het zuurstofgehalte wordt aanbevolen het enkellaagsfilter niet lager te belasten dan 3,5 m/h. Het dubbellaagsfilter kan lager worden belast (tot ca 2 m/h).

### *B stilstandproeven met en zonder voorafgaande spoeling*

Op 26-02 en 4-03 is een stilstandsproef uitgevoerd. Op 26 februari zijn de filters gedurende een dag zonder te spoelen stilgezet. Op 4 maart zijn de filters na spoelen stilgezet. Na 1 dag stilstand zijn de filters gespoeld, waarna de filters nogmaals een dag zijn stilgezet.

De resultaten van de bemonstering na stilstand zijn gegeven in de volgende tabel.

| tijd na opstart   | Fe   | Mn   | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | N <sub>tot</sub> |
|---|------|------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|
| stilstandsproef zonder voorafgaande spoeling: dubbellaagsfilter |      |      |                              |                              |                              |                  |
| 15 min  | 1,48 | 0,23 | 0,94                         | 0,14                         | 2,98                         | 0,103            |
| 30 min  | 1,15 | 0,31 | 1,56                         | 0,05                         | 4,24                         | 0,156            |
| 60 min  | 0,76 | 0,35 | 1,53                         | 0,06                         | 5,69                         | 0,178            |
| stilstandsproef met voorafgaande spoeling: dubbellaagsfilter    |      |      |                              |                              |                              |                  |
| 15 min  | 0,52 | 0,11 | 0,32                         | 0,21                         | 3,19                         | 0,074            |
| 30 min  | 0,75 | 0,19 | 0,85                         | 0,07                         | 3,30                         | 0,102            |
| 60 min  | 0,56 | 0,26 | 1,16                         | 0,06                         | 5,75                         | 0,150            |
|   |      |      |                              |                              |                              |                  |
| tijd na opstart   | Fe   | Mn   | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | N <sub>tot</sub> |
| stilstandsproef zonder voorafgaande spoeling: enkellaagsfilter  |      |      |                              |                              |                              |                  |
| 15 min  | 0,55 | 0,40 | 0,57                         | 0,49                         | 4,70                         | 0,118            |
| 30 min  | 0,49 | 0,48 | 0,83                         | 0,06                         | 5,86                         | 0,142            |
| 60 min  | 0,36 | 0,52 | 0,97                         | 0,05                         | 7,11                         | 0,170            |
| stilstandsproef met voorafgaande spoeling: enkellaagsfilter     |      |      |                              |                              |                              |                  |
| 15 min  | 0,45 | 0,26 | 0,16                         | 0,51                         | 3,19                         | 0,071            |
| 30 min  | 0,43 | 0,39 | 0,42                         | 0,10                         | 4,09                         | 0,091            |
| 60 min  | 0,32 | 0,44 | 0,74                         | 0,06                         | 6,79                         | 0,152            |
|   |      |      |                              |                              |                              |                  |

#### *Discussie effecten stilstand*

Bij de stilstandsproef zonder voorafgaande spoeling zijn de filters zonder te spoelen in bedrijf genomen. Beide filters vertonen een vergelijkbaar beeld. De nitrificatie en ontijzering zijn bij het enkellaagsfilter beter dan bij het dubbellaagsfilter, terwijl de ontmanging bij het dubbellaagsfilter beter is. *Het ijzergehalte was gedurende beperkte tijd hoger dan gemiddeld, maar herstelde zich snel.* Dit effect wordt in de praktijk vaker waargenomen. *Het mangaangehalte is direct na opstart lager, omdat door de lange contacttijd de ontmanging verder verliep. In de filters is gedurende de stilstand het ammoniumgehalte verder gedaald, ook door de langere contacttijd. Wanneer voorafgaand aan stilstand een spoeling (van een voorfilter) is uitgevoerd is het ammoniumgehalte na opstart lager dan wanneer niet is gespoeld.* Dat komt in dit geval omdat met drinkwater wordt gespoeld dat geen ammonium bevat.

Uit de gehalten van  $N_{\text{tot}}$  (totaal stikstof in mmol/l) kan worden afgeleid dat, *na een stilstand zonder voorafgaande spoeling, in het filter denitrificatie is opgetreden*. Het totaal stikstofgehalte vlak na opstart is namelijk duidelijk lager dan tijdens een looptijd (bij de eerste proef ca. 0,10-0,12 mmol/l na opstart en ca. 0,20 mmol/l tijdens een looptijd, en stikstofgas is niet bepaald en dus niet meegerekend). Tijdens stilstand kan verder mineralisatie van biomassa optreden, met een stijging van het totaal stikstofgehalte als gevolg. Tijdens normaal bedrijf (op 25-01) is een  $N_{\text{tot}}$  gemeten van 0,20 mmol/l totaalstikstof bij beide filters. Na één uur bedrijfstijd is nog steeds het  $N_{\text{tot}}$  iets lager (0,17-0,18 mmol/l), vermoedelijk als gevolg van de verblijftijdspreiding.

Anoxische processen, zoals denitrificatie en mineralisatie bij afwezigheid van zuurstof, *kunnen een stijging van Aeromonas tot gevolg hebben*, omdat Aeromonas facultatief aerob is. Aeromonas kan zich zonder zuurstof ook vermeerderen en doet dat door bij gebrek aan zuurstof nitraat om te zetten in nitriet.

Na stilstand wordt een hogere troebelheid waargenomen. Dit kan mede zijn veroorzaakt door uitspoeling van biomassa vanwege optredende anaerobie, doch ook door ijzer. De troebelheidstoename was bij de stilstands proef zonder spoeling groter dan bij stilstandsproef met spoeling. *De troebelheid neemt na een aantal looptijden weer af. Het effect van een stilstand werkt dus langere tijd door.*

De anoxische situatie tijdens stilstand leidt niet tot onaanvaardbaar slechte watersamenstellingen na opstart.

*Gezien de nitrietconcentraties wordt wel aanbevolen het eerste filtraat af te voeren, of te recirculeren.* Wanneer uit de analyse van het spoelwater blijkt dat de denitrificatie bij voorafgaande spoeling minder optreedt dan zonder voorafgaande spoeling, wordt geadviseerd voorafgaand aan een stilstandperiode te spoelen. Er is dan ook minder kans op hoge Aeromonas aantallen en geur- en smaakproblemen.

**BIJLAGE 2**  
**Rapportage experimenten WOB op PS Lith**

Van : E. Coppens;  
Betreft : Bemonstering NF 1 PS Lith;  
Aan : Leden WEZU;



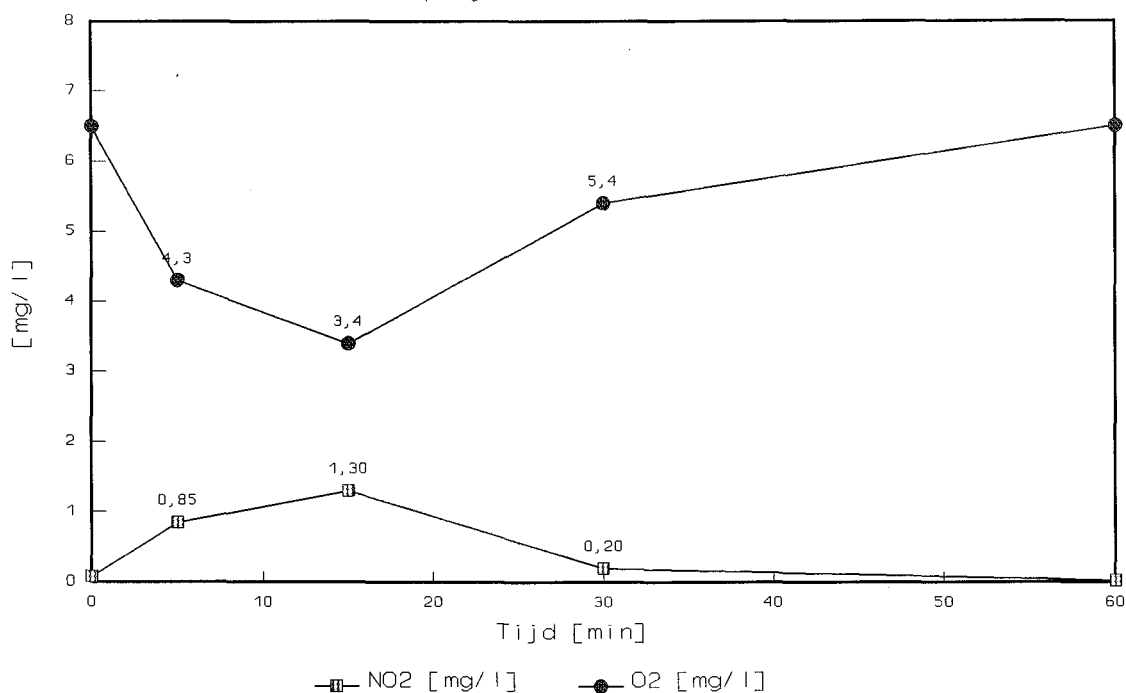
I.v.m. de  $\text{NO}_2$ -gehalten die wekelijks in het uitgaande reine water van PS Lith worden aangetoond is besloten om één nafilter nader te onderzoeken. In het verleden zijn alle nafiltsers al voor een periode van 37 weken wekelijks onderzocht op o.a.  $\text{NO}_2$ . Hierbij werd geen enkele keer  $\text{NO}_2$  aangetoond. Om na te gaan of er  $\text{NO}_2$  ontstaat tijdens stilstandsperiodes van de nafiltsers, zijn er op 23.11.94 en 15.12.94 monsters genomen na 12 uur stilstand. In maart 1995 is het NF 1 schoongemaakt (d.w.z. grind overpompen, spoeldoppen + wanden schoonmaken, grind terugpompen). Daarna zijn er weer monsters genomen na 12 uur stilstand om het effect van de schoonmaak op het  $\text{NO}_2$ -gehalte te onderzoeken.

Onderstaande grafieken geven hiervan de uitslagen, met daarbij vermeld de uitgangspunten.

### Bemonstering 23.11.94:

## Bemonstering NF 1 PS Lith

Na een looptijd van 97 uur 12 uur stilstand



23.11.94

Het filter had een looptijd van 97 uur toen het voor een periode van 12 uur werd stilgezet.

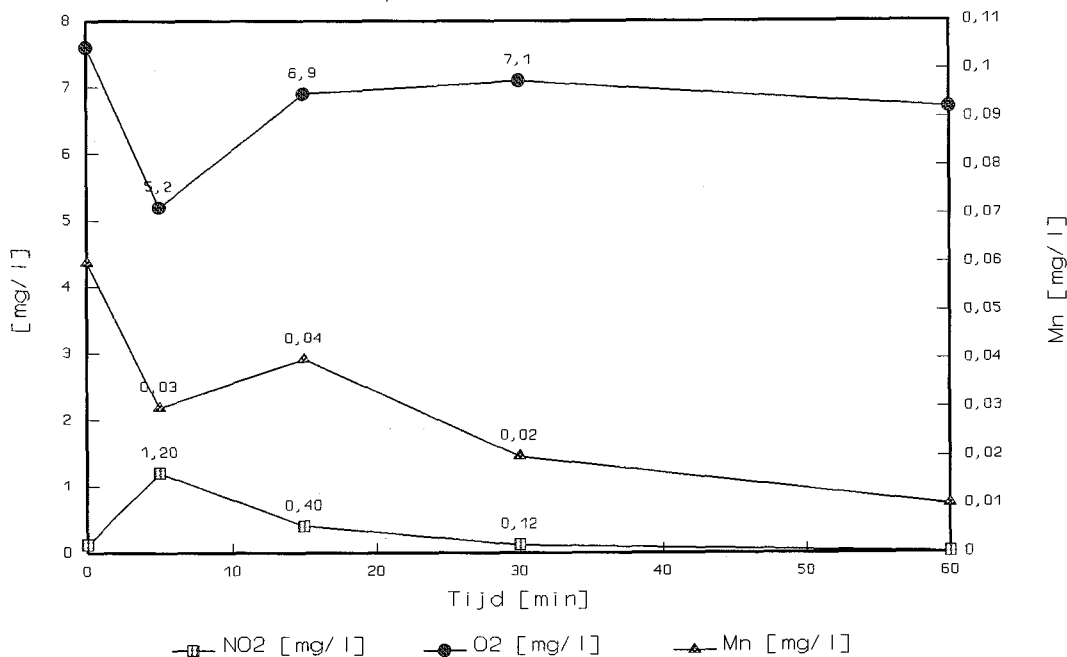
Het  $\text{NH}_4$ -gehalte bij alle monsters was  $< 0,05$  mg/l.

Uit de grafiek blijkt dat er sprake is van een verhoging van het  $\text{NO}_2$ -gehalte, en een verlaging van het  $\text{O}_2$ -gehalte. Dit houdt in dat er tijdens stilstand van het filter denitrificatie optreedt.

## Bemonstering 15.12.94:

### Bemonstering NF 1 PS Lith

Na een spoelbeurt 12 uur stilstand



15.12.94

Het filter had een looptijd van 27 uur, daarna is het gespoeld en toen is het filter gedurende 12 uur stilgezet (al het water wat 12 uur in de filterbak stilstaat is dus in feite rein water).

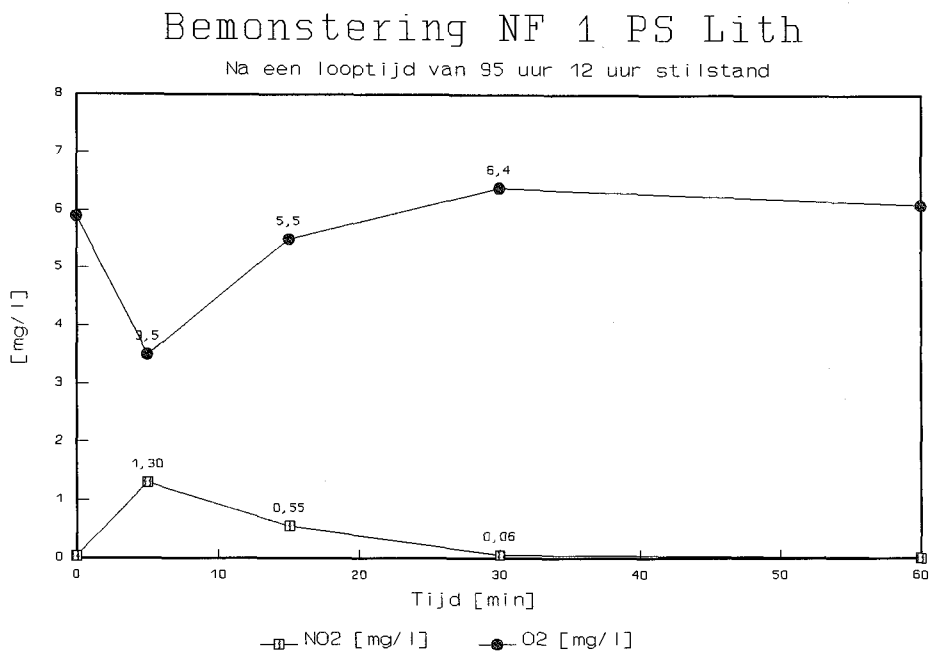
Het NH<sub>4</sub>- gehalte bij alle monsters was < 0,05 mg/l.

Het Fe- gehalte bij alle monsters was verwaarloosbaar klein.

Uit deze bemonstering valt hetzelfde te concluderen als bij de bemonstering van 23.11.94. Het enigste verschil zit hem in het feit dat de NO<sub>2</sub>- gehalten iets kleiner zijn en dat het hoogste NO<sub>2</sub>- gehalte iets eerder optreedt. Tevens zijn de O<sub>2</sub>- gehalten groter.

**Opmerking:** Wanneer een nafiliter buiten bedrijf gaat wordt eerst de afvoerreinwater afsluiter dichtgezet, daarna wordt de toevoer afsluiter gesloten. Bij metingen tijdens deze proeven bleek dat de bovenwaterstand tijdens stilstand van het filter ca. 115 cm boven de zwanehals bevindt ( $\approx 31 \text{ m}^3$ ). Dit betekent wanneer de productie van een filter wederom wordt opgestart de filtratiesnelheid de eerste 10 min. wat groter zal zijn, dit kan van invloed zijn op de resultaten.

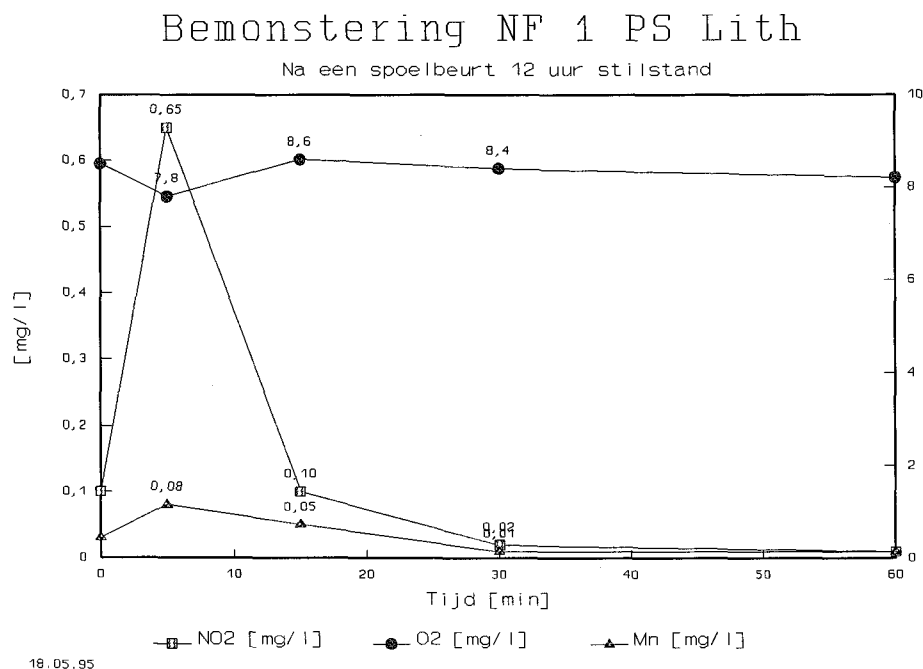
### Bemonstering 11.05.95:



Het filter had een looptijd van 95 uur toen het voor een periode van 12 uur werd stilgezet.

Het  $\text{NH}_4$ , Fe en Mn was bij alle monsters verwaarloosbaar klein.

### Bemonstering 18.05.95:



Het filter is eerst gespoeld en daarna gedurende 12 uur stilgezet.

Het  $\text{NH}_4$  en Fe was bij alle monsters verwaarloosbaar klein.

**Conclusie:**

Wanneer men het oppervlakte onder de NO<sub>2</sub>- lijn berekent kan men bepalen hoeveel mg NO<sub>2</sub> het filter doorlaat in het eerste uur nadat het filter 12 uur heeft stilgestaan (Uitgaande van een volumestroom van 250 m<sup>3</sup>/h). Onderstaande tabel geeft dit van de vier grafieken aan:

| Datum    | Aantal mg | Conditie bemonstering                                    |
|----------|-----------|--|
| 23.11.94 | 114920 mg | Na looptijd 97 uur 12 uur stilstand                      |
| 15.12.94 | 70720 mg  | Na spoelbeurt 12 uur stilstand                           |
| 11.05.95 | 75192 mg  | Na looptijd 95 uur 12 uur stilstand <b>na schoonmaak</b> |
| 18.05.95 | 28392 mg  | Na spoelbeurt 12 uur stilstand <b>na schoonmaak</b>      |

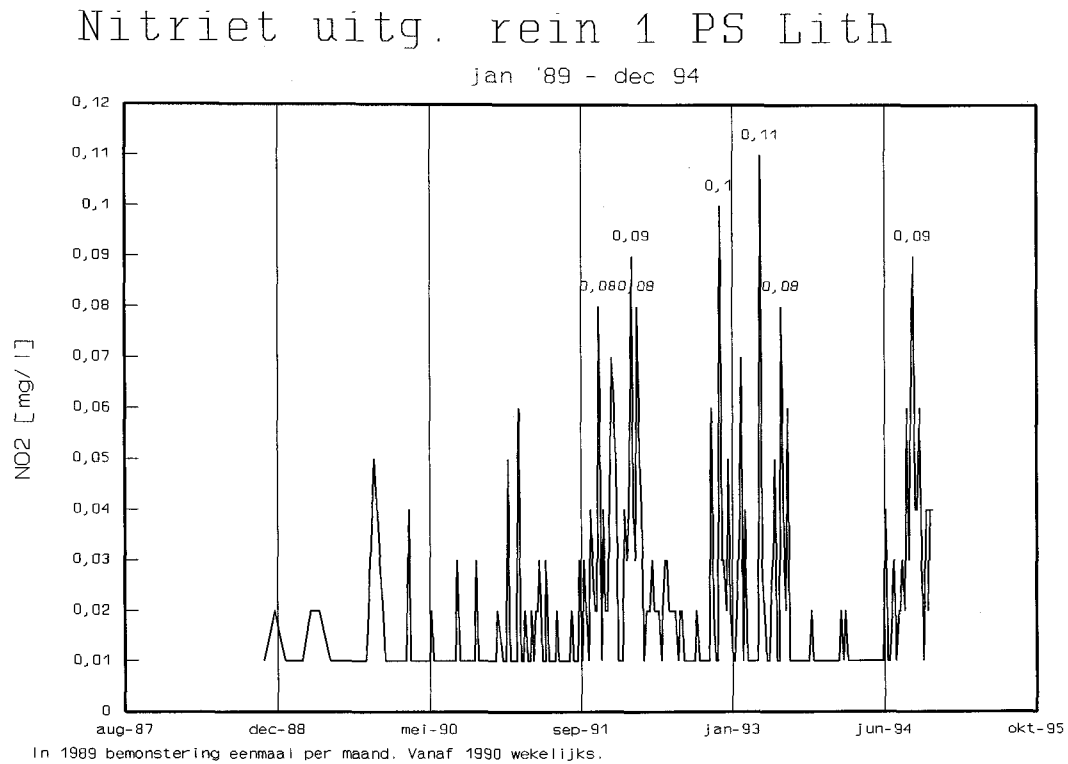
Bovenstaande tabel geeft aan dat door de schoonmaak van het filter het NO<sub>2</sub> nog steeds aanwezig is maar toch aanzienlijk is afgenomen. Door de schoonmaak van het filter is de produktie van NO<sub>2</sub> met ca. 41000 mg gereduceerd.

Tevens kan men concluderen dat door spoelen het NO<sub>2</sub> afneemt. (ca 45500 mg) Omdat uit de proeven blijkt dat de nitriet cijfers door de schoonmaak van het filter aanzienlijk zijn gezakt stel ik voor om de overige NF's in het najaar ook te gaan schoonmaken.

E. Coppens  
12.06.95



Onderstaande grafiek geeft de NO<sub>2</sub>- gehalten in het uitgaande reine water sinds januari 1989.



Totaal aantal metingen 268

Gemiddelden:

|      |            |
|------|------------|
| 1989 | 0,015 mg/l |
| 1990 | 0,012 mg/l |
| 1991 | 0,019 mg/l |
| 1992 | 0,026 mg/l |
| 1993 | 0,021 mg/l |
| 1994 | 0,022 mg/l |

Uit de grafiek valt op dat de waarden sinds september 1991 relatief iets hoger zijn. Verder blijkt dat in de perioden 13.04.92 tot 16.11.92 en 01.08.93 tot 01.06.94 de waarden iets lager zijn. Een onderzoek naar de mogelijke oorzaken hiervan volgt nog.

Van : E. Coppens;  
Betreft : Bespreking nitriet probleem PS Lith 18.07.95;  
Aanwezig : De heren de Jong, Vromans, vd Brand, Coppens;  
Kopie : Aanwezigen, Leden Wezu, dhr Nass, dhr Ceelen;

---



Aanleiding van deze bespreking is het probleem van nitrietvorming dat optreedt tijdens stilstand van de nafiltsers.

Tijdens het gesprek komt naar voren dat het beperken van de stilstand van de nafiltsers alleen het probleem van nitrietvorming voorkomt. De feitelijke oorzaak van de nitrietvorming dient ook te worden aangepakt.

Hieronder is puntsgewijs aangegeven welke andere mogelijkheden kunnen leiden tot een reductie van het nitrietgehalte in het uitgaande reine water en welke maatregelen daartoe al genomen zijn:

- **Het aanpassen van de bedrijfsvoering.**  
Om de stilstand van de nafiltsers te beperken is sinds 01.05.95 VF 3 en NF 2 uit bedrijf genomen. Omdat de filters toen in de nachtelijke uren nog aanzienlijke stilstandsperioden vertoonden is per 13.07.95 één VF intermitterend telkens voor een periode van 24 uur uit bedrijf. Er staan dus 2 VF's en 3 NF's in bedrijf met een gezamenlijke capaciteit van circa 500 m<sup>3</sup>/h. Wanneer de waterlevering in gevaar dreigt te komen is afgesproken om weer 3 VF's in bedrijf te nemen. Bovenstaande afspraken zijn voorheen al doorgevoerd.  
Om de stilstand van de nafiltsers in de nachtelijke uren te beperken wordt afgesproken dat de regelpomp te Macharen op een iets lagere druk wordt ingesteld dan de regelpomp te Lith.
- **Na 6 uur stilstand van de nafiltsers het eerste water voor een periode van ca. 20 min. lozen via de infiltratieleiding.**  
Een offerte hiervoor is inmiddels aanwezig. Een nadeel hiervan is het waterverlies. Per keer ca. 300 m<sup>3</sup>!! (Wanneer 4 straten in bedrijf zijn met een totale hoeveelheid van 1000 m<sup>3</sup>/h.)
- **Het verbeteren van het spoelprogramma van de nafiltsers.**  
Het vermoeden bestaat dat door verhoging van de spoelsnelheid de nitrietvorming zal verminderen (WEZU 243).  
M.i.v. week 30/31 zal het nafiltsers 1 met een hogere snelheid worden gespoeld (32 m/h -> 45 m/h). Na ca. 550 productieuren (4 à 5 weken) van dit filter zal dit filter weer bemonsterd worden na een stilstandsperiode van 12 uur. Deze resultaten worden vergeleken met voorgaande proeven. Hiermee kan men beoordelen of het verhogen van de spoelsnelheid effect heeft gehad.
- **Het toepassen van circulatiewater over de nafiltsers (zoals bij koolfilters).**  
In het filtergebouw is een bedrijfswaterleiding aanwezig. Deze zou kunnen dienen voor de toevoer van circulatiewater tijdens stilstand. Het voordeel hiervan is dat er geen water verloren gaat. Deze mogelijk is verder niet onderzocht.
- **Het schoonmaken van de nafiltsers 2, 3 en 4.**  
Uit verscheidene proeven blijkt door schoonmaak van het nafiltsers 1 de nitrietvorming tijdens stilstand van dit filter met ca. 40 % gereduceerd is.  
In het najaar zullen daarom de overige filters ook worden schoongemaakt.
- **Na 6 uur stilstand van de nafiltsers het filter spoelen.**  
Deze spoeling hoeft geen normale spoelbeurt te zijn maar kan ca. 1 1/2 keer de inhoud van de filterbak zijn (ca. 80 m<sup>3</sup>).

Bovenstaande suggesties zullen tijdens het Wezu overleg van 06.09.95 ook ter sprake komen.

# PS Lith

## 0. Algemeen

- *Onttrekkingsvergunning* : 4 miljoen m<sup>3</sup>/jaar
- *Productiecapaciteit* : 1000 m<sup>3</sup>/h
- *Totale kelderinhoud* : 5700 m<sup>3</sup>
- *Totale HD- capaciteit* : 1800 m<sup>3</sup>/h bij 560 kPa

## 1. Procesgegevens

- **Pompputten**
  - Aantal* : 8
  - Winningsdiepte min.* : 30 m      *Kleinste pomp* : 80 m<sup>3</sup>/h
  - Winningsdiepte max.* : 60 m      *Grootste pomp* : 170 m<sup>3</sup>/h
  
- **Voorfilters**
  - Ontwerpcapaciteit* : 250 m<sup>3</sup>/h ( $V \approx 9,5 \text{ m}^3/\text{h}$ )
  - Beddikte* : 200 cm
  - Oppervlakte* : 26,6 m<sup>2</sup>
  - Korrelmaat* : 1,0 - 2,0 mm
  - Looptijd* : 48 productieuren
  - Spoelprogramma* : 1 min. water 8 m/h,  
1,5 min. water van 8 m/h → 42 m/h,  
3 min. water 53 m/h.  
1,5 min. water van 42 m/h → 8 m/h,  
25 min. water 8 m/h + lucht 60 m/h  
1,5 min. water van 8 m/h → 42 m/h,  
4 min. water van 53 m/h → 8 m/h.  
1,5 min. water van 8 m/h → 42 m/h,  
1 min. water 8 m/h, (?????????????)
  
- **Nafilters**
  - Ontwerpcapaciteit* : 250 m<sup>3</sup>/h ( $V \approx 9,5 \text{ m}^3/\text{h}$ )
  - Beddikte* : 200 cm
  - Oppervlakte* : 26,4 m<sup>2</sup>
  - Korrelmaat* : 0,8 - 1,25 mm
  - Looptijd* : 136 productieuren
  - Spoelprogramma* : 1 min. water van 10 m/h → 32 m/h,  
3 min. water van 32 m/h → 8 m/h,  
5 min. water 8 m/h + lucht 60 m/h,  
3 min. water van 8 m/h → 32 m/h,  
1 min. water 8 m/h, (?????????????)
  
- **Bedrijfsvoering** : Alle VF's worden ingeschakeld bij een bepaalde stand in de tussenkelder. Al naar gelang de

periode van het jaar worden er meer of minder putten ingeschakeld. Alle NF's worden ingeschakeld bij een bepaalde stand in de RWK.

Bediening afsluiters FG elektrisch/pneumatisch

- **Kwaliteitsmetingen** : Geen continue metingen

## 2. Technische gegevens

|             |                       |                                      |
|-------------|-----------------------|--------------------------------------|
| <b>FG</b> : | 2 spoelpompen         | 920 m <sup>3</sup> /h x 170 kPa      |
|             | 2 blowers             | 1548 m <sup>3</sup> /h x 60 kPa      |
|             | 3 filterpompen        | 450 m <sup>3</sup> /h x 128 kPa      |
|             | 1 lenspomp            | 430 m <sup>3</sup> /h                |
|             | 1 luchtdroger         | MVB-7.5-AE 2500                      |
| <b>PG</b> : | 6 reinwaterpompen     | (Zie overzicht)                      |
|             | 1 lenspomp            | 430 m <sup>3</sup> /h                |
|             | 1 noodstroomaggregaat | 640 kVA brandstofvoorraad 2 x 9975 l |
|             | 2 hydrofoorketels     | 13 m <sup>3</sup> (verticaal)        |

# aangroei van filtermateriaal

**OPDRACHTGEVER**  
Contactgroep Filtratietechniek Grondwater

**AUTEURS**  
W.B.P. van den Broek, L.L.M. Keltjens, G.K. Reijnen (red)

Middelburg, februari 1998

# INHOUDSOPGAVE

|    |  |    |
|----|--|----|
| 1  | INLEIDING .....  | 2  |
| 2  | DEFINITIES .....   | 3  |
| 3  | HET VASTSTELLEN VAN DE AANGROEI.....                           | 4  |
| 4  | BEMONSTERING VAN FILTERMATERIAAL .....                         | 5  |
| 5  | BEPALINGSMETHODEN VAN AANGROEI IN HET LABORATORIUM .....       | 6  |
| 6  | EFFEKTEN VAN AANGROEI OP HET FILTRATIEPROCES .....             | 8  |
|    | 6.1 Korrelgrootte.....   | 8  |
|    | 6.2 Zwaarder worden van de korrels.....                        | 8  |
|    | 6.3 Verandering van de dichtheid van het filtermateriaal ..... | 8  |
|    | 6.4 Rondere vorm van het filtermateriaal .....                 | 9  |
|    | 6.5 Andere oppervlakte eigenschappen .....                     | 9  |
| 7  | AANGROEI IN DE PRAKTIJK.....                                   | 10 |
|    | 7.1 Kwaliteit en kwantiteit filtraat .....                     | 10 |
|    | 7.2 Voorbeelden.....   | 10 |
| 8  | MOGELIJKE MAATREGELLEN.....                                    | 12 |
|    | 8.1 Preventieve maatregelen .....                              | 12 |
|    | 8.2 Maatregelen ter beperking van de problemen.....            | 12 |
| 9  | CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN .....                              | 13 |
| 10 | LITERATUUR.....  | 14 |

Bij de zuivering van grondwater wordt filtermateriaal gebruikt waarop aangroei kan plaatsvinden. De aangroei op het zand, het grind of de antraciet bestaat bij grondwaterzuivering voor een groot deel uit anorganisch materiaal en voor een klein deel uit organisch materiaal. Volgens de definitie uit COFICO mededeling 9 [1] is de aangroei "de uit het ruwe water afkomstige aangegroeide vaste afzetting op het filtermateriaal, die het poriënvolume vrijwel niet beïnvloedt".

De anorganische aangroei bestaat, afhankelijk van de samenstelling van het ruwe water, hoofdzakelijk uit ijzerverbindingen, zoals hydroxiden, oxiden of carbonaten. Onder in het filter worden vaak mangaanverbindingen, vermoedelijk oxiden, aangetroffen. Bij filter influent dat kalkafzettend is of tijdens de filtratie kalkafzettende eigenschappen krijgt kan ook calciumcarbonaat worden afgezet op het filtermateriaal.

Het ruwe water bevat organische verbindingen. Bij de filtratie ontstaat biomassa als gevolg van methaanoxidatie en nitrificatie. Deze organische substanties kunnen een bestanddeel van de aangroei vormen, maar komen meestal in de vorm van slib tussen de korrels voor. Het onderwerp aangroei van organische oorsprong wordt verder buiten beschouwing gelaten.

Aangroei op filtermateriaal leidt tot verandering van de vorm, van de grootte en van sommige fysische en chemische eigenschappen van het filtermateriaal. Het materiaal wordt rond, de diameter neemt toe, de soortelijke massa kan toe- of afnemen, en het oppervlak kan (bio)katalytische eigenschappen krijgen. In het algemeen zal aangroei van filtermateriaal het zuiveren van het grondwater en het beheer van productiefilters beïnvloeden.

De aangroei kan kwalitatief worden vastgesteld door bepaling van de toename van de bedhoogte van het filter. Door bemonstering van productiefilters kan de aangroei ook in het laboratorium worden vastgesteld.

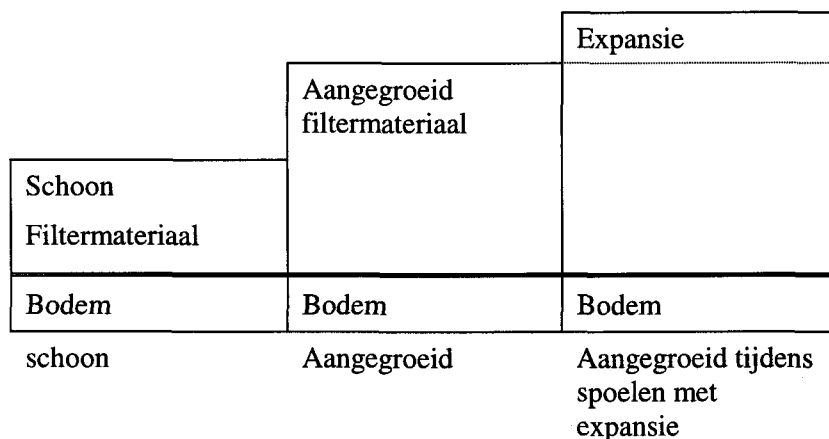
In deze notitie wordt ingegaan op de definities, de bepalingmethoden, de bemonstering van filtermateriaal en de analysemethode voor de aangroei in het laboratorium. Een voorstel wordt geformuleerd voor een gestandaardiseerde analysemethode. Kwalitatief wordt ingegaan op de relatie tussen de verandering van filtermateriaal gedurende de standtijd en de processen die in productiefilters kunnen plaatsvinden.

## 2

## DEFINITIES

In afbeelding 1 is schematisch een filter weergegeven ter illustratie van de hier na gegeven definities.

- Aangroei:** de vaste afzetting op het filtermateriaal. Het aangroei percentage wordt uitgedrukt in gewicht aangroei per gewicht gedroogd oorspronkelijk materiaal;
- Bedhoogte:** de hoogte van het materiaal in het filter. Bij de in gebruikneming van het materiaal is sprake van een nominale bedhoogte. Vaak zal tijdens de standtijd de bedhoogte toenemen door aangroei of door hechting van slib aan het filtermateriaal. Uitspoeling van materiaal is uiteraard ook mogelijk;
- Expansie:** de relatieve extra hoogte van het filterbed tijdens het spoelen, vergeleken met de bedhoogte voor het spoelen;
- Opspoelen:** het in een laboratorium verwijderen van slib uit filtermateriaal door het opwaarts doorstromen van het materiaal met water;
- Spoelen:** het reinigen van productiefilters in de praktijk met de daar beschikbare middelen;
- Slibgehalte:** los organisch of anorganisch materiaal tussen het filtermateriaal. Het slibgehalte wordt uitgedrukt in gewicht per volume filtermateriaal.
- Opmerking: jaren lang is als eenheid het aantal mg droog slib per 25 cc filtermateriaal gehanteerd, omdat de in onderzoek genomen monsters voor het opspoelen 25 cc waren (10 cm monster uit steekapparaat; zie hfdst 5, punt a).



**Figuur 1** Schematische weergave van een filter ter illustratie van de definities

Door de aanwezigheid van slib in het filterbed neemt de porositeit af of, bij gelijkblijvende porositeit, de bedhoogte toe. Door spoelen wordt een gedeelte van het slib uit het filter verwijderd. Door opspoelen van het materiaal in het laboratorium wordt het slib verwijderd dat loskomt bij spoelen met 100% expansie. Datgene wat op het materiaal achterblijft behoort per definitie tot de aangroei.



De aangroei van het materiaal in een filter kan als volgt worden vastgesteld:

- a) indien geen uitspoeling van filtermateriaal plaatsvindt kan door meting van de toename van de bedhoogte de aangroei worden vastgesteld. De bedhoogte dient te worden opgemeten na het spoelen van het filter; de reproduceerbaarheid van de bepaling van de bedhoogte bedraagt 2 à 3 cm. Indien uitspoeling van filtermateriaal plaatsvindt bij gelijkblijvende bedhoogte is er sprake van aangroei. Niet uitgespoeld slib zorgt voor een afname van de porositeit of een geringe toename van de bedhoogte; N.B. In de praktijk is de mate van uitspoelen van filtergrind doorgaans niet bekend, en zeker niet kwantitatief.
- b) door vergelijking van de zeefanalyse van het schone aangegroeide filtermateriaal met de zeefanalyse van het filtermateriaal dat van oorsprong in het filter is gebracht. De toename van de diameter is een maat voor de aangroei. De hoeveelheid aangroei op het filtermateriaal kan door de zeping, door schuren/afbrokkelen, verminderen. Het fixeren van de aangroei met haarlak, is een mogelijke remedie, ontwikkeld door De Lathouder;
- c) door bepaling van de massa voor en na het oplossen van de aangroei in een zuur, nadat in het laboratorium door opspoelen het slib is verwijderd. Gruis, zoals mangaanschilfers, kan hierbij worden meebepaald als aangroei.

Bemonstering van filtermateriaal kan plaatsvinden tijdens het periodieke filteronderzoek. Voor deze bemonstering worden 3 verschillende methoden gebruikt te weten: steken, spoelen of boren. Het steken van filtermateriaal is het meest gangbare en wordt algemeen aanbevolen, wegens de betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid:

- 1) steken met behulp van een uit twee delen bestaand steekapparaat, zoals ontwikkeld door De Lathouder (COFICO 9). Het verdient aanbeveling het steekapparaat te "coaten" met bijvoorbeeld Rilsan, zodat het beter in het bed te steken is. De destijds toegepaste metalen strips aan de onderzijde, bedoeld om uitval van grind te voorkomen, breken snel af en worden niet meer toegepast. In de praktijk is de droge steekdiepte bepalend of het apparaat met de steek nog uit het filterbed te krijgen is. Nat gestoken apparaten, dat wil zeggen gestoken bij een filterbed met de waterspiegel juist onder het bedoppervlak, zijn na het afdalen van het water veelal moeilijk uit het filterbed te krijgen;
- 2) spoelen van het filter en het daardoor uit een monsterkraan ter hoogte van het filterbed laten lopen van het filtermateriaal. Het vaststellen van het slibgehalte is dan vanwege het grote watervolume lastig, terwijl tevens niet vaststaat of het materiaal van die hoogte in het bed afkomstig is. Op deze wijze wordt per kraan slechts op een vast punt in het filterbed een monster genomen;
- 3) boren, waarbij met een grondboor een monster wordt genomen. Boren leidt tot relatief veel beschadiging van de aangroei. Deze methode is niet geschikt gebleken voor het vaststellen van het slibgehalte en de aangroei van het filtermateriaal.

Afgewogen dient te worden of één monster over de hoogte van het filter volstaat. Indien een filter minder dan gebruikelijk presteert kan dat een reden zijn om meerdere monsters te nemen. Een monster per 4 m<sup>2</sup> filteroppervlak verdeeld over het bedoppervlak is in principe voldoende. De Lathouder adviseerde in SW54 het over de diagonaal van het filter nemen van 3 steken voor en 3 steken na het spoelen. Doel van meerdere monsters is het visueel vaststellen van verschillen, verticaal en horizontaal. Hierbij zijn gelaagdheid, verkleuring over de hoogte, aangroei, los zittend slib en consistentie (kleverigheid) van het materiaal van belang. Bij grote verschillen tussen de steken per filter kan men door in raaien te steken een beeld over het gehele filterbed krijgen.

De bemonstering dient na het spoelen van het betreffende filter plaats te vinden, als men een indruk wil hebben van de conditie van het filterbed. Voor het krijgen van een indruk van het verwijderen van slib door een spoelbeurt, kan voor én na het spoelen een bemonstering worden uitgevoerd ter vaststelling van het verschil in slibgehalte. Het inbrengen van het steekapparaat kan nat of droog geschieden. Het er uithalen van het apparaat moet droog geschieden, aangezien anders het filtermateriaal er uit stroomt. Ter voorkoming van uitdroging worden de monsters nat, onder water of met voldoende aanhangend water, getransporteerd. Goede ervaringen heeft Kiwa met monsters met aanhangend water in plastic zakken, met porties die geheel in behandeling worden genomen. Delen geeft namelijk kans op een niet goede verdeling in porties. Afhankelijk van de visuele beoordeling kan ter plaatse na monsterneming een mengmonster over de hoogte worden samengesteld. Uiteraard kan een steek worden opgedeeld in meerdere monsters, zodat een aangroei-profiel over de hoogte ontstaat. Ook voor slib-profielen is dat aan te raden. Zie voor meer informatie over het aantal steken en de hoeveelheid materiaal die in behandeling wordt genomen NEN 5915. De COFICO-mededelingen 2 en 9 bevatten informatie over filtersteken.

## BEPALINGSMETHODEN VAN AANGROEI IN HET LABORATORIUM

Tijdens de bepaling van de aangroei van een monster filtermateriaal worden achtereenvolgens de volgende handelingen met een deelmonster verricht:

- a) het materiaal wordt schoongespoeld, zodat het zo weinig mogelijk slib bevat. Cruciaal hierbij zijn de expansie tijdens het spoelen en de hoeveelheid water die voor het schoonspoelen wordt gebruikt, Toevoeging: Sollman, medewerker van De Lathouder, doorstroomde een monster grind van 25 cc met 500 ml water en een expansie van 100% (red; ontleend aan SW 38 [2].
- b) het gespoelde materiaal wordt gedroogd en de massa (X+Y) van het droge materiaal wordt vastgesteld.
- c) het droge materiaal wordt in een bepaald zuur van een bepaalde sterkte gebracht, zodat de aangroei oplost in het zuur. Het soort zuur, de hoeveelheid en de sterkte ervan zijn van belang;
- d) visueel wordt beoordeeld of de aangroei in voldoende mate is verwijderd. Objectieve criteria om vast te stellen of de aangroei voldoende is verwijderd zijn niet voorhanden;
- e) het overgebleven materiaal wordt schoon--gespoeld, gedroogd en gewogen (X);
- f) de aangroei (A) wordt als volgt berekend:

$$A = \frac{Y}{X} \times 100\%$$

A = de aangroei in gewichtsprocenten;

X = het gewicht van het droge filtermateriaal na verwijdering van de aangroei (het oorspronkelijke filtermateriaal);

Y = het gewicht van de aangroei; het verschil in gewicht tussen het droge filtermateriaal voordat de aangroei is verwijderd en nadat de aangroei is verwijderd.

In tabel 1 is een samenvatting gegeven van de bepaling zoals deze door DELTA, WLO en WLZ wordt uitgevoerd. De vijfde kolom geeft de voorgestelde standaard methode.

**Tabel 1 Bepaling van aangroei van filtermateriaal**

|   | DELTA                             | WLO                                 | WLZ                                      | Voorstel                                 |
|---|-----------------------------------|-------------------------------------|--|--|
| Deelmonster   | ± 500 ml                          | 25 ml                               | 20 ml                                    | 25 ml                                    |
| Opspoelen   | Schoonsoelen                      | Expansie 100%                       | Expansie >80%                            | Expansie 100%                            |
| Slibgehalte bepalen   | slibgehalte in spoelwater bepalen | NVT                                 | Slibgehalte in opgespoelde water bepalen | Slibgehalte in opgespoelde water bepalen |
| Slibgehalte berekenen   | mg/kg schoon materiaal            | NVT                                 | Mg/20 ml schoon materiaal                | Mg/l schoongespoeld materiaal            |
| Drogen  | 105 °C                            | 105 °C                              | 105 °C                                   | 105 °C                                   |
| In behandeling nemen  | ± 100 gram                        | ± 10 gram                           | ± 1 gram                                 | ± 10 gram                                |
| Wegen   | X + Y                             | X + Y                               | X + Y                                    | X + Y                                    |
| Aangroei oplossen   | 50-100 ml<br>32 % HCl             | 30 % HCl<br>oxaalzuur               | 100 ml<br>4 M HCl                        | ± 25 ml<br>30 % HCl +<br>oxaalzuur*      |
| Beoordelen  | visueel                           | tot heldere<br>vloeistof,<br>wassen | Visueel                                  | Visueel                                  |
| Drogen  | 105 °C                            | 105 °C                              | 105 °C                                   | 105 °C                                   |
| Wegen   | X                                 | X                                   | X  | X  |
| Berekenen   | $(Y/(X+Y))*100$                   | $(Y/X)*100$                         | $(Y/(X+Y))*100$                          | $(Y/X)*100$                              |
| * Uit ervaring bij WLO is gebleken dat door toevoeging van een kleine hoeveelheid oxaalzuur, een reducerend zuur, de in de aangroei afgezette mangaanverbindingen volledig en snel oplossen |                                   |                                     |  |  |

De bepaling van het slibgehalte, zie [2], is reeds in 1960 gestandaardiseerd. In het volgende letterlijke citaat doelt de schrijver (Sollman) op de door WLO en WLZ gehanteerde voorbehandeling van het vervuilde filtermateriaal: "Uit visuele waarnemingen is na experimenten met verschillende monsters, waterhoeveelheden en expansies gebleken dat met vrij grote zekerheid mag worden aangenomen dat volgens de tenslotte gekozen werkwijze meer dan 99 % van de niet aangegroeide vervuiling wordt verwijderd door deze spoelmethode, terwijl nauwelijks merkbare loslating van de aangroeiing optreedt" en verder ".. zullen er zeker typen slib en aangroeiing voorkomen, die bij toepassing van deze methode minder volledig uitgespoeld respectievelijk meer losgespoeld worden".

## 6      **EFFEKTEN VAN AANGROEI OP HET FILTRATIEPROCES**

### 6.1      **Korrelgrootte**

Door aangroei zal de korrelgrootte toenemen en dus het specifiek oppervlak van het materiaal verminderen. Als het volume van het materiaal in het filterbed gelijk blijft zal vermindering van het specifiek oppervlak leiden tot een minder snel verloop van processen die zich aan of op het oppervlak van het materiaal afspelen; denk hierbij aan ontmanging en nitrificatie. Blijft het aangroeiende materiaal in het filter zitten dan zal het voor reactie beschikbaar oppervlak toenemen; oppervlakte gebonden processen kunnen dan sneller verlopen. In de praktijk neemt de bedhoogte vaak toe tot er evenwicht is tussen verhoging door aangroei en verwijderen door spoelen. Bij weinig intensieve spoelprocessen ligt het grind soms bijna tot aan de rand van de spoelgoot. Gaat men er van uit dat het oorspronkelijk gekozen filtermateriaal de juiste diameter heeft voor het betreffende filtratieproces, dan zal de werkelijke diameter door de aangroei steeds verder van de optimale diameter komen te liggen. Het filtratieproces gaat daardoor slechter verlopen, hetgeen leidt tot een minder goede filtraatkwaliteit. In de praktijk zal dit echter pas optreden als de reserve zuiveringscapaciteit van het filter of de filterstraat volledig is benut.

Toename van de korrelgrootte leidt onder meer tot het hoger worden van het filterbed. Hierdoor kunnen bijvoorbeeld drukmetingen ten behoeve van de regeling van de bovenwaterstand onder het filterbedoppervlak verdwijnen en foutief signaleren. Door het hogere filterbed kan op den duur filtermateriaal worden uitgespoeld. Een zandvang voorkomt dan dat er problemen met de spoelwaterverwerking ontstaan.

### 6.2      **Zwaarder worden van de korrels**

Het zwaarder worden van de korrels levert een geringere expansie van het filterbed op tijdens spoelen. Hierdoor zal in eerste instantie het filter iets minder schoon worden gespoeld. Dit zal leiden tot een snellere opbouw van de drukval over het filter. De extra vervuiling ten gevolge van de geringere expansie - hier wordt niet de aangroei bedoeld -, kan worden beperkt door toepassing van intensievere spoelingen. De lucht of watersnelheid tijdens de spoeling kan worden verhoogd. De spoelduur kan worden verlengd. Daarnaast is het mogelijk de luchtspoeling en de waterspoeling frequenter af te wisselen.

*Waarschuwing: verhogen van de luchtsnelheid kan leiden tot minder goed functioneren van de zuivering.* Delen van het filter kunnen zo schoon gespoeld worden, dat na het spoelen de ontijzering vele uren minder volledig is.

### 6.3      **Verandering van de dichtheid van het filtermateriaal**

Aangroei hoofdzakelijk bestaande uit ijzer, en in mindere mate uit mangaan, zal in ieder geval een hogere dichtheid hebben dan antraciet met een dichtheid van 1,4-1,6 kg/l. Of de dichtheid van de aangroei ook hoger is dan die van zand (2,65 kg/l) is niet geheel duidelijk. In [3] zijn dichtheden voor ijzerhydroxides gevonden van 2,4 tot 5,3 kg/l ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ ) en voor mangaanoxides van 3,5-4,0 ( $\text{MnO}_2$ ) tot 4,9 kg/l ( $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ). Waarschijnlijk zal ook voor zand de aangegroeide korrel, vergeleken met de niet

aangegroeide korrel, eerder een hogere dichtheid hebben dan een lagere. Uit Scanning Electron Microscope opnamen, gemaakt in het kader van recent onderzoek van IHE, blijkt dat aangroei poreus kan zijn. Dat zal consequenties hebben voor de dichtheid. Door de hogere dichtheid zal de expansie tijdens de waterspoeling geringer zijn, zie 2).

Bij dubbellaagsfilters kan door het geringer wordende verschil in dichtheid van het aangegroeide antraciet en zand vermenging van beide filtermaterialen optreden. Hierdoor worden de poriën van het grovere antraciet opgevuld met fijner zand. Dit resulteert in een geringer poriënvolume van het gemengde filtermateriaal en dit leidt vervolgens weer tot extra drukval over het filterbed. De filtraatkwaliteit kan hierdoor echter verbeteren.

#### **6.4 Rondere vorm van het filtermateriaal**

Bij van oorsprong wat scherpkantiger antraciet is goed te zien dat aangroei leidt tot een rondere vorm. Blijkbaar vindt aan de 'uitstekende randen' afschuring plaats van de aangroei. Zeker in het begin breken puntjes van het antraciet af. Een rondere vorm geeft een kleiner specifiek oppervlak, zie verder onder hfdst 7, punt 1.

Door het rond worden van de korrels zal het poriënvolume afnemen. De porositeit van antraciet is ca 60% en van rond materiaal ca 40%. Dat heeft consequenties voor het vuilbergend vermogen van het filter, de toename van de drukval en de looptijd.

#### **6.5 Andere oppervlakte eigenschappen**

Het oorspronkelijke oppervlak van antraciet bestaat uit koolstof; dat van zand uit siliciumdioxide. Door aangroei verandert de samenstelling van het oppervlak. Dit zal vaak uit hoofdzakelijk ijzer(hydr)oxides en mangaanoxides bestaan. Vooral een bepaalde mangaanoxide ( $Mn_3O_4$ , Hausmanniet) heeft een katalyserende werking op de verwijdering van mangaan uit het te filtreren water. Voor het goed verlopen van de nitrificatie is het nodig dat er een bepaalde oppervlakte structuur aanwezig is waarop bacteriën kunnen nestelen. Deze bacteriën moeten enigszins hechten en tijdens de filterspoeling niet allemaal worden afgespoeld.

## 7 AANGROEI IN DE PRAKTIJK

### 7.1 Kwaliteit en kwantiteit filtraat

In de praktijk spelen twee effecten van aangroei van filtermateriaal een belangrijke rol, namelijk:

- 1) de kwaliteit van het filtraat. Vooral de parameters ijzer, mangaan, ammonium, nitriet en de bacteriologie zijn van belang;
- 2) de filtraatkwantiteit. Hierbij spelen zowel de leveringsplicht als ook beperking van het waterverlies (spoelwaterverbruik) mee.

Zolang noch de kwaliteit noch de kwantiteit van het filtraat in het geding is er geen sprake van een zuiveringstechnisch probleem. Het overtollige filtermateriaal kan worden afgeschept of worden uitgespoeld. Dit brengt natuurlijk kosten met zich mee en daarom moet de aangroei zoveel mogelijk worden beperkt.

### 7.2 Voorbeelden

#### *Macharen*

Beperking van de aangroei van het filtermateriaal door intensivering van de water en/of de luchtspoeling bleek bij proefinstallatie Macharen (WOB) niet mogelijk. Proefinstallatie Macharen draaide continu met een filtratiesnelheid van circa 16 m/uur. Het ruwe water bevatte 15-18 mg/l ijzer, en werd na versproeiing gefiltreerd over 2 m antraciet 1.4-2.5 mm. De looptijd bedroeg 12 uur en het voorfiltraat bevatte voortdurend minder dan 0.20 mg/l ijzer. De beddikte nam met circa 6 cm per week toe. Het overtollige lensvormige materiaal werd periodiek afgeschept. De ontijzering bleef goed verlopen. De continu belaste filters in combinatie met de hoge filtratiesnelheid beletten dat op de spoeldoppen ontmanging optrad. In het pompstation blijkt wel ontmanging op de doppen plaats te vinden, omdat daar de filters niet continu worden bedreven.

#### *Ossendrecht*

Na het steken van de voorfilters van pompstation Ossendrecht (DELTA) op 12 december 1994 werd het in tabel 2 gegeven aangroeprofiel over de hoogte van voorfilter 5 vastgesteld. De gehalten zijn uitgedrukt in gram aangroei per kg filtermateriaal.

**Tabel 2 Samenstelling aangroei over de hoogte van dubbellaagsvoorfilter 5 van pompstation Ossendrecht. De monsters zijn op 12 december 1994 gestoken**

| Diepte in cm  | Calcium<br>g/kg aangroei | IJzer<br>g/kg aangroei | Mangaan<br>g/kg aangroei |
|---------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| 0 antraciet   | 4                        | 247                    | 3                        |
| 25 antraciet  | 3                        | 201                    | 2                        |
| 50 antraciet  | 4                        | 137                    | 5                        |
| 75 antraciet  | 3                        | 149                    | 3                        |
| 100 antraciet | 3                        | 150                    | 6                        |
| 125 overgang  | 4                        | 386                    | 13                       |
| 150 zand      | 5                        | 179                    | 71                       |
| 175 zand      | 7                        | 133                    | 83                       |
| 200 zand      | 5                        | 245                    | 196                      |
| filterbodem   |                          |                        |                          |

De massabalans bleek niet sluitend. De trend in de resultaten geeft aan dat de afzetting van mangaan met toenemende beddiepte toeneemt, zodat ontmanganing op de spoeldoppen kan optreden.

#### *Vlijmen*

Ontmanganing op de spoeldoppen is vastgesteld bij de voorfilters van pompstation Vlijmen (WOB). Afschraapsel van de spoeldoppen bestond voor circa 20 à 25 gew-% uit ijzer en voor 70 à 75 gew-% uit mangaan. Let op : het betreft het gewichtspercentage van de som van beiden. De aangroei op het grind bestond voor circa 25 gew-% uit mangaan en voor circa 70 gew-% uit ijzer.

Als gevolg van de ontmanganing neemt de weerstand over de bodem toe en moet de filterbodem regelmatig worden gereinigd. Door het dichtgroeien van de spleten wordt de drukval over de filterbodem vooral tijdens het spoelen van de filters groter. Hierdoor neemt het waterdebiet tijdens het spoelen af, met een minder goed schoongespoeld filter als resultaat. Tevens kan door een te hoge opwaartse druk op de filterbodem tijdens het spoelen deze 'opgeblazen' worden.

Indien er aangroei van filtermateriaal plaatsvindt is het noodzakelijk ook naar het vervuilen van spoeldoppen te kijken.

Daarnaast kan de verslechtering van de filtraatkwaliteit sneller gaan verlopen of een bepaalde grens overschrijden. Het is niet altijd mogelijk te allen tijde filtervullingen te vervangen, dit in verband met inwerktijden van filters waardoor capaciteitsproblemen voor het betreffende pompstation kunnen ontstaan. Het is daarom zaak bij filters met aangroei goed bedacht te zijn op mogelijke problemen. Een voorspelling van problemen op basis van een aangroeipercentage is niet in het algemeen te geven. Een goede monitoring van de filtraatkwaliteit, de filtraatkwantiteit maar ook onderzoek van het filtermateriaal (aangroei, achterblijvend slib, slijmvorming, verkitting, hogere organismen) is op zijn plaats. Periodiek meten van de drukval over de filterbodem, bij het naspoelen met een bekende volumestroom water, wordt tevens aanbevolen.



## 8 MOGELIJKE MAATREGELLEN

### 8.1 Preventieve maatregelen

Aangroei kan beperkt worden door een goede spoeling. Op pompstation Ossendrecht is de aangroei van het filterbed van de voorfilters door intensivering van het spoelprogramma verminderd van 3 naar 2 cm bedgroei per maand. Het volledig voorkomen van aangroei, met behoud van een goed verloop van de zuiveringsprocessen, is niet mogelijk door aanpassing van het spoelen. Omdat bij een lagere pH de oxidatie van ijzer in de waterfase zeer langzaam verloopt, zal afzetting op het filtermateriaal door adsorptie en oxidatie van ijzer (autokatalyse) in grotere mate de ontijzering verzorgen. Daardoor zal bij lage pH de aangroei groter worden. Een langere verblijftijd tussen beluchting en filtratie levert meer tijd voor oxidatie van ijzer in de waterfase, bevordert de flocculente ontijzering en zal de aangroei verminderen. Wanneer aangroei uit  $\text{CaCO}_3$  bestaat, zal een lagere pH (en dus ook een lagere SI) de aangroei verminderen.

Opmerking: fundamenteel onderzoek, uitgevoerd door IHE binnen het Kiwa-onderzoeks-aandachtsveld "Optimaliseren klassieke grondwaterzuivering" zal naar verwachting meer inzicht kunnen geven in het mechanisme van de aangroei, en mogelijkheden aangroei te verminderen.

### 8.2 Maatregelen ter beperking van de problemen

De problemen welke samenhangen met de grotere bedhoogte en daardoor uitspoeling van filtermateriaal kunnen beperkt of voorkomen worden door periodieke verwijdering van het te veel aan filtermateriaal. Daarbij moet wel de filtraatkwaliteit gevolgd worden in verband met de vermindering van het contactoppervlak in het filter.

Problemen met vermenging van filterlagen in dubbellaagsfilters kunnen worden voorkomen door deze te vervangen door 2 enkellaagsfilters in serie.

Als de filtraatkwaliteit of kwantiteit een probleem gaat vormen, zal men uiteindelijk genoodzaakt zijn het filtermateriaal te vervangen.

Onderzoek naar reinigen van filtermateriaal heeft nog niet tot een economisch haalbare toepassing geleid. Het af te voeren filtermateriaal kan eventueel worden toegepast in een werk en hoeft dan niet te worden gestort. Als het filtergrind op grond van het arseengehalte chemisch afval dreigt te worden is het soms verstandig het filtermateriaal eerder af te voeren.

Opmerking: Het verwijderen van biomassa zou kunnen met wasprocedures die zijn ontwikkeld voor zand van langzame zandfilters. In de praktijk gebeurt dit nog niet voor grind uit snelfilters, voorzover bekend. Extern wassen van grind, door uit en weer terugpompen gebeurt in de praktijk wel. Van aangegroeid materiaal kunnen schilfers en gruis loskomen. Een zeefcurve laat soms zien dat het filtermateriaal daardoor veel ondermaat krijgt, hetgeen in principe ongewenst is.

Bij de filtratie van grondwater vindt aangroei plaats. In welke mate dit plaatsvindt hangt voornamelijk af van de samenstelling van het ruwe water. Er lijkt een relatie te bestaan met het ijzergehalte. Een relatie met de kalkverzadigingsindex is niet gevonden.

Door aangroei van filtermateriaal zullen de korrels groter, zwaarder en gebroken materiaal (hydroanthraciet) ronder worden. Ook kunnen de dichtheid en de oppervlakte-eigenschappen veranderen. Hoe een en ander in de praktijk resulteert in verandering van de filtercapaciteit, zowel kwantitatief als kwalitatief, is van een veelheid van factoren afhankelijk. Toepassing van dubbellaagsfilters voor water met een hoge aangroei-potentie is niet aan te bevelen, aangezien de dichtheid van twee filtermaterialen ten gevolge van aangroei naar elkaar toe gaat, waardoor beide materialen gaan mengen.

Aangroei kan door spoelen worden verminderd, maar niet geheel voorkomen. Aangroei is wel te verminderen door flocculente ontijzering te bevorderen. Deze flocculente ontijzering treedt op als door een hogere pH (stel >7,5) en een langere verblijftijd tussen beluchting en filtratie (hogere bovenwaterstand), ijzer oxideert voor het in het filterbed komt. Als dit wordt gedaan, verdienen de andere zuiveringsaspecten tevens aandacht, omdat flocculente ontijzering een andere invloed heeft op de overige zuivering dan ontijzering door autokatalyse op het filtermateriaal. Zoals te verwachten is, neemt het aandeel mangaan in de aangroei toe, naarmate we dieper in het filterbed komen. De absolute aangroei neemt normaliter af met de beddiepte. Voorfilters groeien sterker aan dan nafilts.

Opmerking: door migratie van filtermateriaal tijdens lucht-waterspoelen, komt het voor dat het materiaal over de gehele hoogte in gelijke mate is aangegroeid. Het optreden van deze migratie is te zien aan groeischillen met verschillende kleuren.

Vindt er aangroei van filtermateriaal plaats, dan zal ook aangroei van de spoeldoppen plaatsvinden. De toename van de bedhoogte ten gevolge van aangroei kan worden verholpen door de filters af te scheppen. Aangroei van spoeldoppen kan meestal alleen worden verholpen door het filtermateriaal uit het filter te pompen en vervolgens de spoeldoppen extern te reinigen. In situ reiniging kan alleen als de filterbodem en de doppen bestand zijn tegen zure schoonmaakmiddelen. Voor verwijderen van mangaan is toevoegen van waterstofperoxide effectief. Mechanisch reinigen gebeurt tegenwoordig ook wel van onder af met een speciale drukspuit.

Het verdient aanbeveling om de volgende aspecten nader te onderzoeken:

- 1) de precieze samenstelling van de aangroei. Uit welke verbindingen bestaat de aangroei;
- 2) wat zijn de theoretisch te berekenen effecten van aangroei, bijvoorbeeld wat is het effect van verandering van de dichtheid van de korrel, de expansie tijdens spoelen of het specifiek oppervlak van het materiaal;
- 3) welke combinatie van stoffen en omstandigheden bepalen de aangroei-potentie van ruw grondwater.

Wordt over deze aspecten meer inzicht verkregen dan kan gericht gezocht worden naar mogelijkheden om de aangroei van filtermateriaal en spoeldoppen te voorkomen c.q. te beperken, en de effecten ervan te beheersen.

Opmerking: zoals reeds genoemd kan dit een opbrengst zijn van gezamenlijk onderzoek van de waterleidingbedrijven binnen het aandachtsveld "Optimaliseren Klassieke Grondwaterzuivering", dat begonnen is in 1997.

## 10 LITERATUUR

- [1] COFICO-mededeling 9 (1965), Richtlijn ten dienste van het ontwerpen en de behandeling van snelfilters.
- [2] Sollman M. (1960) Practische methode voor de bepaling van het vuilgehalte van monsters filtermateriaal. SW 38 KIWA N.V. Nieuwegein.
- [3] Weast R.C., ed. (1979) Handbook of chemistry and physics, 60th edition, CRC Press, Florida, USA.

# spoelcriteria

## **OPDRACHTGEVER**

Contactgroep Filtratietechniek Grondwater

## **AUTEURS**

A.J.M.E. Bekkers, J.A.M. van Paassen, G.K. Reijnen (red)

Breda, februari 1998

## INHOUDSOPGAVE

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | INLEIDING.....  | 2 |
| 2 | DEFINITIES: LOOPTIJD, RUN EN STANDTIJD.....             | 3 |
| 3 | SPOELCRITERIA.....                                      | 4 |
|   | 3.1 Mogelijke spoelcriteria.....                        | 4 |
|   | 3.2 Bespreking spoelcriteria.....                       | 4 |
|   | 3.2.1 Weerstandstoename.....                            | 4 |
|   | 3.2.2 Vermindering van filtraatkwaliteit.....           | 5 |
|   | 3.2.3 IJzerbelasting.....                               | 6 |
|   | 3.2.4 Klok-tijd.....                                    | 6 |
|   | 3.2.5 Gefiltreerd volume.....                           | 7 |
|   | 3.3 Combinatie van spoelcriteria.....                   | 7 |
|   | 3.4 Spoelen na langdurige stilstand van de filters..... | 7 |
|   | 3.5 Droogfiltratie.....                                 | 7 |
| 4 | DIAGRAM VOOR KEUZE SPOELCRITERIUM.....                  | 9 |

# 1 INLEIDING

Snelfilters moeten periodiek gespoeld worden om ze in goede conditie te houden. Ze moeten vele jaren goed water leveren en kunnen dat alleen als opgehoopt slib wordt uitgespoeld. Voor het bepalen van het moment waarop gespoeld kan/moet worden zijn meerdere criteria in gebruik. In voorliggende rapportage worden alle spoelcriteria besproken die de Contactgroep Filtratietechniek Grondwater heeft aangedragen. Omdat voor de verschillende praktijksituaties een ander spoelcriterium optimaal kan zijn, wordt een keuze-diagram gepresenteerd. Wij hopen daarmee collega's te helpen een goede keuze te maken. Hebt u suggesties voor verbetering, wij horen ze graag van u.

## 2 DEFINITIES: LOOPTIJD, RUN EN STANDTIJD

Een filter moet na een periode van bedrijf worden (terug)gespoeld om de afgevangen stoffen te verwijderen. De tijd tussen twee filterspoelingen noemt men de looptijd van een filter. Onderscheid moet worden gemaakt tussen de netto looptijd van een filter, dit is de tijd tussen twee filterspoelingen dat het filter echt in bedrijf is geweest, en de bruto looptijd, de verlopen tijd tussen twee filterspoelingen dus inclusief de tijd dat het filter stil staat.

Voorgesteld wordt de werkelijke looptijd te definiëren als **looptijd** en de totale looptijd als **run**.

Onder **standtijd** wordt verstaan de tijd tussen de levering en het vervangen of extern reinigen van het filtermateriaal. Bij actieve koolfiltratie is dit een reeds ingeburgerde term voor de tijd tussen regeneraties. Ook bij snelfiltratie is deze term zeer goed toepasbaar. Voor snelfilters is de gebruikelijke standtijd circa 10 jaar. In de praktijk kunnen standtijden voorkomen van 1 jaar (bij sterk biologisch belast filtermateriaal, bijvoorbeeld door een hoge methaanbelasting van droogfilters) tot meer dan 25 jaar.

## 3 SPOELCRITERIA

### 3.1 Mogelijke spoelcriteria

Het moment waarop een filter wordt gespoeld, wordt bepaald op basis van twee hoofdcriteria:

1. Vermindering van filtraatkwaliteit.
2. Weerstandstoename.

Bij een goed ontworpen filter is de fractie filtermateriaal zo gekozen, dat gespoeld moet worden vanwege een te hoge filtratieweerstand. Zo wordt bereikt dat de waterkwaliteit goed blijft tot het eind van de filterrun goed blijft.

Er worden echter ook andere criteria gebruikt, zoals:

- ijzerbelasting
- vaste tijdstippen
- gefiltreerd volume
- bij droogfiltratie: als er plassen op het filterbed staan
- combinatie van genoemde criteria

In de volgende paragrafen worden de criteria kort besproken.

### 3.2 Bespreking spoelcriteria

#### 3.2.1 Weerstandstoename

De weerstandstoename in een filter kan plaatsvinden over het filterbed en over de filterbodem. De oorzaken van de bodemweerstand en de remedies worden elders apart besproken.

In dit deel is alleen de weerstandsopbouw over het filterbed van belang. De weerstandstoename wordt veroorzaakt door het afvangen van de te verwijderen stoffen ("vuil" of slib). Bij het afvangen onderscheiden we twee situaties. De weerstand veroorzakende stoffen, zoals ijzer, worden vrijwel volledig in de bovenste 10 cm van het filterbed afgevangen. Er is dan sprake van zogenaamde **koekfiltratie**. Als de weerstand veroorzakende stoffen over een groot deel van het filterbed worden afgevangen spreekt men van **diepbedfiltratie** en van **diepbedvervuiling**. Bij koekfiltratie is in het algemeen sprake van een snelle weerstandstoename, aanvankelijk nagenoeg geheel over de bovenste 10 cm. De weerstandstoename kan bij een filterregeling met constante bovenwaterstand in de bovenlaag zo hoog oplopen, dat in de laag eronder onderdruk ontstaat. De druk is daar dan lager dan de druk waarbij het water werd belucht (meestal de atmosferische druk). Bij een onderdruk groter dan 5 kPa (0,5 mWk) kan ontgassing optreden, resulterend in een nog snellere weerstandstoename in de bovenlaag. Daardoor versterkt het effect zichzelf en neemt de filtratieweerstand vrij plotseling sterk toe. In bijlage 1 wordt dit fenomeen via een Linquist-diagram verduidelijkt. De ontgassing kan ernstiger vorm aannemen wanneer het grondwater veel stikstof bevat, dat onvoldoende wordt verwijderd tijdens de beluchting.



Het probleem van onderdruk in een filter kan worden opgelost of uitgesteld door te werken met:

- een oplopende bovenwaterstand door toepassen van een katterug;
- de bovenwaterstand van het filter, indien mogelijk, te verhogen;
- of door grover filtermateriaal te gebruiken (bijvoorbeeld in de vorm van een dubbellaagsfilter).

In de praktijk worden dergelijke filters halverwege de looptijd even stil gezet, en eventueel licht opgespoeld met water, om het gas te laten ontwijken (men noemt dit wel "boeren"). Nadeel van een dergelijke werkwijze is dat het gas via de gevormde ijzerkoek ontsnapt en zo weer ijzer in de waterfase brengt. Dit leidt veelal tot een korte maar sterke toename van het ijzergehalte in het filtraat. Het is dus een praktische noodmaatregel, die niet gunstig is voor de waterkwaliteit.

De spoeling wordt ingezet wanneer een vooraf vastgestelde maximale drukverlies wordt overschreden of na een aantal malen ontgassen van het filter.

Bij diepbedfiltratie is de weerstandopbouw geleidelijk. Een dergelijke wijze van filtreren leidt doorgaans tot lange looptijden. Met name bij dubbellaagsfiltratie wordt van diepbedfiltratie gebruik gemaakt.

Bij open filters wordt een maximale weerstandstoename van 20 kPa (2 mWk) toegestaan, bij gesloten filters ("drukfilters") kan de weerstandstoename oplopen tot circa 100 kPa (10 mWk).

De weerstandstoename manifesteert zich bij open filters met een katterug door een oplopende bovenwaterstand, en bij open filters met een niveauregeling door het verder opengaan van de filtraat-regelklep. Is deze geheel open, dan stijgt het bovenwater. Bij een gesloten filter wordt meestal de drukval over het filter gemeten. Bij het bereiken van een tevoren vastgestelde bovenwaterstand, klepstand of drukval wordt de spoeling gestart.

#### *Debiet gecorrigeerde weerstand*

Om te voorkomen dat in de praktijk bij een sterke produktietoename (nagenoeg) alle filters zich tegelijk melden voor spoelen, kan de weerstand over het filterbed gecorrigeerd worden met een factor die de gemeten weerstand steeds omzet in de weerstand bij maximale produktie.

### **3.2.2 Vermindering van filtraatkwaliteit**

De belangrijkste componenten in grondwater die door filtratie verwijderd moeten worden zijn ijzer, mangaan en ammonium. Hiervan komt ijzer veelal in de hoogste concentratie voor en neemt na een bepaalde looptijd de concentratie ijzer in het filtraat toe. Dat komt doordat ijzer vooral als vlokken tussen het filtermateriaal wordt afgezet en het filter na verloop van tijd vol met vlokken zit. Het ijzer in het filtraat bestaat uit vlokken die niet meer in het filter achterblijven. Bij de beoordeling van de werking van een filter wordt om die reden vooral gekeken naar de ijzergehalten in het filtraat. IJzer is echter slechts te bepalen via een tijdrovende analyse. Continue ijzermeting in het filtraat is sinds enige tijd mogelijk, maar het is duur en vergt veel toezicht. Om deze redenen wordt continue ijzermeting nog niet veel toegepast.

Gebleken is echter dat er veelal een goede correlatie bestaat tussen ijzer en de gemakkelijk en continu te meten parameter troebelingsgraad. De ijzervlokjes in het filtraat geven namelijk een troebeling aan het water die wordt gemeten. De relatie verschilt per locatie en per soort filter (voor-, na-, droog- of natfilter), omdat de

troebelheid afhankelijk is van de grootte van de vlokjes. Ze moet dus voor elk filterset apart worden bepaald. In de praktijk wordt de filtraatkwaliteit, zeker in eerste instantie, beoordeeld aan de hand van de troebelheid. Een langdurig hoge troebelingsgraad van het filtraat kan de spoeling inleiden. Wat onder een hoge troebelingsgraad van het filtraat moet worden volstaan, hangt af van de plaats van het filter in de zuivering (voor- of nafiliter), type filtratie (droog- of natfiltratie) en van de uitgangskwaliteit. Bij voorfilters wordt gespoeld als het filtraat gedurende langere tijd een troebelheid heeft van circa 1 tot 5 FTE; bij nafiliter wordt veelal gespoeld als een waarde 0,4 FTE wordt overschreden.

Het komt vaak voor dat filters na starten van de filtratie of bij een verhoging van de filtratiesnelheid een plotselinge toename in de troebelheid laten zien. De doorslag hoeft niet het gevolg te zijn van een onacceptabele vervuiling van het filter en moet als ze kortdurend is worden overbrugd door eerste filtraatafvoer.

### 3.2.3 IJzerbelasting

In de praktijk van de waterzuivering kan de looptijd door andere factoren dan weerstand en filtraatkwaliteit worden bepaald. Enige bedrijven hanteren een afgeleide van de weerstand als criterium. Zo wordt bijvoorbeeld de ijzerlast per vierkante meter filteroppervlak als criterium aangehouden. Het ijzergehalte van een pompput is bekend, de tijd dat die pompput in bedrijf is wordt bijgehouden. Met deze gegevens kan worden berekend met welke hoeveelheid ijzer het filter op enig moment is belast. Afhankelijk van de korrelgrootte van het filtermateriaal, enkel- of dubbellaagsfilter en de plaats van het filter in de zuivering (voorfilter of enkelvoudige filtratie) wordt het spoelcriterium vastgelegd. Bij een enkelvoudige filtratie wordt bijvoorbeeld een maximum ijzerlast van 1 kg/m<sup>2</sup> filteroppervlak aangehouden, bij een dubbellaags voorfilter met antraciet 1,4-2,5 mm en zand 0,8-1,25 mm een ijzerlast van 3 kg/m<sup>2</sup> filteroppervlak.

Voornoemde waarden zijn richtniveaus. Per locatie moet worden bepaald bij welke ijzerlast de weerstand te hoog wordt of het filtraat te veel ijzer bevat.

### 3.2.4 Klok-tijd

Ook de tijd wordt wel als spoelcriterium aangehouden. Vooral bij nafiliter is een spoelfrequentie van eenmaal per week of langer gebruikelijk. De voornaamste reden voor het spoelen is dan niet zo zeer de ijzer- of mangaanbelasting van het filter. De spoeling wordt preventief uitgevoerd ter voorkoming van ongewenste biologische groei in het filter, die ontstaat door ophoping van biomassa, of om redenen van gemak (goed planbaar) of leveringszekerheid (filter steeds in optimale conditie).

#### *Spoelwaterhergebruik*

Bij spoelwaterhergebruik is het van belang dat de spoelwaterzuivering zo gelijkmatig mogelijk wordt belast. Enerzijds om de zuivering zo goed mogelijk te laten verlopen, anderzijds om de te installeren buffercapaciteit en zuiveringscapaciteit te minimaliseren. Bij spoelwaterhergebruik worden om deze redenen de (productie-) snelfilters veelal op tijd gespoeld en worden de spoelingen zo veel mogelijk in de tijd gespreid. De maximale looptijd van het filter wordt bepaald aan de hand van één of meer van eerder genoemde spoelcriteria. Als runtijd wordt een tijd aangehouden die ligt onder de maximale looptijd. De aangehouden runtijd wordt constant gehouden ,

dus onafhankelijk van het werkelijk aantal uren dat een filter in die periode in bedrijf is geweest (onafhankelijk van de looptijd).

### **3.2.5 Gefiltreerd volume**

De spoeling kan ingezet worden op het moment dat een vastgestelde hoeveelheid water is gefiltreerd. In dit geval wordt de hoeveelheid te filteren water tussen twee spoelingen vaak bepaald op basis van praktijkervaringen van de machinist.

### **3.3 Combinatie van spoelcriteria**

Indien gestreefd wordt naar zo lang mogelijke looptijden van filters bij nog aanvaardbare waterkwaliteit, kan gekozen worden voor een combinatie van spoelcriteria. Een gebruikelijke combinatie is de vermindering van waterkwaliteit (gemeten als troebelingsgraad) en de weerstandstoename. Het spoelmoment wordt dan bepaald door overschrijding van een ingestelde waarde voor troebelingsgraad of van drukverlies over het filter.

### **3.4 Spoelen na langdurige stilstand van de filters**

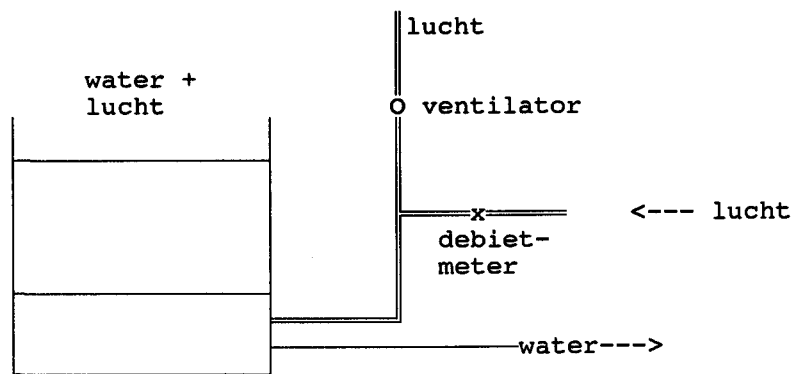
Bij enkele bedrijven neemt de machinist één of meer filters buiten bedrijf in periodes van laagwaterverbruik. Zo kan het voorkomen dat een filter enige weken of zelfs maanden niet doorstroomd wordt. Voordat een dergelijk filter uit bedrijf genomen wordt en voordat het weer in bedrijf komt, wordt dat filter op de gebruikelijke wijze gespoeld. Als de chemische en bacteriologische kwaliteit weer goed is, wordt het filter daadwerkelijk in productie genomen.

### **3.5 Droogfiltratie**

Bij droogfiltratie kan een apart spoelcriterium gelden. Het filter kan gespoeld worden op het moment dat er plassen op het filterbed waargenomen worden. Dit doet zich al voor als er plaatselijk wat weerstand is opgebouwd.

Wanneer water op het filterbed staat is er sprake van voorkeurstroom van water en lucht in het filterbed. Het gevolg is een plaatselijk hoge filtratiesnelheid en een snelle verslechtering van de filtraatkwaliteit.

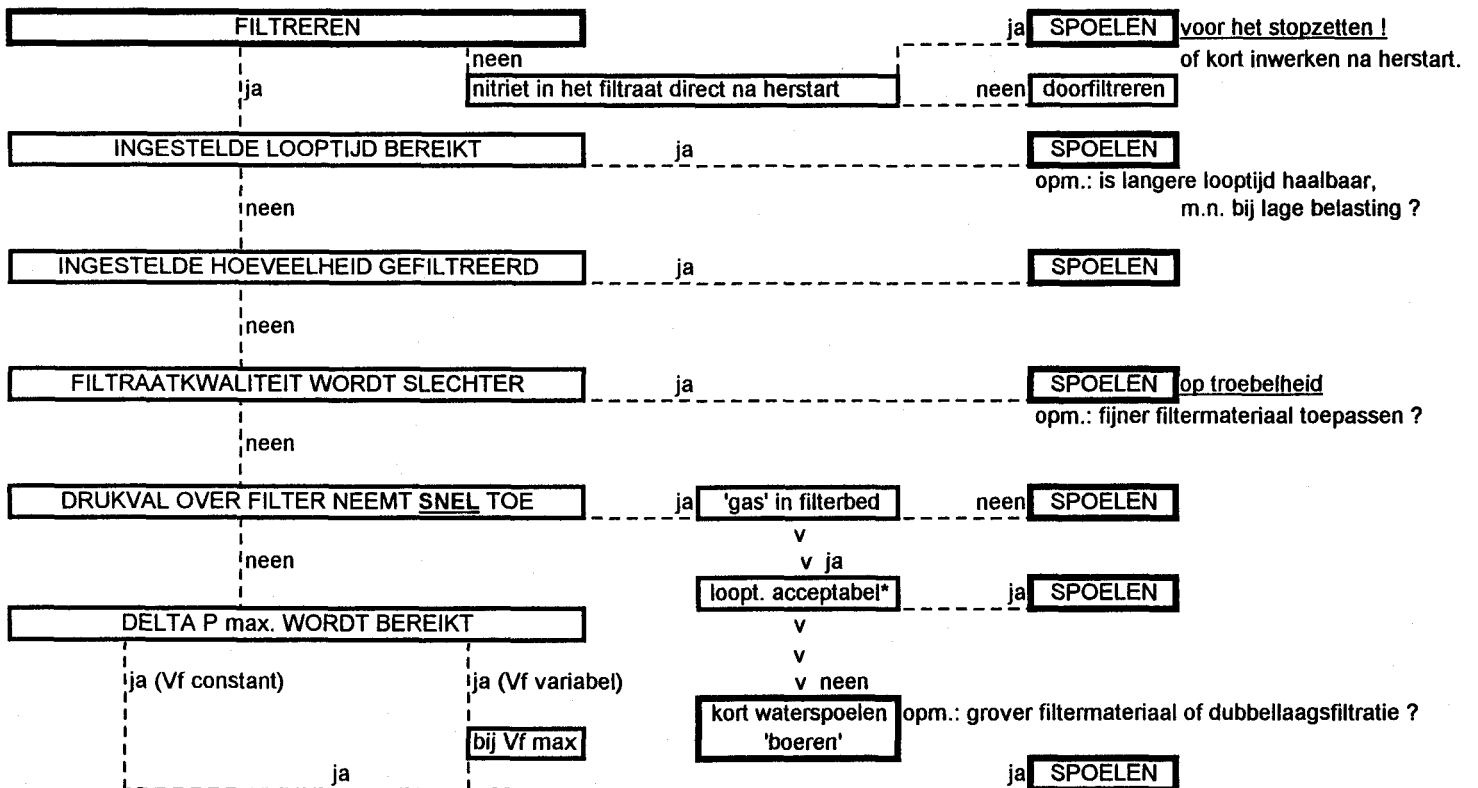
Bij de WOB worden de droogfilters gespoeld als de volumestroom lucht die door het filterbed gezogen wordt afneemt. Die hoeveelheid wordt indirect gemeten (zie fig 1). De ventilator zuigt een constante hoeveelheid lucht uit het systeem. Indien de weerstand in het filterbed toeneemt, wordt er meer lucht van buitenaf, via de debietmeter, aangezogen. Een overschrijding van de hoeveelheid lucht die van buiten aangezogen wordt luidt de spoeling in.



*Figuur 1 Volumestroommeting lucht bij droogfilters van WOB*

## SPOELCRITERIA

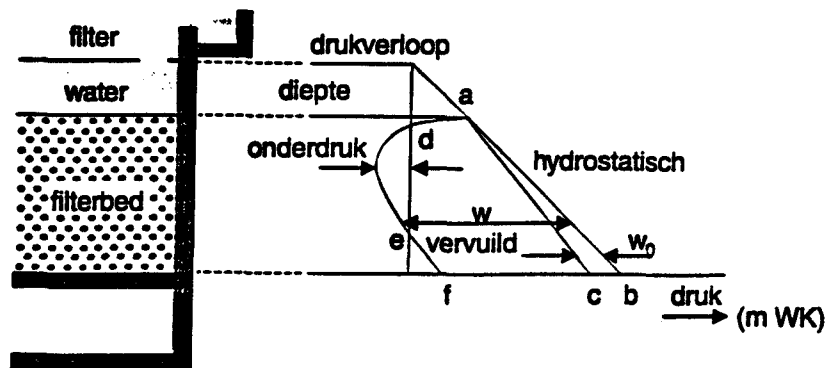
i. van paassen / a.bekkers, februari '98

\* indicatie 1 kg Fe/m<sup>2</sup> filteroppervlak, bij dubbellaagsfiltratie tot ca. 3 kg Fe/m<sup>2</sup>.

## BIJLAGE 1 Lindquist diagram

Tijdens de filtratie stroomt het te filteren water door het filterbed en zet daarbij verontreinigingen af op het filtermateriaal. De weerstand van het filterbed neemt hierbij geleidelijk toe. Een beeld van de verdeling van het slib over de diepte van het filter kan worden afgeleid uit het door Lindquist ontworpen diagram (zie figuur 1).

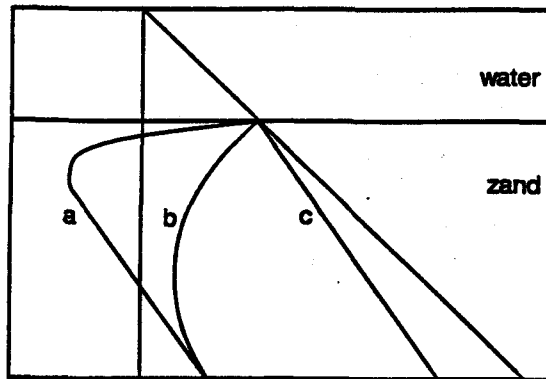
Daarin is het verloop van de druk met de diepte in een filterbed weergegeven. Dat verloop wordt voor een buitenbedrijf zijnd filter weergegeven door de rechte a-b die een hoek van  $45^\circ$  met de assen maakt (hydrostatisch drukverloop). De andere lijnen gelden voor een in bedrijf zijnd filter respectievelijk wanneer het bed geheel schoon is (a-c) en op het moment dat het filter aan spoelen toe is (a-d-e-f). De lengte van de lijnstukken  $W_0$  en  $W$  voor iedere diepte geeft dan de grootte van de filterweerstand over de diepte aan, dat is het drukverlies ten gevolge van de vloeistofstroming door het schone, respectievelijk vervuilde filterbed. Voor een schoon bed wordt een rechte, voor een vervuilde bedden een kromme verkregen. Indien de weerstand  $W$  op een bepaalde diepte in het filter groter is geworden dan de hydrostatische druk daar ter plaatse, noemt men dit verschil wel de "negatieve druk". Het wil in feite zeggen dat de druk in het filter daar kleiner is dan de atmosferische druk.



**Figuur 1.** Drukverloop in een filterbed (schematisch).

In figuur 1 is van diepte  $d$  tot diepte  $e$  een negatieve druk aanwezig in de situatie die wordt aangegeven door de kromme van het vervuilde bed. De grootte van die negatieve druk wordt aangegeven door lijnstukdeel van  $W$  dat links van de verticaal  $d-e$  is gelegen. De negatieve druk mag niet te groot worden, omdat dan problemen kunnen ontstaan doordat opgeloste gassen uit het water vrijkomen.

De krommen geven een beeld van de verdeling van het slib over de diepte van het bed, in zoverre, dat op iedere diepte de verandering van de filterweerstand met de diepte evenredig is met de ter plaatse afgezette hoeveelheid deeltjes. Waar deze krommen evenwijdig zijn aan de rechte voor het schone bed is geen slib van betekenis afgezet. Hoe groter de hoek is die de raaklijnen aan de kromme maken met de rechte van het schone bed, des te groter is op die diepte de vervuiling.



Figuur 2. Weerstandsverloop in een filterbed.

Waarin:

- a = ondiepe vervuiling
- b = diepe vervuiling
- c = schoon filter

In figuur 2 zijn schematisch twee uitersten in de verdeling van het slib in het filterbed aangegeven. Zij zijn onderscheiden als ondiepe en diepe vervuiling (diepbedvervuiling).

Bij ondiepe vervuiling zet het slib zich voornamelijk af in de bovenste lagen van het filter, wat een snelle toeneming van de weerstand in deze lagen veroorzaakt. Op het moment dat de filtratieweerstand de grenswaarde heeft bereikt, waarbij het filter moet worden gespoeld, hebben de diepere lagen nog nauwelijks aan de vuilberging deelgenomen. Dit biedt echter wel de garantie, dat het filtraat de onder de gegeven omstandigheden beste kwaliteit heeft. De looptijd van het filter wordt in dit geval alleen bepaald door de weerstand waarbij spoelen noodzakelijk wordt.

Bij diepe vervuiling daarentegen wordt de vuilbergingscapaciteit van het hele filter gebruikt, maar de kwaliteit van het filtraat is niet meer gegarandeerd. De kans op een doorbraak van slib door het filter is zeer duidelijk aanwezig. De looptijd van het filter wordt in dit laatste geval niet bepaald door de maximaal toelaatbare weerstand in het filter, maar door de verslechtering van de filtraatkwaliteit. De optimale filterprestatie zal worden verkregen, wanneer het filter over zo groot mogelijke diepte gelijkmatig vervuild, waarbij alleen de onderste lagen ter garantie van de filtraatkwaliteit schoon blijven.

# BEPALEN VAN HET SLIBGEHALTE IN GESTOKEN MONSTERS FILTERMATERIAAL

bundeling van SW rapporten:

SW 38 "Practische methode voor de bepaling van het vuilgehalte van  
monsters filtermateriaal".  
auteur: M. Sollman  
jaar: 1960

SW 54 "Ervaringen met een toestel voor het steken van zandmonsters in  
bedden van snelfilters".  
auteurs: A. de Lathouder en M. Sollman  
jaar: 1962

SW 59-i "Voorstellen voor wijziging van de uitvoering van het steektoe-  
stel".  
auteurs: A. de Lathouder en M. Sollman  
jaar: 1961



## VOORWOORD

De contactgroep filtratietechniek grondwater inventariseert beschikbare kennis van filtratietechniek. De Lathouder en Sollman van Kiwa hebben in het verleden zeer veel werk verricht om onderzoek naar de effectiviteit van het spoelproces van filters te kunnen uitvoeren. Het steekapparaat is door hen ontwikkeld, evenals de methode voor het bepalen van de hoeveelheid droog slib. Zowel het steekapparaat als de bepalingsmethode zijn op de achtergrond geraakt. Ik vind dat jammer, want het gecoate steekapparaat werkt meestal zeer goed en de hoeveelheid droog slib is één van de parameters waar je iets mee kunt doen.

De oude SW rapporten liggen reeds jaren in mijn kast, en ik gebruik ze. Het lijkt mij goed dat de nieuwe generatie proces-technologen kennis neemt van de inhoud. Vandaar deze gebundelde kopie voor de contactgroep.

8 december 1995  
G.K. Reijnen.

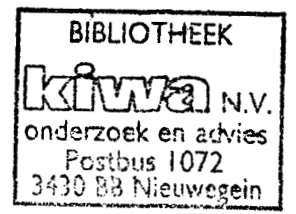
KEURINGSinSTITUUT VOOR WATERLEIDINGARTIKELen N.V. KIWA

Rapport no : SW 38

Datum : 30 December 1960

Onderwerp : Practische methode voor de bepaling van het vuilgehalte van monsters filtermateriaal.

Opdrachtgever: N.V. KIWA



Opgesteld door: M. Sollman.

Classificatie no: 663.461.067.012

Order no:

| <u>Inhoud</u> :                     | <u>Blz.</u> |
|-------------------------------------|-------------|
| 1 INLEIDING .....                   | 1           |
| 2 BESCHRIJVING VAN DE METHODE ..... | 1           |
| 2.1 Algemeen .....                  | 1           |
| 2.2 Werkwijze .....                 | 2           |
| 3 SAMENVATTING EN CONCLUSIES .....  | 4           |

Bijlagen: 2 figuren.

## 1 INLEIDING

Al geruime tijd bestaat er behoefte aan een methode voor de bepaling van het vuilgehalte van filterzand. Deze behoefte is groter geworden sinds het mogelijk is met het door het KIWA ontwikkelde steekapparaat<sup>1)</sup> op eenvoudige wijze monsters over de gehele diepte van het filterbed te steken. De meest aantrekkelijke methode ter bepaling van het slibgehalte lijkt die welke onder meer zou kunnen leiden tot de bepaling van het gedeelte van het poriënvolume van het filterzand dat door niet aangegroeid nat vuil wordt ingenomen. Op deze wijze wordt een maat voor de verstopping verkregen die nauw zal samenhangen met de weerstand van het filter. De moeilijkheden die zich tot dusverre bij de ontwikkeling van een dergelijke methode hebben voorgedaan hebben ertoe geleid dat voorlopig genoeg wordt genomen met een vereenvoudigde methode voor de bepaling van het vuilgehalte van filterzand. Met deze nieuwe, bij het KIWA gestandaardiseerde methode is de mogelijkheid geopend om van monsters filterzand - zoals deze met behulp van het steektoestel verkregen zijn - op snelle wijze het vuilgehalte (uitgedrukt in mgr. droog vuil per 25 cc monster filterzand) te bepalen. Op deze wijze kan voor een bepaald filter en een bepaald type vervuiling een redelijke indruk omtrent het verloop van de vervuiling in een filter worden verkregen.

Het navolgende geeft een beschrijving van deze methode en de daarbij gebruikte apparatuur.

## 2 BESCHRIJVING VAN DE METHODE

### 2.1 Algemeen

Uitgaande van de gebruikelijke werkwijze, waarbij voor het reinigen van filterzand een opwaartse spoeling wordt toegepast, is de nieuwe methode voor de bepaling van het vuilgehalte van filterzand op dit principe gebaseerd. In een klein "proeffilter" van plexiglas wordt het verkregen monster zand gespoeld met 500 cc water. Dit geschiedt met een zodanige snelheid dat een expansie van 100% wordt bereikt. Het aldus verkregen spoelwater wordt onder vacuum gefiltreerd, waarna door weging de gewichtsvermeerdering van het gebruikte filterschijfje, waarop het slib is verzameld, wordt bepaald. Deze gewichtsvermeerdering - in gedroogde toestand - is gelijk aan de hoeveelheid vuil die in het desbetreffende monster tussen de korrels aanwezig was.

<sup>1)</sup> Zie mededeling 2 van de Cofico.

Voor vergelijkingen van de verschillende toestanden waarin het zandbed van een filter - wat betreft de vervuiling - kan verkeren is deze methode uitermate bruikbaar gebleken. De vraag rijst echter in hoeverre het vuil volgens deze standaardmethode verwijderd wordt en welk deel van de aangroeiing eventueel losgemaakt en afgevoerd wordt. Uit visuele waarnemingen is na experimenteren met verschillende monsters, waterhoeveelheden en expansies gebleken dat met vrij grote zekerheid mag worden aangenomen dat volgens de ten slotte gekozen werkwijze meer dan 99% van de niet-aangegroeide vervuiling wordt verwijderd door deze spoelmethode, terwijl nauwelijks merkbare loslating van de aangroeiing optreedt. Ook werden bij vergroting van de hoeveelheid spoelwater en/of verhoging van de expansiegraad geen van belang zijnde hoeveelheden aangroeiing uit het monster verwijderd (ca 0,05% van de aangroeiing).

Het is met deze methode uiteraard niet mogelijk om te bepalen welk gedeelte van het poriënvolume door de vervuiling wordt ingenomen, alhoewel bij het uitspoelen van de monsters filterzand wel een zekere indruk verkregen wordt omtrent het volume van de "natte" vervuiling. Hierdoor zal het soms mogelijk zijn enig inzicht te verkrijgen omtrent de vraag in hoeverre het resultaat van de vergelijking van de droogvuilgewichten afwijkt van dat van de volumina nat vuil. In dit verband zij nog opgemerkt dat een bepaalde drooggewichtshoeveelheid ijzer in natte toestand een groter volume inneemt dan een zelfde gewichtshoeveelheid mangaan in natte toestand.

Hoewel verondersteld wordt dat het beoogde doel met de ontwikkelde methode in de meeste gevallen zal worden bereikt, zullen er zeker typen slib en aangroeiing voorkomen, die bij toepassing van deze methode minder volledig uitgespoeld respectievelijk meer losgespoeld worden. Voor het maken van vergelijkingen in een bepaald filter dat met een bepaald water (slib) wordt gevoed, wordt dit echter niet bezwaarlijk geacht omdat het dan om verschillen gaat. Men denke b.v. aan het verschil in vervuiling op verschillende plaatsen in het filter of voor en na het spoelen.

## 2.2 Werkwijze

Voor het uitvoeren van de vuilbepaling wordt de navolgende apparatuur gebruikt (zie fig. 1 en 2).

- 1 Slibspoeler.
- 1 Opvangtrechter met kraan.
- 1 Büchner-trechter.
- 1 Afzuiginstallatie (b.v. waterstraalluchtpomp).
- 1 Spuitfles.
- 1 Vultrechter met wijde tuit.
- 1 Droogstoof.
- 1 Balans.

De gehele handeling verloopt als volgt.

- 1<sup>e</sup> De slibspoeler wordt zover met water gevuld dat de tuit van de vultrechter, wanneer deze in de slibspoeler is geplaatst, zich in het water bevindt (zie fig. 1).
- 2<sup>e</sup> Het monster wordt voorzichtig in de vultrechter gedaan waarna het met een kleine waterstraal uit de spuitfles uit de vultrechter wordt gespoeld.
- 3<sup>e</sup> Nadat de afvoerkap op de slibspoeler is geplaatst wordt de watersnelheid snel maar geleidelijk zo ingesteld dat een expansie van ca 100% wordt bereikt.
- 4<sup>e</sup> Indien in de opvangtrechter 500 cc spoelwater aanwezig is wordt de watertoevoer aan de slibspoeler gestopt. Het water dat in de slibspoeler aanwezig is wordt intermitterend aan de onderzijde afgelaten. Hierdoor zal het monster enigszins inklinken. Een op de slibspoeler aangebrachte schaal geeft nu het volume van het monster in cc aan. Dit volume wordt afgelezen.
- 5<sup>e</sup> Een voorafgewogen en genummerd filterschijfje (in verband met het hygroscoopisch zijn van filtreerpapier kan het gewenst zijn het - duurdere - collodionfilter te gebruiken) wordt in de Büchner-trechter geplaatst. Na het instellen van de afzuiging onder de Büchner-trechter wordt het spoelwater gefiltreerd.  
Het is dienstig de opvangtrechter nadat het spoelwater gefiltreerd is met water schoon te spuiten en dit water op hetzelfde filterschijfje te filtreren.
- 6<sup>e</sup> Ten slotte wordt het monster uit de slibspoeler gespoeld door deze laatste in omgekeerde stand boven een opvangbak te houden.
- 7<sup>e</sup> Het filterschijfje met slib wordt 1/2 uur bij 110° C in de droogstoof gedroogd.

8<sup>e</sup> Het filterschijfje met gedroogd slib wordt gewogen. De gewichtsvormeerdering van het filterschijfje geeft, omgerekend naar het monstervolume de hoeveelheid droog vuil per 25 cc monster.

In figuur 1 is het slibspoelproces schematisch in beeld gebracht. Een constructietekening van de slibspoeler is in figuur 2 gegeven.

### 3 SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Met behulp van de besproken slibspoeler en het KIWA-steekapparaat is het mogelijk filtervervuilingen voor verschillende toestanden en op verschillende plaatsen van het bed te vergelijken op basis van de gehalten aan droog vuil van monsters filterzand.

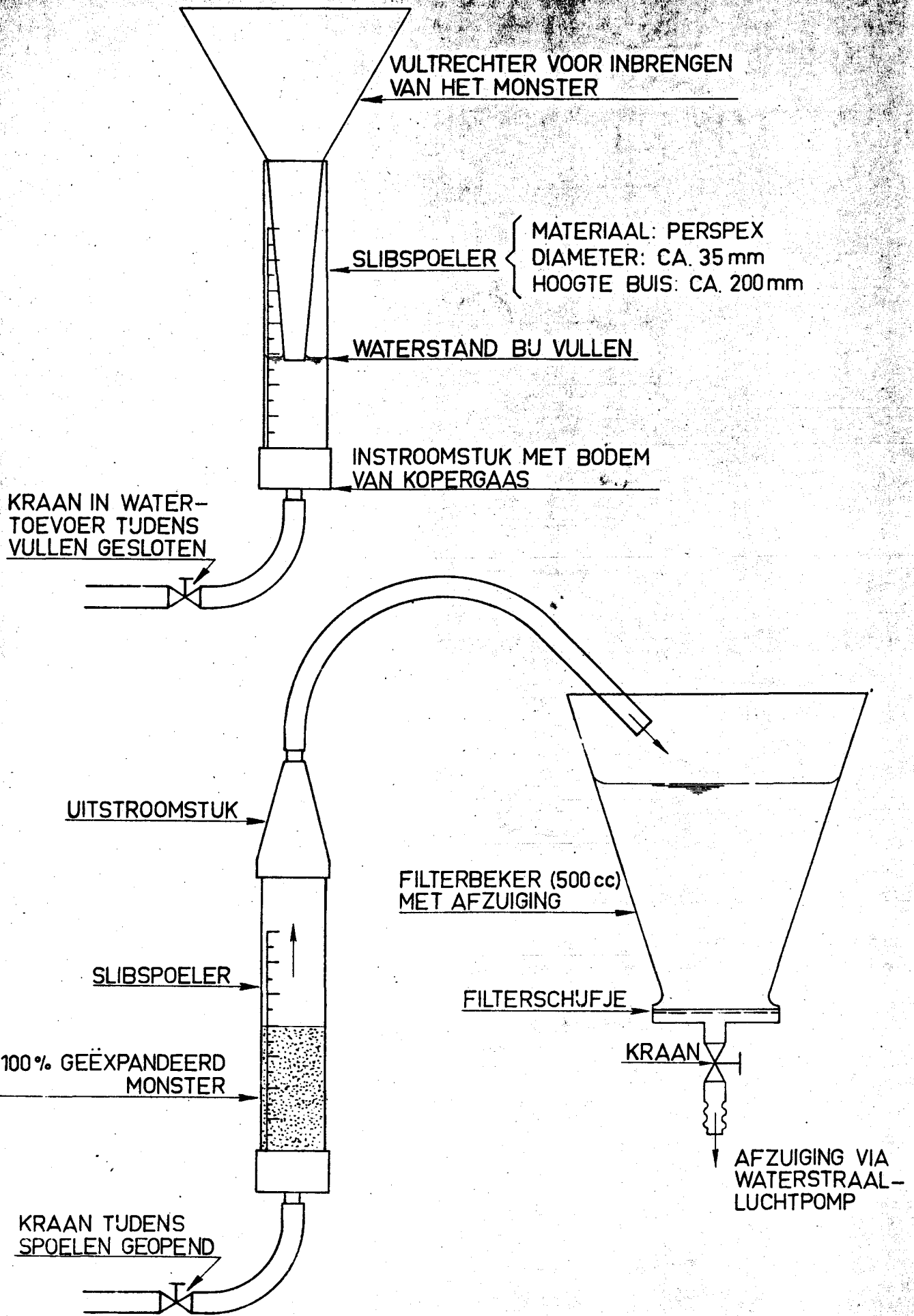
De slibspoelmethode berust op de gedachte dat door een intensieve waterspoeling uit een hoeveelheid filterzand het niet-aangegroeide vuil kan worden verwijderd. Hierbij is gebleken dat met 500 cc spoelwater en een expansie van 100% praktisch alle niet aangegroeide vervuiling uit een monster van ca 25 cc verwijderd wordt.

Op grond van de resultaten die met de slibspoelmethode zijn opgedaan kan geconcludeerd worden dat:

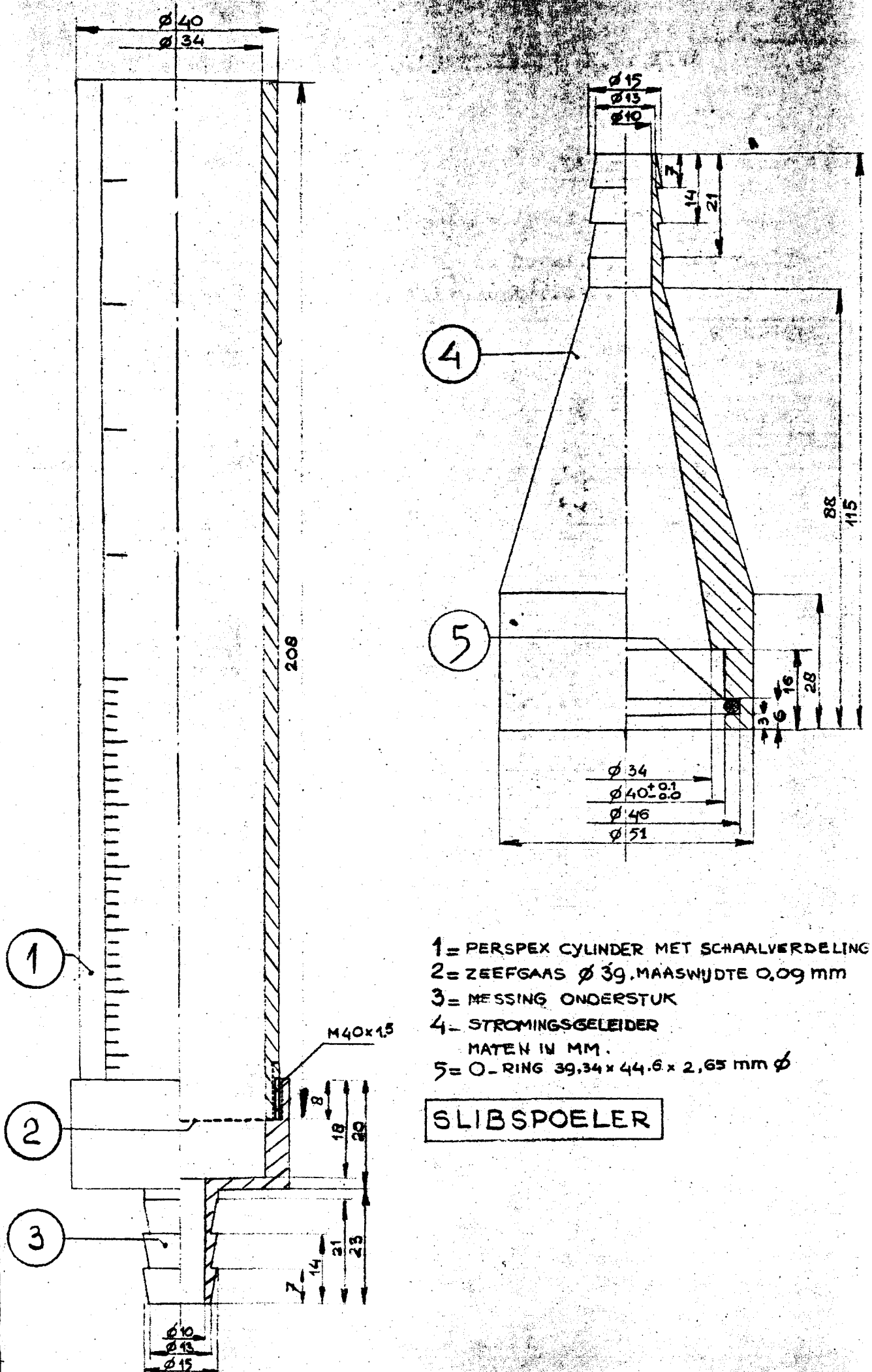
1<sup>e</sup> De slibspoelmethode voor het vergelijken van gelijk werkende filters die met een zelfde water worden gevoed, zeer bruikbaar is.

2<sup>e</sup> Door visuele waarneming een indruk verkegen kan worden omtrent het volume van de vervuiling. Hierbij zij opgemerkt dat een bepaalde gewichtshoeveelheid ijzer een groter gedeelte van het poriënvolume bezet dan een zelfde gewichtshoeveelheid mangaan.

# AFB. 4 SCHEMA SLIBSPOELMETHODE



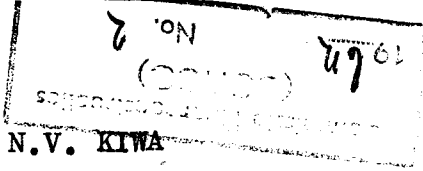
FIGUUR 2



- 1 = PERSPEX CYLINDER MET SCHAALVERDELING
  - 2 = ZEEFGAAS  $\varnothing$  39, MAASWIJDTE 0,09 MM
  - 3 = MESSING ONDERSTUK
  - 4 = STROMINGSGELEIDER
  - 5 = O-RING 39,34 x 44,6 x 2,65 mm  $\varnothing$
- MATEN IN MM.

**SLIBSPOELER**





Rapport no: SW 54

Datum: 15 Januari 1962

Onderwerp : Ervaringen met een toestel voor het steeken van zandmonsters  
in bedden van snelfilters

Opdrachtgever: N.V. KIWA

Opgesteld door: ir. A. de Lathouder en M. Sollman

Classificatie no: 628.163.1.002.54

Order no:

| <u>Inhoud:</u>   | <u>Blz.:</u> |
|--|--------------|
| 1 INLEIDING . . . . .  | 2            |
| 2 CONSTRUCTIE VAN HET STEEKAPPARAAT . . . . .                            | 2            |
| 3 STEEKMETHODIEK . . . . .   | 3            |
| 4 ERVARINGEN MET HET STEKEN IN VERSCHILLENDE FILTERS . . . . .           | 5            |
| 4.1 Algemeen . . . . .   | 5            |
| 4.2 Invloed van verschillende factoren op het steekresultaat . . . . .   | 6            |
| 5 FILTERONDERZOEK . . . . .  | 8            |
| 5.1 Aantal steken . . . . .  | 8            |
| 5.2 Aantal monsters per steek . . . . .                                  | 9            |
| 5.3 Moment van steken . . . . .  | 9            |
| 6 MONSTERONDERZOEK . . . . .   | 10           |
| 6.1 Algemeen . . . . .   | 10           |
| 6.2 Bepaling van het slibgehalte . . . . .                               | 10           |
| 6.3 Onderzoek naar de aard van het slib . . . . .                        | 11           |
| 6.4 Controle op de korrelaangroeiing . . . . .                           | 12           |
| 6.5 Granulometrie van het filtermateriaal . . . . .                      | 13           |
| 7 PRAKTIJKERVERVARINGEN MET HET STEEKAPPARAAT . . . . .                  | 13           |
| 7.1 Algemeen . . . . .   | 13           |
| 7.2 Enkele met behulp van het steekapparaat verkregen gegevens . . . . . | 13           |
| 8 CONCLUSIES . . . . .   | 16           |

Bijlagen : 6 afbeeldingen.

## 1 INLEIDING

Voor een goede beoordeling van de werking van filters is het noodzakelijk om, behalve de kwaliteit van het ruwe en het gezuiverde water, ook de vervuilingsgraad en de toestand van de filtervulling regelmatig te controleren. Voor het onderzoek van de filterbedden staat de waterleidingbedrijven een toestel ter beschikking dat op grond van een door het KIWA aangegeven principe is ontwikkeld. Een uitvoerige beschrijving van alsmede de werkwijze met dit toestel zijn gepubliceerd in Mededeling no 2 van de Commissie Filterconstructies van het KIWA: "Een toestel voor het steken van zandmonsters in filterbedden". De constructie van het toestel en de wijze van steken worden daarom slechts in grote trekken behandeld en wel in hoofdzaak voor zover hiermede nieuwe ervaringen zijn opgedaan.

Gedurende een periode van twee jaar zijn door het KIWA verdere ervaringen opgedaan en werd met behulp van het steekapparaat een 500-tal monsters uit filterbedden gestoken. Deze monsters zijn op hun vuilgehalte onderzocht, terwijl in sommige gevallen de granulometrie werd beoordeeld. Het navolgende geeft een overzicht van de opgedane ervaringen bij het onderzoek van de filters van een aantal waterleidingbedrijven alsmede een beschouwing zowel over het steken en de mogelijkheden van het steekapparaat als over het monsteronderzoek.

Vermeld dient nog te worden dat de door het KIWA opgedane ervaringen slechts betrekking hebben op natte snelfilters. Het ligt in de bedoeling van het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, waarmede ten aanzien van dit onderwerp nauw werd samengewerkt, een en ander over de ervaringen opgedaan bij droge snelfilters te publiceren.

## 2 CONSTRUCTIE VAN HET STEEKAPPARAAT

Het voor de filteronderzoekingen gebruikte steekapparaat is weergegeven in de afbeeldingen 1 en 2. Het apparaat bestaat uit een halfcirkelvormige buis - goot genoemd - en een strip met omgezette zijkanten - de schuif die met een ruime speling om de goot grijpt. Het geheel is van roestvrij staal en bedekt met een gladde dunne laag hostafilon, een kunststof die een verminderde steekweerstand bewerkstelligt. Gebleken is dat deze laag hostafilon behoorlijk slijtvast is. Na ongeveer honderd steken in filterbedden met materiaal van verschillende korrelafmetingen was de kunststoflaag voornamelijk slechts aan de buitenzijde voor een gedeelte weggesleten. Toch lijkt

het gewenst de coating van het apparaat aan een nader onderzoek te onderwerpen. De kwantitatieve vermindering van de steekweerstand ten opzichte van een glad roestvrij stalen oppervlak b.v. is niet bekend. Bovendien is het niet uitgesloten dat ook andere oppervlaktebehandelingen tot een verlaging van de steekweerstand kunnen leiden.

Voor filterbedden met materiaal waarvan de korreldiameter groter is dan 2 à 3 mm blijkt het in het algemeen nodig te zijn het apparaat aan de onderkant te voorzien van verende lipjes (zie afb. 3) om te voorkomen dat het materiaal er tijdens het monstertrekken uitvalt. Aldus uitgevoerd werd het apparaat gebruikt voor korrelafmetingen tot 3 à 4 mm.

Om de steekweerstand van de schuif zoveel mogelijk te beperken heeft deze een minimale plaatdikte van 1 mm. De schuif is daardoor betrekkelijk gevoelig voor knik, hetgeen de nodige voorzichtigheid vereist bij het steken in diepe filterbedden met grofkorrelig materiaal. Uit de opgedane ervaring is reeds gebleken dat aan de sterkte speciale aandacht moet worden geschonken bij filterbedden met een diepte  $> 1,60$  m en een korrelafmeting  $> 2,5$  mm. In sommige gevallen kan vergroting van de dikte tot 1,5 mm, ondanks de hierdoor toenemende steekweerstand, goede resultaten opleveren. De oplossing kan ook gezocht worden in een vergroting van het traagheidsmoment (knikzekerheid) van de dwarsdoorsnede van de schuif, door deze iets van vorm te veranderen. Dit probleem wordt nog door het KIWA onderzocht.

Behalve aan de vorm, afmetingen en oppervlaktebehandeling van het steekapparaat moeten ook eisen worden gesteld aan de kwaliteit van het materiaal waaruit het steekapparaat is vervaardigd. Zoals uit het voorgaande reeds bleek zal het voor de stevigheid van de schuif nodig zijn een materiaal toe te passen dat aan hoge sterkte-eisen voldoet. De schuif mag wel enigszins veren omdat ook dan het volgen van de goet in het bed mogelijk blijft. Roestvrij staal, koud gewalst, 18/8-316, bleek tot dusverre goed te voldoen.

### 3 STEEKMETHODIEK

Alvorens het steekapparaat in het filterbed te brengen dient het bed te worden afgelaten, d.w.z. dat het waterniveau moet worden omlaaggebracht. Dit kan op twee manieren geschieden. Het water kan direct tot onder de steekdiepte worden afgelaten, waarna gestoken wordt. Is de steekweerstand echter groot dan kan deze worden verkleind door in een nat bed te steken. Het aflaten geschiedt dan in twee etappes. Eerst wordt het waterniveau zover omlaaggebracht dat men het bed kan betreden en het apparaat in het bed kan brengen.

Voor het apparaat weer uit het bed wordt getrokken, wordt het water volledig afgelaten. Dit laatste om te vermijden dat het te natte zand tijdens het omhoog trekken uit het apparaat glijdt en het uit het apparaat vloeiende water het monster zou verstoren door te hoge snelheden.

Wil men bij het steken goede resultaten bereiken dan dient de juiste steekmethode te worden gevolgd. Eerst wordt de nat gemaakte goot in het bed gestoken, er hierbij zorg voor dragende dat de goot niet rechtstandig maar met een lichte helling van ca  $5^{\circ}$  naar achteren in het bed wordt geplaatst. Vervolgens wordt dan de schuif over de goot gestoken. Hierbij moet de schuif zodanig omlaag worden gebracht dat de beide delen van het steekapparaat in de eindpositie volkomen aanliggen. Opdat de schuif aan de onderzijde goed op de goot gedrukt blijft is het gewenst de schuif aanvankelijk onder een zeer kleine hoek met de goot (dus boven, juist vrij van de goot) omlaag te duwen. Er zij hierbij op gewezen dat de mogelijkheid niet uitgesloten is dat de schuif door een verkeerde beweging kan knikken. Het is bij het steken noodzakelijk de bewegingen van het steekapparaat zo vloeiend mogelijk te doen verlopen. Blijft het apparaat tijdens het inbrengen steken, dan kan het gunstig zijn het enkele cm terug te trekken alvorens het apparaat verder omlaag te drukken.

Het uittrekken van het steekapparaat dient, evenals het steken, in een zo vloeiend mogelijke beweging te geschieden. Bij het uittrekken dient er acht op te worden geslagen dat het begin van de uittrekkende beweging zeer langzaam plaatsvindt. De mogelijkheid bestaat anders dat door de plotselinge versnelling en een optredende zuiging onder in het filterbed een gedeelte van het monster uit het steekapparaat valt. Tevens dient er acht op te worden geslagen dat bij het uittrekken de goot en de schuif stevig op elkaar gedrukt worden gehouden.

Een aldus verkregen monstersteek zal doorgaans een lengte hebben die niet overeenkomt met de gestoken diepte. In de eerste plaats is er het verschijnsel van de indrukking. De grootte hiervan kan gemeten worden door het verschil te bepalen tussen de lengte van dat gedeelte van het steekapparaat dat in het bed werd gestoken en de afstand van de onderkant van de goot tot aan de bovenzijde van het gehele monster. Afhankelijk van verschillende factoren bedraagt de indrukking doorgaans 1 tot 6%. Bij het bepalen van de diepte waarop een bepaald geconstateerd verschijnsel aanwezig is moet met deze indrukking van het monster rekening worden gehouden.

Ten tweede is er het verschijnsel van de uitval aan de onderkant van het apparaat, die vooral bij grof materiaal met weinig samenhang aanzienlijk kan zijn. Indien gestoken wordt met een steekapparaat dat aan de onderkant

voorzien is van lipjes is deze meestal nihil. Zonder deze voorziening bedraagt de uitval van 0 tot 10% van de steeklengte. Bij meer uitval is het, vooral waar het van belang is over diep gestoken monsters te beschikken, zoals bij grondwaterfilters (diepe vervuiling) en bij filters met steunlagen (vermenging), raadzaam opnieuw een monstersteek te nemen. Bij herhaling van het euvel kan wellicht een wijziging van de steekmethode de oplossing brengen, b.v. door het bed iets langer te laten ontwateren (uitlekken) alvorens het monster te trekken. Ten slotte kunnen, indien een en ander geen succes heeft, lipjes in het apparaat worden aangebracht.

#### 4 ERVARINGEN MET HET STEKEN IN VERSCHILLENDE FILTERS

##### 4.1 Algemeen

In samenwerking met een aantal waterleidingbedrijven was het mogelijk uitgebreide ervaring op te doen met het steekapparaat, zowel tijdens de ontwikkeling als na het in gebruik nemen van een bruikbare uitvoering van het steekapparaat zoals beschreven in Mededeling 2 van de Cofico. Van de vele ervaringen die met laatstbedoeld apparaat zijn opgedaan wordt in het onderstaande een overzicht gegeven dat in hoofdzaak ontleend is aan een viertal bedrijven. In totaal worden in deze bedrijven 62 steekproeven uitgevoerd. In tabel 1 zijn enkele ter zake dienende gegevens vermeld.

Tabel 1. Gegevens van enkele bemonsterde filters

| Omschrijving               | Bedrijf A                              | Bedrijf B    | Bedrijf C           |                     | Bedrijf D                |
|----------------------------|--|--------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| watertype                  | geïnfiltreerd oppervlaktewater         | grondwater   | grondwater          |                     | voorbehandeld grondwater |
| zandspecificatie           | 0,75-1,50 mm                           | 1,50-2,00 mm | 0,50-1,50           | 2-3 mm              | 0,5-1,25 mm              |
| steekdiepte gemiddeld      | 150 cm                                 | 190 cm       | 100 cm              | 120 cm              | 55 cm                    |
| aantal bemonsterde filters | 5                                      | 5            | 1                   | 2                   | 5                        |
| totaal aantal steken       | 28                                     | 17           | 4                   | 7                   | 6                        |
| aantal monsters per steek  | 7                                      | 7            | ca 7                | ca 7                | 6                        |
| totaal aantal monsters     | 196                                    | 119          | 27                  | 47                  | 36                       |
| gemiddelde uitval          | 4 cm                                   | 18,5 cm      | 0 <sup>x</sup> ) cm | 0 <sup>x</sup> ) cm | 4 cm                     |
| gemiddelde indrukking      | 3,5 cm                                 | 7 cm         | 1,5 cm              | 7 cm                | 1 cm                     |
| bodemconstructie           | { a spoelkoppen<br>b Bamag<br>c drains | spoelkoppen  | drains              | drains              | drains                   |
| x) met lipjes              |  |              |                     |                     |                          |

## 4.2 Invloed van verschillende factoren op het steekresultaat

Bij het steken in de verschillende filters is gebleken dat een aantal factoren van invloed zijn op de steekweerstand, de indrukking en de uitval van de gehele steek.

### a. Korrelgrootte

In het algemeen neemt bij toepassing van grof filtermateriaal de steekkracht - dat is de kracht nodig om het steekapparaat in het filterbed te drukken - toe naarmate de korrelgrootte groter is. Tevens is dan meestal de uitval groter. Verder is gebleken dat het steken in zeer fijnkorrelig materiaal soms betrekkelijk grote steekkrachten vergt. Ten slotte werden de kleinste steekkrachten in het algemeen geconstateerd bij filterzand met een korrelgrootte van 0,75 à 1,5 mm.

Daar het zand in het filter vaak min of meer naar korrelgrootte gesorteerd (onder grof, boven fijn) ligt, is een toenemende weerstand per eenheid van steekdiepte verklaarbaar.

### b. Vervuiling

Bij het beschouwen van de vervuiling over de diepte van een filterbed valt een duidelijk onderscheid te maken tussen een vervuiling als gevolg van ontijzering en/of ontmanganing en als gevolg van het filtreren van oppervlaktewater of geocoaguleerd water. In het eerste geval dringt het slib dieper in het bed dan in het laatste geval.

Gebleken is dat het slib veelal als smeermiddel fungeert, hetgeen verklaart waarom het steken in nieuwe filterbedden soms vrij zwaar gaat. Ook werd herhaaldelijk geconstateerd dat de steekweerstand vóór het spoelen kleiner is dan er na. Is het filter slechts in de bovenlagen vervuild dan kan dit tot gevolg hebben dat de steekweerstand met toenemende diepte vrij sterk toeneemt.

Naarmate de vervuiling groter is, is de onderlinge samenhang groter en de kans op uitvallend materiaal aan de onderkant kleiner. De grote uitval van 10% voor bedrijf B is vermoedelijk het gevolg van de aanwezigheid van vrij schoon zand onder in het filter.

### c. Vochtigheidstoestand van het filterbed

De vochtigheidstoestand van het filterbed kan een zeer belangrijke invloed op het uiteindelijke steekresultaat hebben. Daar een nat monster de neiging vertoont tijdens het trekken uit het apparaat te glijden is het meestal nodig het filterbed geheel af te laten. Blijkens opgedane ervaringen is het soms noodzakelijk na het aflaten nog enkele minuten te wachten alvorens te

steken. Blijkt bij het steken dat de benodigde steekkracht groot is dan kan het steken geschieden in het niet of ten dele afgelaten filterbed, omdat de weerstand dan kleiner is dan in een droog filter. Is het steekapparaat in het bed geplaatst dan mag dit er echter eerst uitgetrokken worden nadat het filter afgelaten is. Bij het aflaten van het filter moet er rekening mee worden gehouden dat de watersnelheid dan de normale filtratiesnelheid niet overschrijdt, dit om het monster niet door extreme snelheden te verstoren.

#### d. Samendrukking van het filterbed

Het ligt voor de hand dat het steken in een stevig samengedrukt bed zwaarder gaat dan in een bed waarvan het materiaal in losse stapeling verkeert. Deze stapeling van het filtermateriaal hangt nauw samen met de wijze van spoelen en in het bijzonder met de hierbij optredende expansie. In de onderste lagen van het filter is de samendrukking het grootst. Niet alleen door het gewicht van het er boven liggende zandpakket maar ook omdat de onderste lagen vaak minder expanderen dan de bovenste. Bijgevolg is de steekweerstand onder in het filter groter dan bovenin.

Bij een grotere samendrukking (dichtere stapeling) is de kans op verdere inklinking (indrukking) van het monster uiteraard kleiner dan bij een lossere stapeling. Ook de kans op uitval is bij stevig samengepakt materiaal kleiner.

#### e. Dikte van het filterbed

Naarmate het filterbed dikker is zal de steekweerstand groter zijn. Door de grotere samendrukking van het materiaal op grotere diepte ligt het voor de hand dat de weerstand meer dan lineair met de steekdiepte toeneemt. De uitval wordt door de stevigere pakking onderin kleiner. Naarmate dieper gestoken wordt is de absolute indrukking groter.

Een overzicht van de invloed van de verschillende factoren is gegeven in tabel 2. Men dient er rekening mee te houden dat de hierin vermelde uitkomsten berusten op algemene ervaringen die ontleend zijn aan normaal werkende snelfilters van het gebruikelijke type. Daar het resultaat door zoveel factoren wordt bepaald, kan vooraf niet worden vastgesteld of een steekonderzoek vlot zal verlopen. Afwijkingen zullen door bijzondere omstandigheden zeer zeker kunnen optreden. Ook niet genoemde factoren zoals b.v. de aard van het slib, de temperatuur en de steektechniek zullen het resultaat

beïnvloeden. Een combinatie van ongunstige factoren kan tot slechte resultaten leiden. Zo zal een droog diep bed dat weinig vervuild is en bestaat uit dicht gestapelde grote korrels een grote steekweerstand kunnen geven.

Tabel 2. Invloed van verschillende factoren op weerstand en uitval bij het nemen van monsters met het steekapparaat.

| Invloed bij <u>toeneming</u><br>van | Steekweerstand | Uitval aan de<br>onderzijde |
|-------------------------------------|----------------|-----------------------------|
| korrelgrootte                       | groter         | groter                      |
| vervuiling                          | kleiner        | kleiner                     |
| vochtigheidstoestand                | kleiner        | groter                      |
| samendrukking (pakking)             | groter         | kleiner                     |
| dikte filterbed                     | groter         | kleiner                     |

## 5 FILTERONDERZOEK

### 5.1 Aantal steken

Bij het eerste onderzoek van een filter met het steekapparaat is het gewenst een ruim aantal monsters te steken om een goede voorlopige indruk van de werking van het filter te verkrijgen. Als door het eerste filteronderzoek een globale indruk van de toestand waarin het filter zich bevindt verkregen is, kan aan de hand van de gegeven situatie en de gerezen problemen een programma voor onderzoek worden opgesteld dat meer op speciale vragen gericht is.

Is er geen directe aanleiding om bepaalde plaatsen van het filter nader te onderzoeken dan kan voor een groot filter b.v. begonnen worden met 2 steken op de langsas van het filter en 2 steken langs de zijwand, waarvan één in een hoek. Voor een klein filter zou met 2 steken kunnen worden volstaan. Worden zowel voor als na het spoelen monsters gestoken dan komt dit neer op 8 resp. 11 steken per filter. Doen zich moeilijkheden met het filter voor dan kan een groter aantal steken nodig zijn. Indien er in het filter plaatsen zijn die door uiterlijke kenmerken (voor, na of tijdens het spoelen) de overtuiging wettigen dat er onregelmatigheden aanwezig zijn, dan zal op deze plaatsen een extra steek moeten worden genomen.



## 5.2 Aantal monsters per steek

Het is niet nodig uit een getrokken steek filtermateriaal een aaneengesloten reeks monsters te onderzoeken. Dit zou tot een overbodige en te omvangrijke hoeveelheid werk leiden. Het aantal monsters dat uit een steek genomen wordt, hangt samen met de diepte van het te bemonsteren filterbed en de verdeling van het slib over de diepte, welke laatste o.a. afhangt van de kwaliteit en aard van het te filtreren water. Blijkens de ervaring is voor de door het KIWA ontwikkelde methode voor het onderzoek van de monsters een hoeveelheid filtermateriaal van ca 25 cc per monster voldoende. Deze 25 cc komt bij de huidige uitvoering van het steekapparaat overeen met een monsterlengte in de goot van ca 5 cm.

Door middel van een proefsteek kan veelal reeds op grond van de zichtbare verkleuringen van het zand globaal worden vastgesteld waar het slib zich in het filter heeft afgezet. Aan de hand hiervan kan dan het aantal en de verdeling van de monsters over de steekdiepte worden bepaald. Zo zou bij een steekdiepte van 100 cm een beeld van het verloop van de vervuiling over de steekdiepte kunnen worden verkregen met een volgende verdeling:  
1<sup>e</sup> : 0 - 5 cm; 2<sup>e</sup> : 5 - 10 cm; 3<sup>e</sup> : 10 - 15 cm; 4<sup>e</sup> : 15 - 20 cm; 5<sup>e</sup> : 45 - 50  
6<sup>e</sup> : 95 - 100 cm. Bij een steekdiepte van 150 cm zou dit aantal kunnen worden uitgebreid met een 7<sup>e</sup> monster op een diepte van 145 - 150 cm.

Zoals reeds werd opgemerkt hangen het aantal en de plaats van de monsters samen met de kwaliteit en de aard van het te filtreren water. Zo zal het noodzakelijk zijn bij een grondwaterfilter de plaats der monsters over de steekdiepte anders te kiezen dan bij een filter dat oppervlaktewater zuivert. Bij laatstgenoemd filtertype zullen de monsters meer uit de bovenste filterlagen afkomstig moeten zijn. Dit in tegenstelling met de monsters van een grondwaterfilter die meer gelijkmatig uit het hele bed afkomstig moeten zijn.

## 5.3 Moment van steken

Omdat een goede spoelwerking voor een filter van het grootste belang is, zal het steken steeds moeten zijn gericht op een controle van het spoelen en dus gegevens moeten verschaffen omtrent de toestand van het filter zowel direct voor als direct na het spoelen. Hierbij kunnen uiteraard allerlei verschijnselen (b.v. slibbanken, steunlaagvermenging etc.) aan het licht treden. Een beschouwing hierover is in punt 7 opgenomen.

Men is natuurlijk niet gebonden aan het steken van monsters direct voor en na het spoelen. Is een onderzoek naar het verloop van de vuilberging met de tijd gewenst, dan dient op verschillende tijdstippen tijdens de filtratieperiode te worden gestoken.

## 6 MONSTERONDERZOEK

### 6.1 Algemeen

Een belangrijk facet van het monsteronderzoek is de bepaling van de hoeveelheid slib die zich op verschillende plaatsen in het filter heeft afgezet. Voor de bepaling van het slibgehalte in de gestoken monsters is door het KIWA een speciale methode ontwikkeld (punt 6.2). Naast de hoeveelheid slib kan ook de aard van het slib worden nagegaan door chemische analyses (punt 6.3). Het onderzoek van het filtermateriaal zelf kan gericht zijn op de korrelaangroeiing (punt 6.4) of op de verdeling van het materiaal naar korrelgrootte, dus de granulometrie (punt 6.5).

### 6.2 Bepaling van het slibgehalte

Bij het onderzoek van de uit een steek genomen monsters wordt elk monster in een klein proeffilter - slibspoeler genoemd - dusdanig met 500 cc water gespoeld dat een expansie van 100% wordt bereikt. Uit onderzoeken is komen vast te staan dat met deze methode praktisch alle tijdelijke en blijvende vervuiling uit het monster wordt gespoeld, terwijl slechts een verwaarloosbaar gedeelte van de korrelaangroeiing wordt verwijderd. Onder tijdelijke vervuiling wordt het slib verstaan dat door een normale filterspoeling wordt verwijderd. De blijvende vervuiling is het slib dat zich na de filterspoeling in de poriën bevindt.

Als vergelijkingsmaatstaf wordt hier de gewichtshoeveelheid gedroogd slib in een bepaald volume zandmonster gebruikt. Voor een gegeven filter dat een bepaald watertype verwerkt is dit geen bezwaar. Men dient zich echter wel te realiseren dat het gewicht aan droog slib allerminst bepalend is voor de verstopping van een filter. In het filter gaat het om het natte slibvolume dat zich tussen de poriën bevindt en dat hangt af van de hoeveelheid water die aan het slib gebonden is. Aangezien dit voor verschillende slibsoorten zeer ver uiteenloopt is het ook niet toelaatbaar vervuilingen van verschillend slibtype (verschillend water) volgens de droog-slibbepaling met elkaar

te vergelijken. Ware er echter een eenvoudige nat-slibmethode voor routinebepalingen dan zou deze uiteraard de voorkeur verdienen.

Wenst men bij de thans gevolgde methode nadere gegevens over de verstoppende werking van het slib, dan kan het weerstandsverloop over de diepte van het filterbed worden gemeten. Dit probleem valt echter buiten het bestek van dit rapport.

Op de slibspoeler (zie afbeelding 4), die voorzien is van een inhoudsverdeling wordt een trechter geplaatst die met de onderzijde van de steel juist tot in het water reikt dat vooraf in de buis van de slibspoeler tot ongeveer 50 cc is ingebracht. Het te onderzoeken monster wordt in de trechter gebracht en hieruit vervolgens voorzichtig met wat water onlaag gespoten, zodat het monster zonder heftige bewegingen te hebben ondergaan op de bodem van het zeefgaas van de slibspoeler komt. Het monster wordt nu van de onderzijde af met 500 cc water dusdanig gespoeld dat een expansie van 100% wordt bereikt. Het aldus verkregen spoelwater wordt onder vacuüm gefiltreerd over een vooraf gewogen filterschijfje. Na het filtreren wordt het schijfje met slib gedroogd en nogmaals gewogen. Uit de gewichtsvermeerdering kan het gehalte aan droog slib van het monster worden bepaald. Voor onderlinge vergelijking dient dit droog slibgehalte nog ongerekend te worden naar 25 cc van het schoongespoelde zandmonster. Het werkelijke monstervolume is op de verdeling van de slibspoeler af te lezen.

In een intern KIWA-rapport is de gehele methode van de droog slibbepaling uitvoerig beschreven. Bij het onderzoek van de door het KIWA gestoken monsters is gebleken dat bij een goed gestandaardiseerde methode - waarbij dan tevens de menselijke factor tot een minimum is gereduceerd - gunstige resultaten werden bereikt en dat een goede indruk betreffende de vervuiling wordt verkregen. Dit werd nog gestaafd door een vergelijkend onderzoek van het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening en het KIWA ten aanzien van deze methode. De overeenstemming van de resultaten was bevredigend.

### 6.3 Onderzoek naar de aard van het slib

Door visuele bestudering van het gestoken monster over de gehele gootlengte kan vaak reeds een goede indruk worden verkregen van de aard van het slib op verschillende diepten. Mangaan- en ijzerverbindingen tekenen zich meestal bruin-zwart resp. rood-bruin af. Organische stoffen vormen vaak een grijs-zwarte sliblaag boven in het filter.

Voor een kwantitatieve bepaling van de bestanddelen van het slib kan het monster langs chemische weg worden geanalyseerd.

#### 6.4 Controle op de korrelaangroeiing

Door de aangroeiing van het filtermateriaal worden de korrels groter terwijl tevens het s.g. verandert. De poriën worden groter en er kunnen wijzigingen optreden in het samenspel van electrostatische en moleculaire krachten en derhalve in het filtratieproces. Uiterlijk kan dit worden geconstateerd aan een geleidelijke toeneming van de dikte van het bed, vermindering van de weerstand van het bed per cm diepte en wijzigingen van de expansie en de kwaliteit van het filtraat. Het kan gewenst zijn de korrelaangroeiing binnen bepaalde grenzen te houden en hierop regelmatig controle uit te oefenen.

Het bepalen van de aangroeiing met behulp van een zeefanalyse is niet mogelijk omdat de aangroeiing tijdens het zeven loslaat. Door het KIWA wordt een methode van zoutzuurwassing toegepast. Wordt de aangroeiing volgens deze methode van tijd tot tijd van een monster filtermateriaal verwijderd en bepaald dan kan een kwantitatief beeld van de aangroeiing over een bepaalde periode worden verkregen. Deze methode is niet geheel juist omdat het zand bestanddelen bevat die tijdens het wassen met zoutzuur mede in oplossing gaan. De oplosbaarheidsgraad zal doorgaans echter slechts enkele procenten bedragen, vermoedelijk is 5% reeds als een maximum te beschouwen. Wenst men met deze factor rekening te houden dan dient de oplosbaarheidsgraad van het schone zand voor het in bedrijf stellen van het filter te worden bepaald door middel van de toe te passen gestandaardiseerde zoutzuurwassing.

Voor het bepalen van de korrelaangroeiing wordt een bekende gewichtshoeveelheid van het door de slibspoeler schoongespoelde monster in sterk HCl (30,5%) gebracht. Na 30 minuten wordt het monster ongeroerd en na een totale verblijfstijd van 45 minuten goed schoongespoeld, gedroogd en gewogen. Door omrekening kan de gewichtsvermindering van het monster - eventueel rekening houdende met de oplosbaarheidsgraad van de betreffende zandsoort - uitgedrukt worden in mgr aangroeiing per 25 cc monster.

Zo er behoefte bestaat aan een maat voor de dikte van de aangegroeide laag op de filterkorrels dan kan deze uit een zeefanalyse van het schone zand en enkele pyknometerbepalingen globaal worden afgeleid.

## 6,5 Granulometrie van het filtermateriaal

Het is in het bijzonder voor een bed met steunlagen gewenst, nu en dan te controleren of het filtermateriaal op de juiste wijze is gerangschikt. Om de korrelafmetingen te bepalen zal van een in zoutzuur gewassen en gedroogd (105°C) monster (zie punt 6.4) een zeefanalyse gemaakt dient te worden. Hiertoe gebruikt het KIWA een EML-zeefmachine (fabrikaat Haver & Boecker) in combinatie met een serie genormaliseerde draadzeven.

Door het toepassen van draadzeven voor alle korreldiameters wordt een zelfde zeefwerking van alle zeven ten opzichte van de verschillende componenten van een te onderzoeken monster gewaarborgd.

Op grond van de zeefanalyses kunnen zekere conclusies omtrent de gelaagdheid van het filterbed getrokken worden. In punt 7 zal hierop nader worden ingegaan.

## 7 PRAKTIJKERVERVARINGEN MET HET STEEKAPPARAAT

### 7.1 Algemeen

Uit de onderzoeken die door het KIWA bij verschillende waterleidingbedrijven zijn verricht konden soms interessante en belangrijke gegevens worden bepaald, waaraan voor de behandeling van de onderzochte filters waardevolle conclusies konden worden ontleend. In het volgende punt zullen enkele met behulp van het steekapparaat verkregen resultaten worden besproken. Daarbij zal in enkele gevallen aan de hand van de z.g. "vervuilingskrommen" een en ander worden verduidelijkt. Onder de slibverdelings- of vervuilingskrommen, ook wel slib- of vuilkrommen genoemd, worden de krommen verstaan, die zijn verkregen door het droog-slibgehalte van monsters uit een verticale steek als functie van de diepte van het filterbed in grafiek te brengen.

### 7.2 Enkele met behulp van het steekapparaat verkregen gegevens

#### a. Vervuiling van het filterbed

Uit visuele waarnemingen van de bij het monsteronderzoek gebruikte filterschijfjes (waarop het afgefiltreerde slib wordt gedroogd) kan de verdeling van de ontijzering en de ontmanganing over de beddiepte van grondwaterfilters doorgaans vrij duidelijk worden afgeleid. Bovendien kan, zowel op

grond van visuele waarnemingen als uit de droog- en vuilgewichten, bepaald worden tot op welke diepte het filterbed effectief is. Zo zal het in bepaalde gevallen op grond van verkregen gegevens mogelijk zijn conclusies te trekken met betrekking tot de noodzakelijke bedhoogte.

In afbeelding 5 is een vuilkromme weergegeven van een der voorfilters van bedrijf C. Uit de waarnemingen tijdens het steken en het monsteronderzoek kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- 1<sup>e</sup> - De vervuiling is doorgedrongen tot in de steunlagen en heeft blijkens de resultaten van nog andere steken in hetzelfde filter verstoppingen in het drainsysteem veroorzaakt.
- 2<sup>e</sup> - De korrelaangroeiing is dermate groot dat deze verbrijzelt. De grote, verbrijzelde deeltjes worden door een normale spoeling niet meer verwijderd en geven plaatselijke verstoppingen in het filterbed.
- 3<sup>e</sup> - De bovenste steunlaag is sterk met de onderste filterlagen vermengd en ligt niet meer horizontaal.
- 4<sup>e</sup> - De reinigende werking van de gebruikte spoelmethode - 1 minuut lucht 60 m/h gevolgd door 3 minuten water 30 m/h - moet waarschijnlijk als onvoldoende worden aangemerkt. Het slib wordt tijdens het spoelen wel uit de onderste delen van het bed omhooggevoerd, maar op grotere diepte dan 40 cm is er van een goede reinigende werking geen sprake. Slechts over 10 à 20 cm is de reiniging redelijk.

In afbeelding 6 is een vuilkromme weergegeven van een der voorfilters van bedrijf B. De normale spoeling geeft een reiniging over de gehele diepte van het bed. In dit filter is het effect van een eenmalige spoeling met verhoogde capaciteit bestudeerd. Hiertoe is de normale spoeling gevolgd door een spoeling met een zelfde spoeltijd, echter werden de snelheden voor water en lucht verdubbeld. Door het toepassen van deze spoelmethode kan incidenteel een extra reiniging worden verkregen. Uit de verkregen resultaten, voornamelijk uit die van de laatste steek na de versterkte spoeling, kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- 1<sup>e</sup> - Door een spoeling met verhoogde capaciteit wordt de korrelaangroeiing verminderd.
- 2<sup>e</sup> - De door onder 1<sup>e</sup> genoemde spoeling losgemaakte aangroeiing zal niet altijd geheel uit het bed worden gespoeld. Er dient dan ook op te worden gerekend dat de vervuiling na een spoeling met verhoogde capaciteit groter kan zijn dan ervoor. Dit blijkt ook in het in afb. 6 gegeven geval zo te zijn. Na enkele normale spoelingen is deze extra vervuiling overigens weer verwijderd.

3<sup>e</sup> - Een spoeling met verhoogde capaciteit kan indicenteel worden toegepast, hetzij om de korrelaangroeiing binnen zekere grenzen te houden, hetzij om het filter tegen mogelijke verstoppingen te behoeden en de blijvende vervuiling te verminderen.

b. Verstoringen in het filterbed

Zoals reeds onder punt 7.2 a werd vermeld kon in een der voorfilters van bedrijf C worden geconstateerd dat de steunlaag niet meer horizontaal lag en dat er bovendien een grote vermenging van de bovenste steunlaag met de onderste zandlaag was opgetreden. Ook in andere gevallen biedt het steekapparaat de mogelijkheid verborgen gebreken op te sporen zoals onregelmatige werking over de doorsnede, de aanwezigheid van slibballen en van slibbanken.

c. Diverse verschijnselen in filterbedden

Ook verschijnselen die niet direct als gebreken worden beschouwd kunnen met behulp van het steekapparaat worden bestudeerd. Als voorbeeld kan worden genoemd de ontmenging van filterzand waarbij het fijne en grove filtermateriaal zich respectievelijk in de bovenste en onderste lagen van het bed oriënteert. Dit verschijnsel is uitvoerig besproken in Mededeling no 7 van de Cofico.

Belangrijke onderzoeken zijn die waarbij de invloed van kenmerkende filtergrootheden op de werking van het filter worden onderzocht door hun invloed op de verdeling, de diepte en de graad van vervuiling na te gaan. Hieronder vallen b.v. de invloed van de filtratiesnelheid, en de looptijd, maar omgekeerd ook de invloed van de slibverdeling op het verloop van de filterweerstand.

d. Spoelmethode

Het is bekend dat een goede spoelmethode als het belangrijkste criterium voor een goed functioneren van een filter moet worden beschouwd. Om na te gaan of een bepaalde toegepaste spoelmethode aan het gestelde doel beantwoordt biedt het onderzoek van filters met behulp van het steekapparaat aantrekkelijke mogelijkheden.

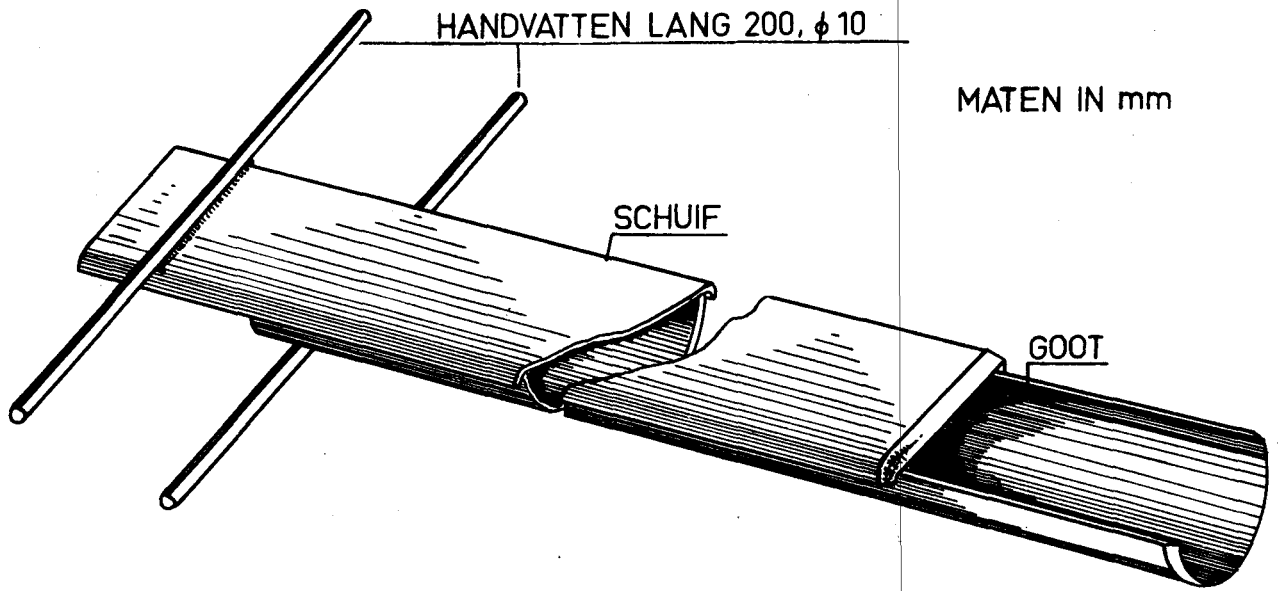
Zoals reeds in punt 5.3 werd vermeld kan het steken het gunstigst plaatsvinden vlak voor en direct na het spoelen.

8 CONCLUSIES

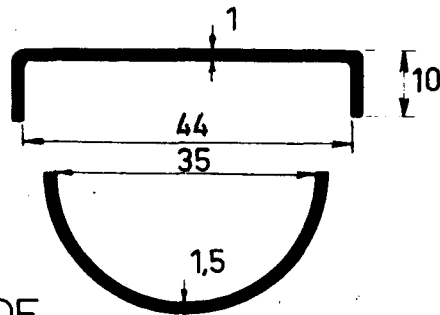
Op grond van de resultaten die bij gebruik van het steekapparaat in natte snelfilters bereikt werden kan het volgende worden geconcludeerd.

1. In de meeste gevallen biedt het steekapparaat uitgebreide mogelijkheden om monsters zand uit filterbedden te nemen.
2. Onvolkomenheden in de bedden van snelfilters, zoals slibbanken, steunlaagvermenging etc., kunnen met behulp van het steekapparaat geconstateerd en gelocaliseerd worden.
3. De met het filteronderzoek met het steekapparaat samenhangende onderzoeksmethodiek voor de gestoken monsters biedt een praktische mogelijkheid om de vervuiling van het filterbed te bepalen dan wel een indruk hieromtrent te verkrijgen.
4. De voor een filter gunstigste spoelmethode kan aan de hand van regelmatige filteronderzoekingen met het steekapparaat worden vastgesteld.
5. Het steekapparaat kan gebruikt worden in filtermateriaal tot maximaal 3 à 4 mm en een beddikte van ten hoogste ca 2 m.
6. Het is gewenst gebleken na te gaan in hoeverre het in Mededeling no 2 van de Cofico beschreven apparaat nog kan worden verbeterd. Dit in het bijzonder wat betreft de sterkte van de schuif en de coating van het apparaat. Door het KIWA wordt dit probleem nader bestudeerd.

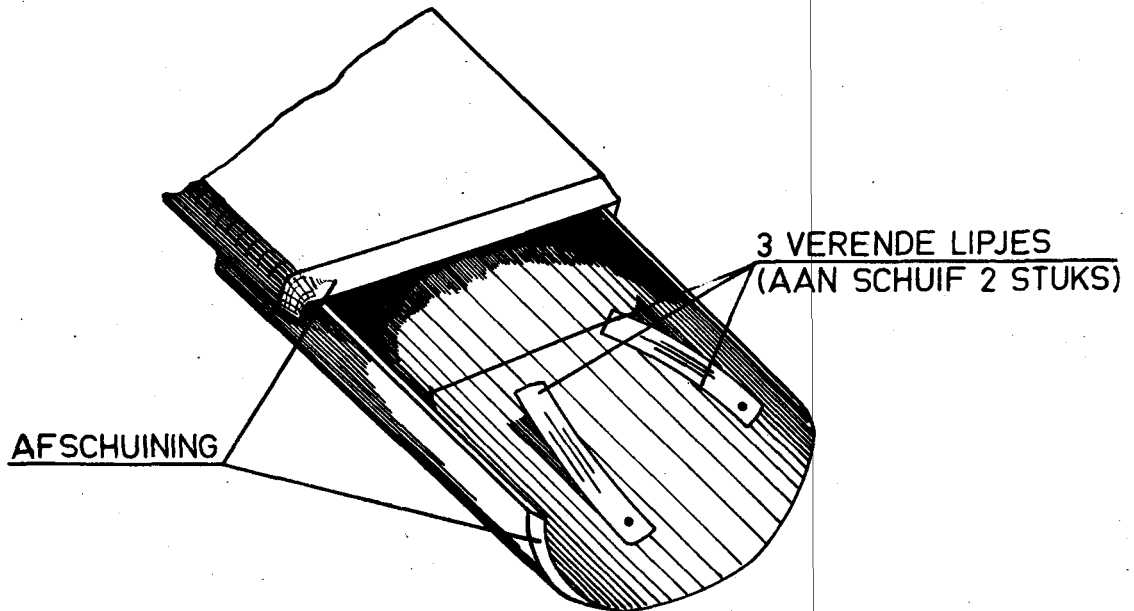




AFB. 1 STEEKTOESTEL COMPLEET (ZONDER LIPJES)

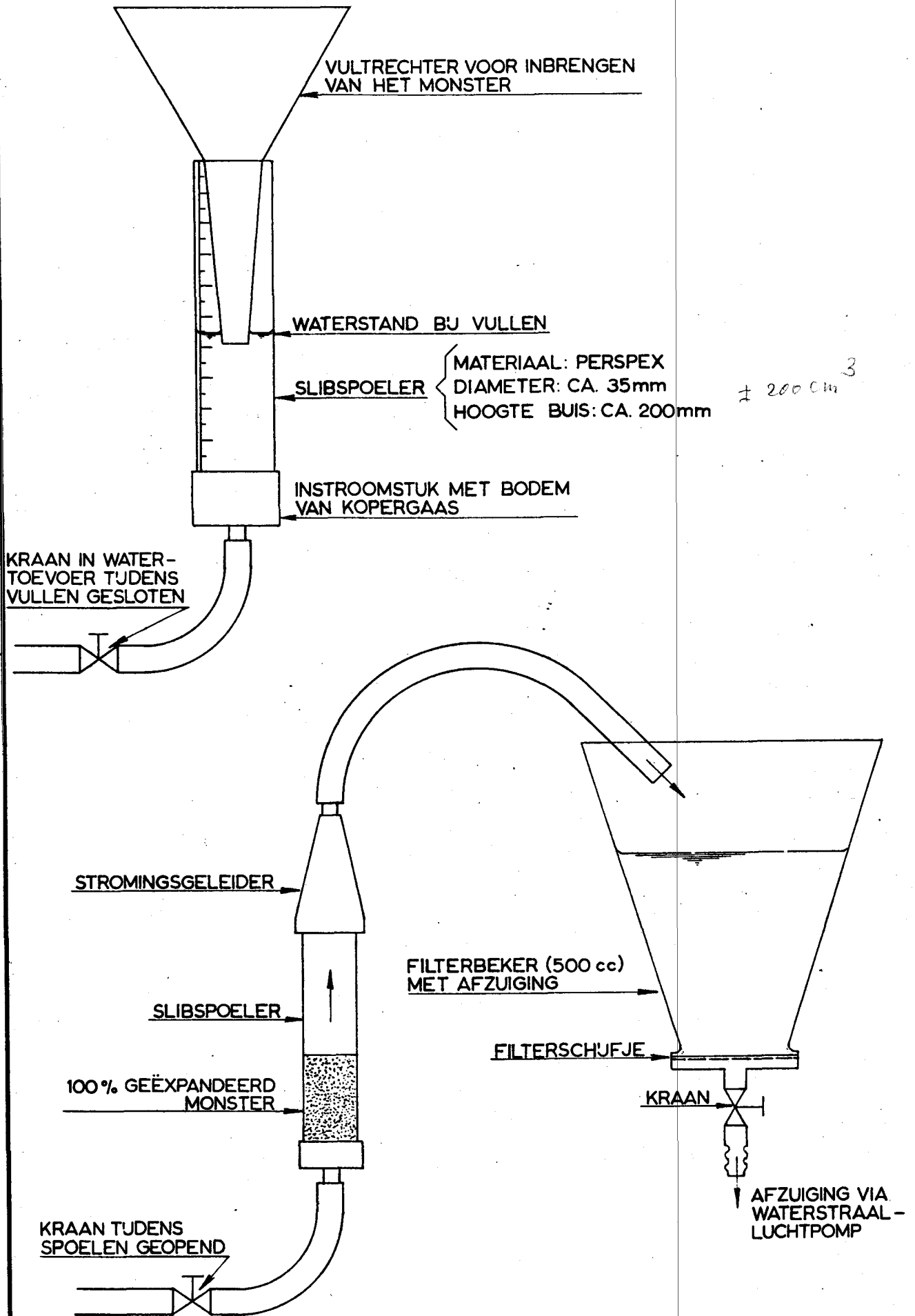


AFB. 2 DWARSDOORSNEDE  
(LENGTE AFHANKELIJK VAN DE DIKTE VAN HET BED)

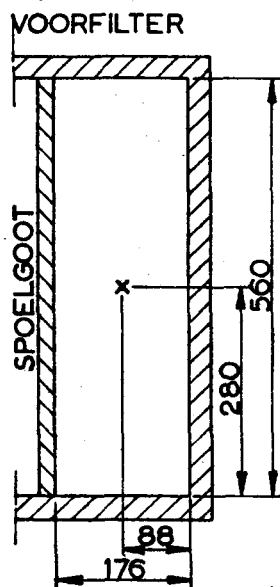
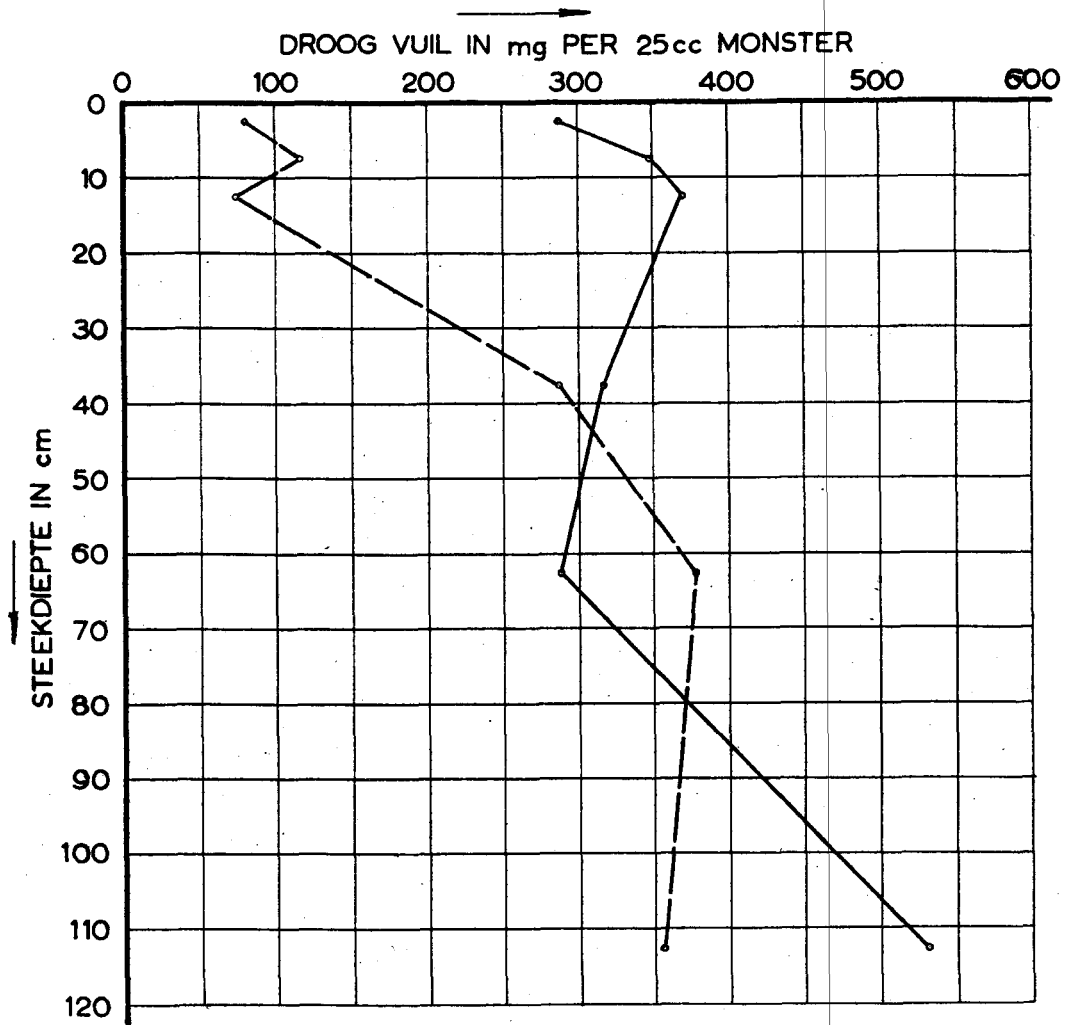


AFB. 3 UITVOERING MET LIPJES

# AFB.4 PROCESSSCHEMA SLIBSPOELMETHODE



**BEDRUF C**  
**AFB. 5 BEPALING VAN HET VUILGEHALTE IN EEN**  
**VOORFILTER m.b.v. HET STEEKAPPARAAT**



— VERVUILING VOOR HET SPOELEN  
 - - - VERVUILING NA HET SPOELEN

BODEM : DRAINS (PATERSON)  
 FILTERSNELHEID : 3 m/h  
 WATER : GRONDWATER  
 SPOELMETHODE : a. 1 min. LUCHT 60 m/h  
 b. 3 min. WATER 30 m/h

x : STEEKPLAATS

MATEN IN cm



KEURINGSINSTITUUT VOOR WATERLEIDINGARTIKELN N.V. KIWA

Rapport no: SW 59-i

Datum: 5 December 1961.

Onderwerp : Voorstellen voor wijziging van de uitvoering van het steektoestel.

Opdrachtgever : N.V. KIWA

Opgesteld door : Ir. A. de Lathouder en M. Sollman.

Classificatie : 628.163.002.54

Order no :

Inhoud :

Blz:

|     |   |   |
|-----|---|---|
| 1.  | INLEIDING . . . . .   | 2 |
| 2.  | STERKTEVERBETERING . . . . .                                      | 2 |
| 2.1 | De oorspronkelijke sterkte . . . . .                              | 2 |
| 2.2 | Wijziging van de sterkte van de schuif . . . . .                  | 2 |
| 2.3 | Invloed van het doordrukken op de uitval en maatregelen daartegen | 3 |
| 3.  | OPPERVLAKTELAAG . . . . .   | 3 |
| 3.1 | Algemeen . . . . .  | 3 |
| 3.2 | Proeven betreffende de steekweerstand . . . . .                   | 4 |
| 3.3 | Proeven betreffende de krasbestendigheid . . . . .                | 4 |

Bijlagen: 3 figuren.

## 1. INLEIDING

Op grond van de met het steekapparaat opgedane ervaringen bleek het noodzakelijk om de mogelijkheden tot verbetering van de coating te onderzoeken en voorts om de schuif van het steekapparaat dusdanig te verstevigen dat de zekerheid tegen uitknikken tijdens het steken groter is.

Dit rapport geeft een overzicht van enkele uitgevoerde berekeningen, een voorstel tot het wijzigen van de vorm van de schuif en enkele richtlijnen voor het uitvoeren van een aantal proefnemingen ter bepaling van de gunstigste oppervlaktelaag voor het steekapparaat.

## 2. STERKTEVERBETERING

### 2.1 De oorspronkelijke sterkte

Voor het bestaande steekapparaat, waarvan de uitvoering is vastgelegd in Mededeling no 2 van de Commissie Filterconstructies, werden berekeningen uitgevoerd ter bepaling van het traagheidsmoment en de knikvastheid van de beide delen. Het resultaat van deze berekeningen is vastgelegd in tabel 1.

| Tabel 1   |                      |                       |                       |
|-----------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Onderdeel | Traagheidsmoment     | Minimale knikvastheid | Maximale knikvastheid |
| Goot      | 2700 mm <sup>4</sup> | 36 kg                 | 576 kg                |
| Schuif    | 443 mm <sup>4</sup>  | 6 kg                  | 96 kg                 |

Hierin is:

minimale knikvastheid = kracht waar beneden een profiel van 200 cm lengte, aan de onderzijde ingeklemd, aan de bovenzijde vrij beweeglijk, niet uitknikt.

maximale knikvastheid = kracht waar beneden een profiel van 200 cm lengte, zowel aan de onderzijde als aan de bovenzijde ingeklemd, niet uitknikt.

### 2.2 Wijziging van de sterkte van de schuif

De praktijkervaringen wezen uit dat de sterkte van een schuif van 2 m lengte (knikvastheid) tijdens het steken onder ongunstige omstandigheden onvoldoende was. Daarom werd gezocht naar een sterkteverbetering van de schuif, echter zonder de steekweerstand te verhogen. Omdat een verhoging van de steekweerstand niet toelaatbaar werd geacht, moesten de voorstellen die een oppervlakte- en/of doorsnedevergroting met zich meebrachten terzijde worden gelegd.

Als oplossing werd ten slotte aanvaardbaar geacht het naar buiten doordrukken van het vlakke gedeelte van de schuif. Het verband tussen de grootte van de doordrukking en de sterkteverbetering is weergegeven in figuur 1. Het doordrukken als verbetering van de sterkte impliceert vrijwel geen oppervlakte en/of doorsnedevergroting, zodat de steekweerstand door deze vormwijziging vermoedelijk geen merkbare verandering zal ondergaan.

Op grond van de met het steekapparaat opgedane ervaring lijkt het doordrukken over een afstand van 3 mm voldoende te zijn, omdat hierdoor de sterkte van de schuif nagenoeg wordt verdubbeld (traagheidsmoment van  $443 \text{ mm}^4$  gebracht op ca  $820 \text{ mm}^4$ , minimale knikvastheid van 6 kg gebracht op ca 11 kg).

### 2.3 Invloed van het doordrukken op de uitval en maatregelen daartegen

Als gevolg van het doordrukken (zie figuur 2) zal de grootste inwendige afstand van goot tot schuif worden vermeerderd met 3 mm. De mogelijkheid is niet uitgesloten dat hierdoor de uitval van het monster onder uit het apparaat groter wordt. Dit nadeel is te ondervangen door de hoogte van de dwarsdoorsnede van de goot te verminderen. Gedacht is aan een vermindering van maximaal 2 mm. Hierdoor zal de sterkte van de goot iets verminderen maar dit lijkt, gezien de stevigheid van de goot in zijn huidige gedaante, wel toelaatbaar. Wel is het gewenst te onderzoeken of deze vermindering inderdaad nodig is; zodat dus allereerst proeven dienen te worden genomen met de goot in zijn oorspronkelijke vorm. De gewijzigde vorm van de dwarsdoorsnede van het apparaat is in figuur 2 geschetst. De resultaten van de sterkteberekeningen van de gewijzigde vormen van schuif en goot zijn weergegeven in tabel 2.

| Tabel 2   |                            |                        |                       |                       |
|-----------|----------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Onderdeel | wijziging v/d vorm         | Traagheidsmoment       | Minimale knikvastheid | Maximale knikvastheid |
| Goot      | hoogtevermindering v. 2 mm | ca $2000 \text{ mm}^4$ | ca 27 kg              | ca 432 kg             |
| Schuif    | doordrukking v. 3 mm       | ca $820 \text{ mm}^4$  | ca 11 kg              | ca 176 kg             |

## 3 OPPERVLAKTELAAG

### 3.1 Algemeen

Voor het bepalen van de steekweerstand in afhankelijkheid van de oppervlaktelaag zullen met roestvrijstalen platen, ongezet zoals aangegeven in figuur 3; metingen worden uitgevoerd. Het oppervlak van de platen zal op verschillende wijzen worden behandeld. De metingen zullen bestaan uit een bepaling

van de weerstand die genoemde platen ondervinden als zij in een vochtige zandmassa worden gestoken. Daarnaast zal ook de bestendigheid van het oppervlak moeten worden nagegaan. Het is uiteraard noodzakelijk dat voor alle proeven de pakking en de vochtigheid van de zandmassa dezelfde zijn. Deze proeven zullen in een klein proeffilter waarschijnlijk eenvoudig te verwezenlijken zijn.

Voorgesteld wordt de volgende oppervlakken in het onderzoek te betrekken.

- a - gepolijst roestvrijstaal
- b - metallische laag (verchroomd)
- c - hostaflon (p.t.f.e.)<sup>x</sup>)
- d - epikote-verflaag(Vettewinkel)
- e - siliconenlaag (Mavon)

### 3.2 Proeven betreffende de steekweerstand

Bij de uitvoering van de proeven dient zoveel mogelijk de gebruikelijke steekmethode te worden nagebootst. Dit komt dus neer op het bepalen van de kracht welke nodig is om de proefplaat in een zandbed van gebruikelijke korrelafmetingen te steken. Ook kan worden bepaald hoever elke plaat in het bed gedrukt kan worden door een kracht van b.v. 500 gram. In de proef kan vermoedelijk worden volstaan met een steekdiepte van 30 cm.

Op grond van de resultaten van deze proeven zullen conclusies kunnen worden getrokken met betrekking tot de effectiviteit van de oppervlaktelagen. Om het inzicht omtrent de steekweerstand te verdiepen kunnen dezelfde proeven ook met één of meer andere zandgradaties worden uitgevoerd.

Gezien de mogelijke verschillen in stapeling en vochtigheidsgraad die in een vochtig zandbed kunnen optreden, is het zaak om de steekweerstand verschillende malen te bepalen (b.v. 4 maal).

### 3.3 Proeven betreffende de krasbestendigheid

Door elke proefplaat een bepaald aantal malen (b.v. 25 maal) in de zandmassa te steken zal er een zekere krasvorming te constateren zijn. Met behulp van een microscoop kunnen dan conclusies met betrekking tot de krasbestendigheid en de houdbaarheid van het oppervlak worden getrokken.

Het lijkt gewenst om na de krasvastheidsbepaling nog na te gaan of enig verband merkbaar is tussen krasvorming en verandering van de steekweerstand.

x) p.t.f.e. = polytetrafluorethylene.



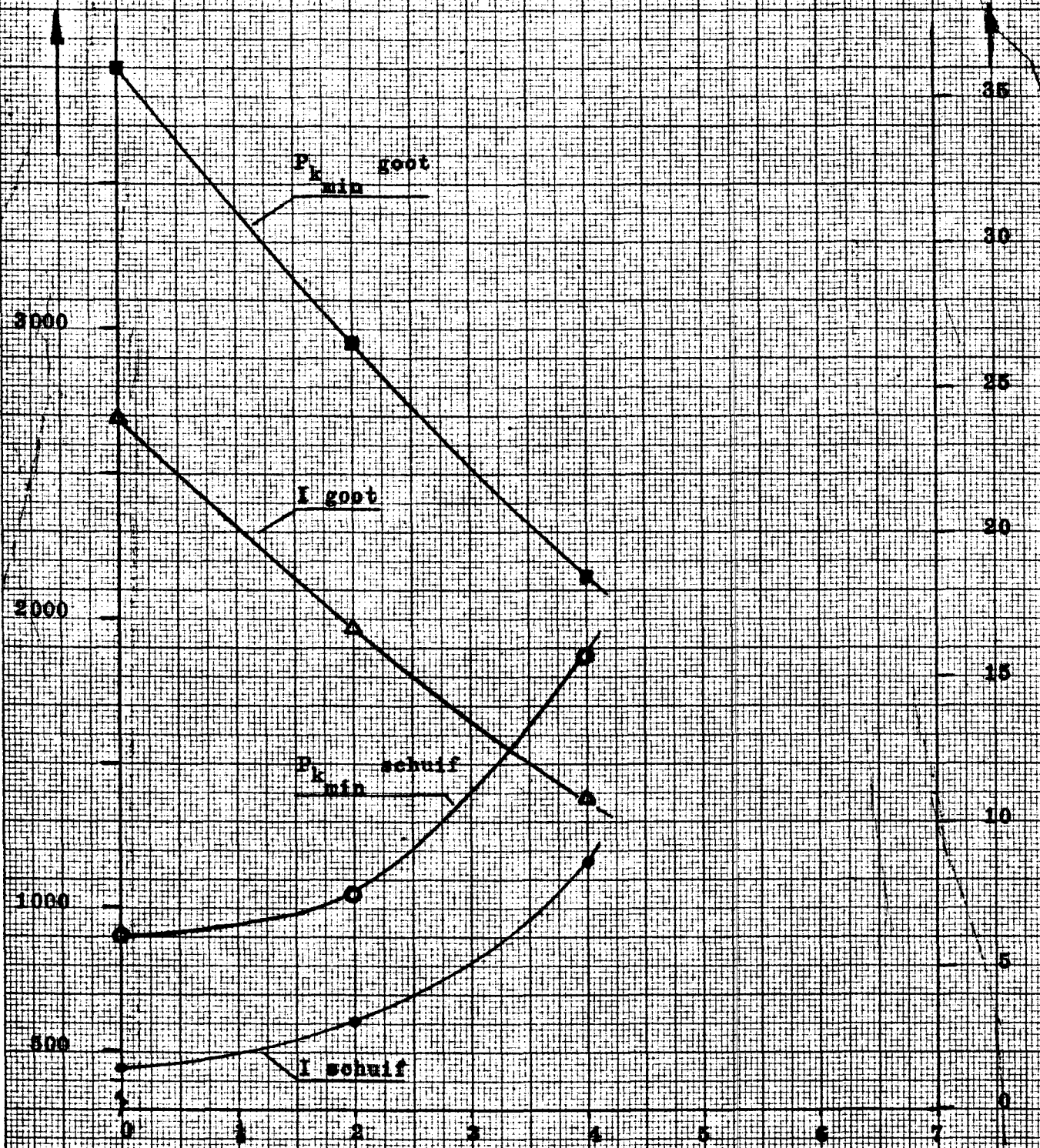
FIG.1

STERKTE VAN DE ONDERDELEN VAN HET STEEKAPPARAAT

- — massatraagheidsmoment schuif in mm<sup>4</sup>
- △ — massatraagheidsmoment goot in mm<sup>4</sup>
- — minimale knikvastheid schuif in kg
- — minimale knikvastheid goot in kg
- lengte schuif of goot : 2000 mm

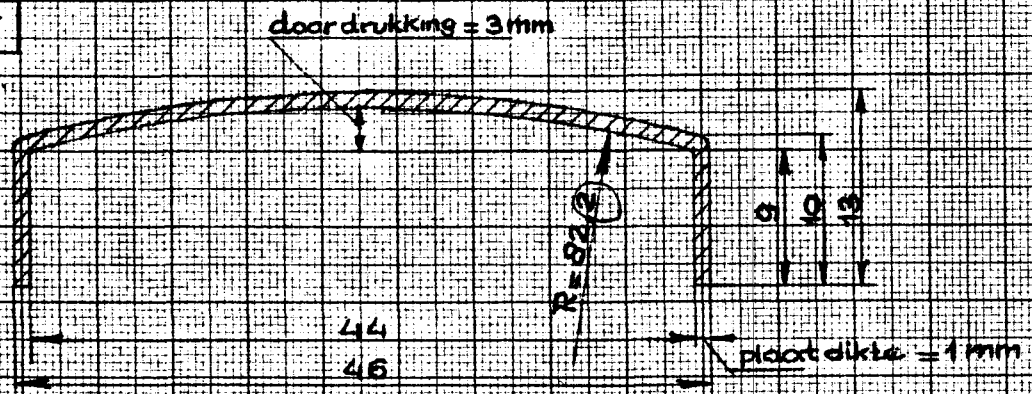
traagh.mom.  
in mm<sup>4</sup>

knikvastheid  
in kg

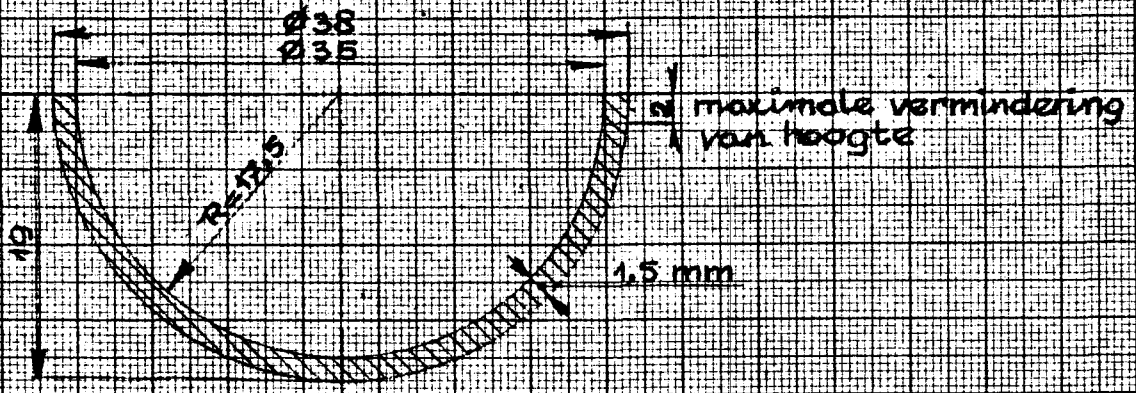


→ doordrukking schuif in mm & vermindering hoogte doorsnede goot in mm

SCHUIF



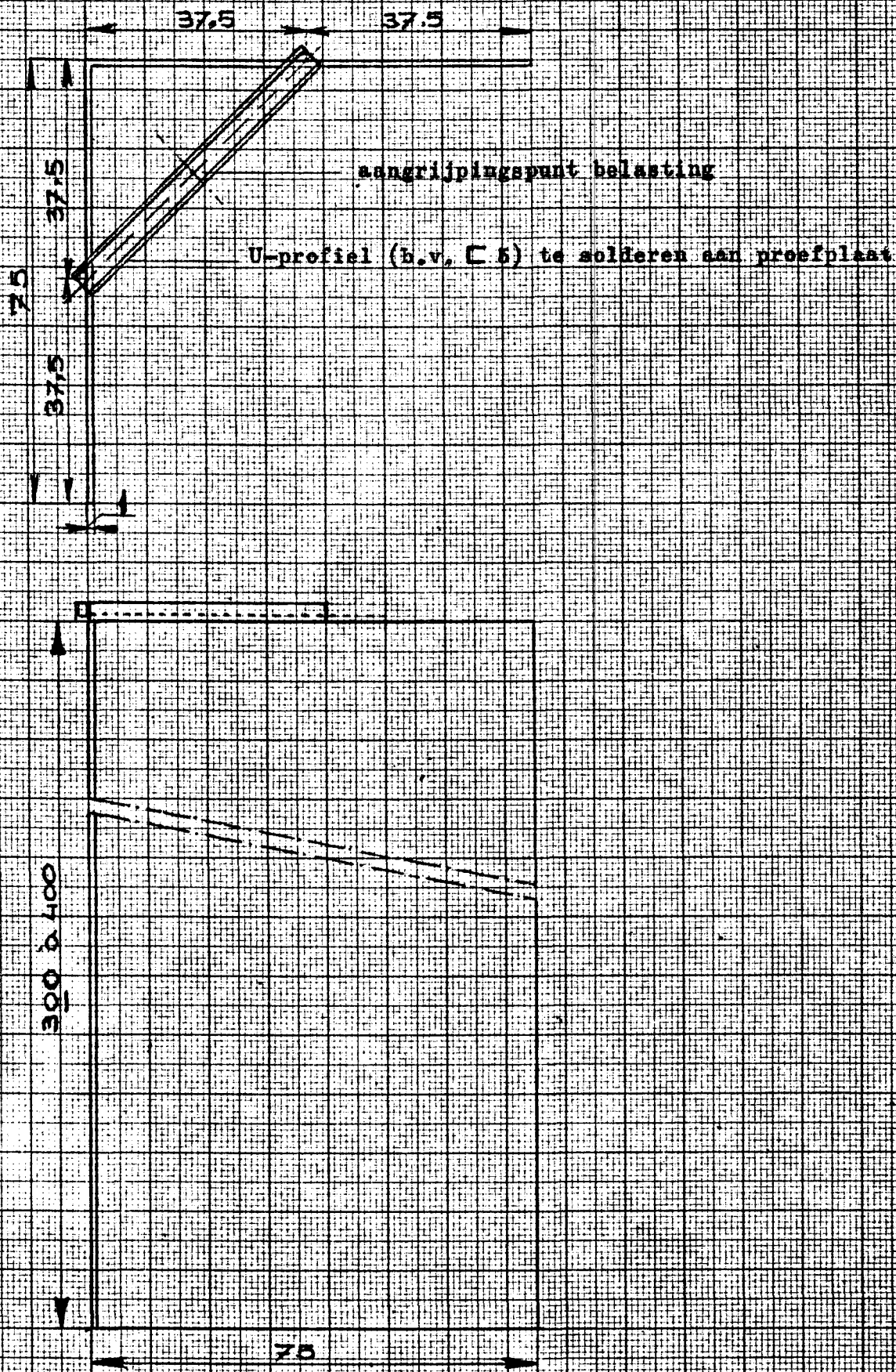
GOOT



maten in mm

indien bij proefnemingen blijkt dat het, met het oog op de uitval gewenst is de hoogte van de dwarsdeurande van de goot te verminderen, mag deze vermindering hoogstens 2 mm bedragen

VOORSTEL UITVOERING PROEFPLAAT VOOR METINGEN STEEKVEERSTAND



maten in mm

Workshop Optimalisatie  
Klassieke Grondwaterzuivering  
*Bundeling van presentaties*

# Workshop Optimalisatie Klassieke Grondwaterzuivering

## *Bundeling van presentaties*

**OPDRACHTGEVER**

Bedrijfstak Waterleidingbedrijven

**OPDRACHTNUMMER**

111225.015

**REDACTIE**

G.K. Reijnen

**AFDELING**

Behandeling en Distributie

Nieuwegein, februari 1998

**Onderzoek en Advies**

Groningenhaven 7  
Postbus 1072  
3430 BB Nieuwegein  
Telefoon (030) 606 95 11  
Telefax (030) 606 11 65

© 1998 Kiwa N.V.

Niets uit dit drukwerk mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Kiwa N.V., noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

**SWI 98.136**

## SAMENVATTING

### Workshop Optimalisatie Klassieke Grondwaterzuivering

*Minder bruin water klachten van de klant en lagere kosten voor spuien zijn haalbaar. Dat was de boodschap tijdens de Workshop Optimalisatie Klassieke Grondwaterzuivering op 11 februari 1998. De belangrijkste oorzaak voor vervuiling van het distributienet is onvolledige verwijdering van ijzer door het zuiveringsproces. In 80% van de gevallen is verbeteren van de zuivering mogelijk door technische aanpassingen. Als recent gestart onderzoek meer inzicht oplevert in de mechanismen van de ontijzering, kan deze kennis gebruikt worden voor het verbeteren van de resterende 20% van de zuiveringen die niet volledig ontijzeren. Ook analyse van relaties tussen ontijzering en bedrijfsvoering met een "black-box benadering, zonder te beschikken over volledig begrip van de theoretische achtergrond, zal een bijdrage aan het verbeteren van de ontijzering kunnen leveren.*

### Workshop

Op 11 februari 1998 luisterden 80 medewerkers van waterleidingbedrijven naar presentaties over techniek-gerichte onderwerpen en mogelijkheden voor vergroting van theoretische kennis. Het programma stond in H<sub>2</sub>O 2-1998 blz 39.

Veel belangstelling voor de klassieke grondwaterzuivering dus, die toch zo eenvoudig is (of lijkt?). Gewoon ijzer, mangaan en ammonium door beluchting en snelfiltratie uit grondwater verwijderen. Een proces dat de bedrijfstak op circa 220 pompstations toepast.

In de zestiger jaren heeft de Commissie Filterconstructies (COFICO) onderzoek uitgevoerd ter verbetering van de filtratietechniek. De opgedane kennis en ervaring is in 1965 door De Lathouder samengevat in COFICO-mededeling 9: "Richtlijnen ten dienste van het ontwerpen en de behandeling van snelfilters". Sindsdien heeft de bedrijfstak geen gezamenlijk onderzoek meer uitgevoerd op dit gebied.

Door toenemende aandacht voor "kwaliteit en kosten" is het onderwerp klassieke grondwaterzuivering in 1997 weer op de onderzoekagenda geplaatst.

### Probleemstelling

Ophoping in leidingen van kleine hoeveelheden slib leidingen, afkomstig van de zuivering, leiden tot klachten van gebruikers en kosten voor het schoonmaken van leidingen. Geschat is dat 80 % van deze vervuiling uit de zuiveringen komt, en 20% het gevolg is van het roesten van gietijzeren leidingen. In biofilmmonitoren wordt in de biofilm ijzer en mangaan aangetroffen, ook als de waterkwaliteit volgens de analyses voldoet aan de VEWIN-aanbevelingen. Kaarsenfilters worden zwart of bruin als ze een maand drinkwater hebben gefiltreerd, dat een opstelling van de koperen buizenproef doortroomt (zie de foto).

Troebelheidsmeters tonen aan dat het uitgaande drinkwater een variërende troebelheid kan hebben. Een toenemend aantal bedrijven zet troebelheidsmeters in om naast de kwantiteit ook de kwaliteit te bewaken.

### Technische aspecten

Over de gepresenteerde technische aspecten heeft de Contactgroep Filtratietechniek Grondwater een map met rapportages gemaakt, die is uitgedeeld aan de deelnemers. Daarin staat ondermeer dat troebelheidsmeters noodzakelijk zijn om effecten van de bedrijfsvoering op de ontijzering te bepalen en zo de bedrijfsvoering te kunnen verbeteren. Denk bijvoorbeeld aan de keuze tussen variërende of constante filtratesnelheid. Langdurige stilstand kan plaatselijk in filters zuurstofloosheid veroorzaken. Na de start bevat het eerste filtraat dan nitriet en mangaan, de zuurstofloosheid-indicatoren. Ook verhoogde aantallen *Aeromonas* bacteriën kunnen het gevolg zijn, omdat ze ook zonder zuurstof afgestorven biomassa kunnen benutten voor hun vermeerdering.

Zuinig gebruik van spoelwater en een betere waterkwaliteit vergen ondermeer een goed spoelcriterium, dat aan de plaatselijke omstandigheden is aangepast. Een keuze diagram is gepresenteerd waarmee het beste spoelcriterium voor een gegeven situatie is vast te stellen.

Het inwerken van filters voor ontmanganing kan veel sneller door een nieuw filter te enten met filtermateriaal of spoelwater uit een ingewerkt filter, gevolgd door filtratie met 80% recirculatie. Met name de recirculatie heeft de laatste jaren voor een doorbraak gezorgd. Op een aantal plaatsen zijn hiermee spectaculaire resultaten geboekt, op andere plaatsen echter nog niet. Waarom niet?

Aangroei van filtermateriaal levert kosten voor het vervangen van filtermateriaal. Aangroei is zeer ongewenst voor dubbellaagsfilters, omdat daardoor beide lagen op termijn kunnen gaan mengen.

Vergelijking en toetsing van methoden heeft geleid tot een advies voor een betrouwbare bepaling van de mate van aangroei.

De Contactgroep gaat verder met het uitwisselen van ervaringen om de kennis van de filtratietechniek te vergroten.

#### **Vergroting kennis van processen**

Een slechte ontijzering blijkt nogal eens samen te gaan met het niet verlopen van de nitrificatie. Hypothesen: organische stoffen en wellicht ook  $H_2S$  spelen een remmende rol. Het kan zijn dat het inbouwen van ijzercolloïden in de biofilm, zoals we dat ook zien in de biofilmmonitor, de ontijzering verbetert.

Autokatalytische ontijzering, en daardoor een compacte ijzerafzetting op de korrels filtermateriaal, zal leiden tot langere looptijden en besparing op spoelwater. IHE onderzoekt welke factoren van belang zijn het proces autokatalytisch te laten verlopen.

Door autokatalytische ontijzering ontstaat wel aangroei en moet na verloop van tijd filtermateriaal worden vervangen. Een goede mogelijkheid voor een continue bedrijfsvoering van katalytische ontijzering op grind levert een korrelreactor met een fluid bed. Door de procescondities zo te kiezen dat nauwelijks vlokken worden gevormd, wordt ijzer (vermoedelijk) kristallijn afgezet op de zwevende korrels. Spoelwater is niet nodig en periodiek kunnen aangegroeide korrels worden afgetapt. WMO en Kiwa gaan door met het ontwikkelen van deze nieuwe toepassing.

WZHO, LUW en Kiwa hebben drie hypothesen geselecteerd die mogelijk een bijzonder fenomeen kunnen verklaren. Door in een winput zuurstofhoudend water in de bodem te brengen, en vervolgens het uit deze put gewonnen water te zuiveren samen met water uit ongeveer 9 andere putten, verbetert de nitrificatie in de droge voorfilters spectaculair. In 1978 werd dit ontdekt, maar werd geen verklaring gevonden. Recent is onderzoek van WZHO en LUW is gestart om licht op deze zaak te werpen.

Bewaken van de effecten van de bedrijfsvoering op de drinkwaterkwaliteit door meting van de troebelheid is een goede zaak, zagen we reeds. Geprobeerd is een model te maken om operators bij hun werk te ondersteunen. Het is TUD<sub>electro</sub> en Kiwa gelukt om het verloop van de troebelheid, en dus de ijzerconcentratie, te voorspellen met gebruik van een model dat is getraind met meetwaarden. Dat lukte tot nu toe alleen voor enkele looptijden, na training met gegevens van de voorafgaande looptijd. Voor langere perioden met meer veranderingen in de bedrijfsvoering zijn langduriger metingen nodig voor het trainen van het model. Tevens is het mogelijk expertkennis te gebruiken in het model.

#### **Onderzoekprogramma begeleid door Contactgroep**

Het Aandachtveld Optimalisatie Klassieke Zuiveringsprocessen wordt begeleid door de Contactgroep Filtratietechniek Grondwater. Deze Contactgroep, die in 1993 werd opgericht, bestaat uit procestechnologen van grondwaterbedrijven, en beschikt daardoor over veel praktijkkennis. Doel van het aandachtveld is na te gaan welke verbeteringen met beschikbare kennis en ervaring zijn te realiseren, en welke kennis nog verworven moet worden om moeilijk oplosbare problemen aan te kunnen pakken

G.K. Reijnen, J.W.N.M. Kappelhof, C.A. van Bennekom

DEELNEMERSLIJST COLLOQUIUM: Optimaliseren Klassieke Gr. (dag)

|                           |  |
|---------------------------|--|
| E. Achten                 | NV Waterleiding Maatschappij Limburg           |
| ing. H. Ardesch           | N.V. Watermaatschappij Zuid-Holland-Oost       |
| Dr. R. Babuska            | TU Delft/CICAT Postbus 5048                    |
| R. Beckers                | NV Waterleiding Maatschappij Limburg           |
| A.J.M.E. Bekkers          | NV Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant       |
| ing. C.A. van Bennekom    | Waterlaboratorium Oost                         |
| M.J. Boorsma              | Gemeentelijk Waterbedrijf Groningen            |
| K.J. Borger               | Waterleiding Maatschappij Overijssel NV        |
| H. Bosch                  | NV Waterleidingmij voor de provincie Groningen |
| A.N. Breemen              | IHE Delft                                      |
| ing. W.B.P. van den Broek | NV Delta Nutsbedrijven                         |
| R. Broeks                 | NV Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant       |
| D.J. Brummel              | Waterleiding Maatschappij Overijssel NV        |
| E. Coppens                | NV Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant       |
| H. Daemen                 | NV Waterleiding Maatschappij Limburg           |
| H.J. van Dijk             | De Combinatie brekerij B.V.                    |
| F.L.M. Donker             | NV PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland       |
| P.G.J. Elbers             | NUON Water                                     |
| P.J.J. Engels             | NV Waterleiding Maatschappij Limburg           |
| L.F. Eppinga              | NV Waterleidingmij voor de provincie Groningen |
| drs. L.A.C. Feij          | Stichting Waterlaboratorium Zuid               |
| G. Konning                | NV Waterbedrijf Gelderland                     |
| H. van Ginneken           | TU Delft/CICAT Postbus 5048                    |
| Dr. M. Greetham           | IHE Delft                                      |
| J. Groennou               | Kiwa N.V. Onderzoek en Advies                  |
| J. Groot-Wassink          | NV Waterbedrijf Gelderland                     |
| M. van der Haar           | NV Waterleidingmij. Noord-West-Brabant         |



DEELNEMERSLIJST COLLOQUIUM: Optimaliseren Klassieke Gr. (dag)

|                         |  |
|-------------------------|--|
| A. Hakvoort             | Waterleiding Maatschappij Overijssel NV  |
| J.B. Hartman            | NV Waterbedrijf Gelderland               |
| R. van der Heyden       | PIDPA                                    |
| ir. P. Hiemstra         | Waterleiding Maatschappij Overijssel NV  |
| A. Hoeijmakers          | NV Waterleiding Maatschappij Limburg     |
| J.B.L. Hofste           | NV Waterbedrijf Gelderland               |
| J. Hopmans              | Stichting Waterlaboratorium Zuid         |
| K. Huysman              | PIDPA                                    |
| G. IJpelaar             | Kiwa N.V. Onderzoek en Advies            |
| T.H. de Jong            | HDSR                                     |
| J Kappelhof             | Kiwa N.V. Onderzoek en Advies            |
| ir. L.L.M. Keltjens     | Stichting Waterlaboratorium Zuid         |
| J. Keuning              | N.V. Watermaatschappij Zuid-Holland-Oost |
| J.R. Klatten            | Aqua-Techniek B.V.                       |
| ing. K. de Kock         | Tilburgsche Waterleiding Maatschappij NV |
| R.J. Kolpa              | N.V. Watermaatschappij Zuid-Holland-Oost |
| R.N. Koolen             | NV Waterleidingbedrijf Midden-Nederland  |
| E. Koreman              | Kiwa N.V. Onderzoek en Advies            |
| A. Kostense             | NV Waterbedrijf Gelderland               |
| Kraaijvanger            | Waterlaboratorium Oost                   |
| A. van Leerdam          | N.V. Watermaatschappij Zuid-Holland-Oost |
| H. Leijssen             | NV Waterleidingbedrijf Midden-Nederland  |
| T. Lexmond              | Landbouwuniversiteit Wageningen          |
| R. van Lier             | Arcades IMD                              |
| ir. W.G.J. van der Meer | NV Waterleiding Friesland                |
| P.J.M. Mense            | N.V. Watermaatschappij Zuid-Holland-Oost |
| F. Oosterholt           | NUON Water                               |

DEELNEMERSLIJST COLLOQUIUM: Optimaliseren Klassieke Gr. (dag)

|                          |  |
|--------------------------|--|
| C.J. Ommen               | Waterleiding Maatschappij Overijssel NV  |
| ing, W.A. Oorthuizen     | NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland         |
| ing. J.A.M. van Paassen  | Waterleiding Maatschappij Overijssel NV  |
| ir. W.C. Paassen         | NV Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant |
| E.L. Foutsma             | Dr. Lange Benelux                        |
| ir. G.K. Reijnen         | Kiwa N.V. Onderzoek en Advies            |
| J.H.C. Reilman           | Waterlaboratorium Noord                  |
| W.G. Romkers             | NV Waterleidingmaatschappij Drenthe      |
| D. Schippers             | NV Waterleiding Friesland                |
| S.K. Sharma MSc          | IHE Delft                                |
| H. Smid                  | Waterlaboratorium Noord                  |
| G. Snelting              | NV Waterbedrijf Gelderland               |
| G.J.W. Thomassen         | Waterleiding Maatschappij Overijssel NV  |
| J.B.Th. Tiemes           | NV Waterbedrijf Gelderland               |
| P. Timmerman             | HDSR                                     |
| G. Veenendaal            | Waterlaboratorium Noord                  |
| J.A.M. van der Velden    | NUON Water                               |
| M. Vermeulen             | Dr. Lange Benelux                        |
| J. Versendaal            | NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland         |
| W. de Vet                | N.V. Watermaatschappij Zuid-Holland-Oost |
| M. Vogels                | HDSR                                     |
| R. van de Wauw           | NV Waterleiding Maatschappij Limburg     |
| T.S.C.M. van de Wetering | NV Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant |
| J. Willems               | NV Waterleiding Maatschappij Limburg     |
| M.R. de Wit              | Tilburgsche Waterleiding Maatschappij NV |
| ir. D. van der Woerd     | N.V. Watermaatschappij Zuid-Holland-Oost |
| H. Wolf                  | NUON Water                               |

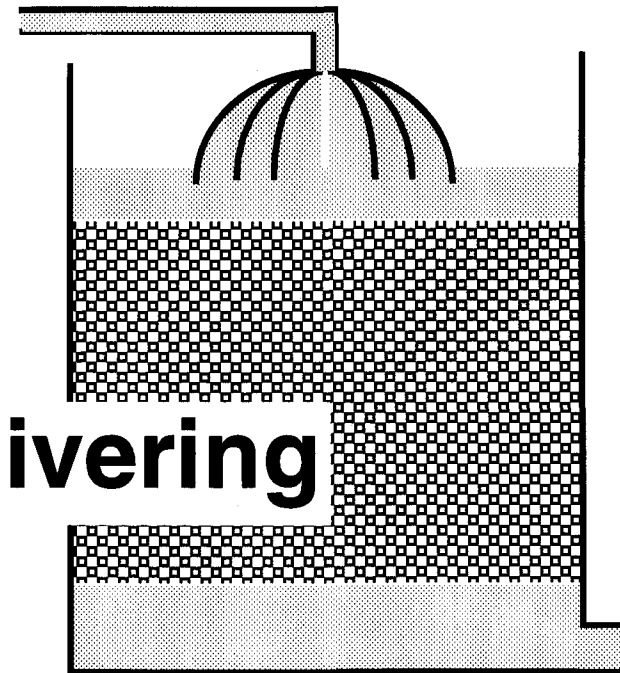
DEELNEMERSLIJST COLLOQUIUM: Optimaliseren Klassieke Gr. (dag)

|                    |                                     |
|--------------------|-------------------------------------|
| H. Wolters         | Gemeentelijk Waterbedrijf Groningen |
| A. Wolthoorn       | Landbouwuniversiteit Wageningen     |
| R.G.M. van de Zand | NUON Water                          |

# Workshop

KIWA Contactgroep Filtratietechniek Grondwater

## Optimaliseren Klassieke Grondwaterzuivering



WLO /

90 % Installatie

10 % Watersamenstelling

## FILTRATIEPROBLEMEN

door: ir A. de Lathouder

1973



WLO

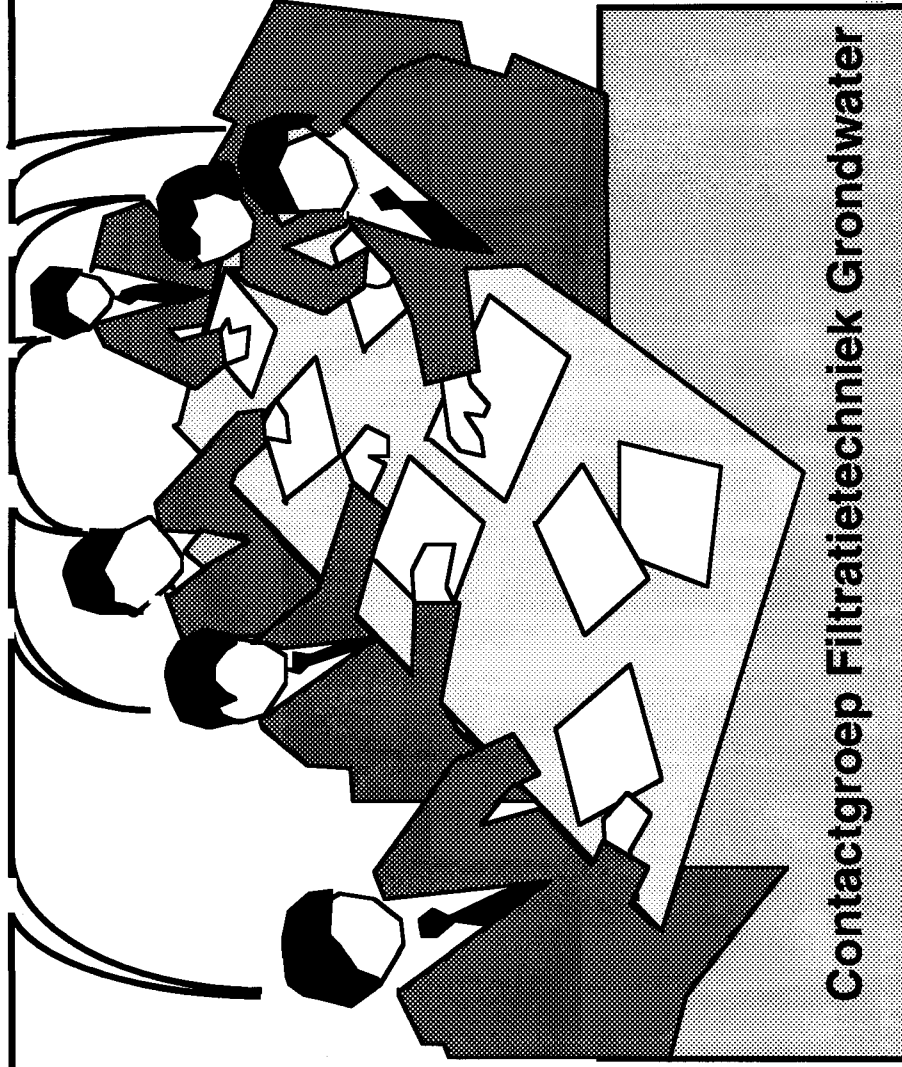
2

Filteratieproblemen ?

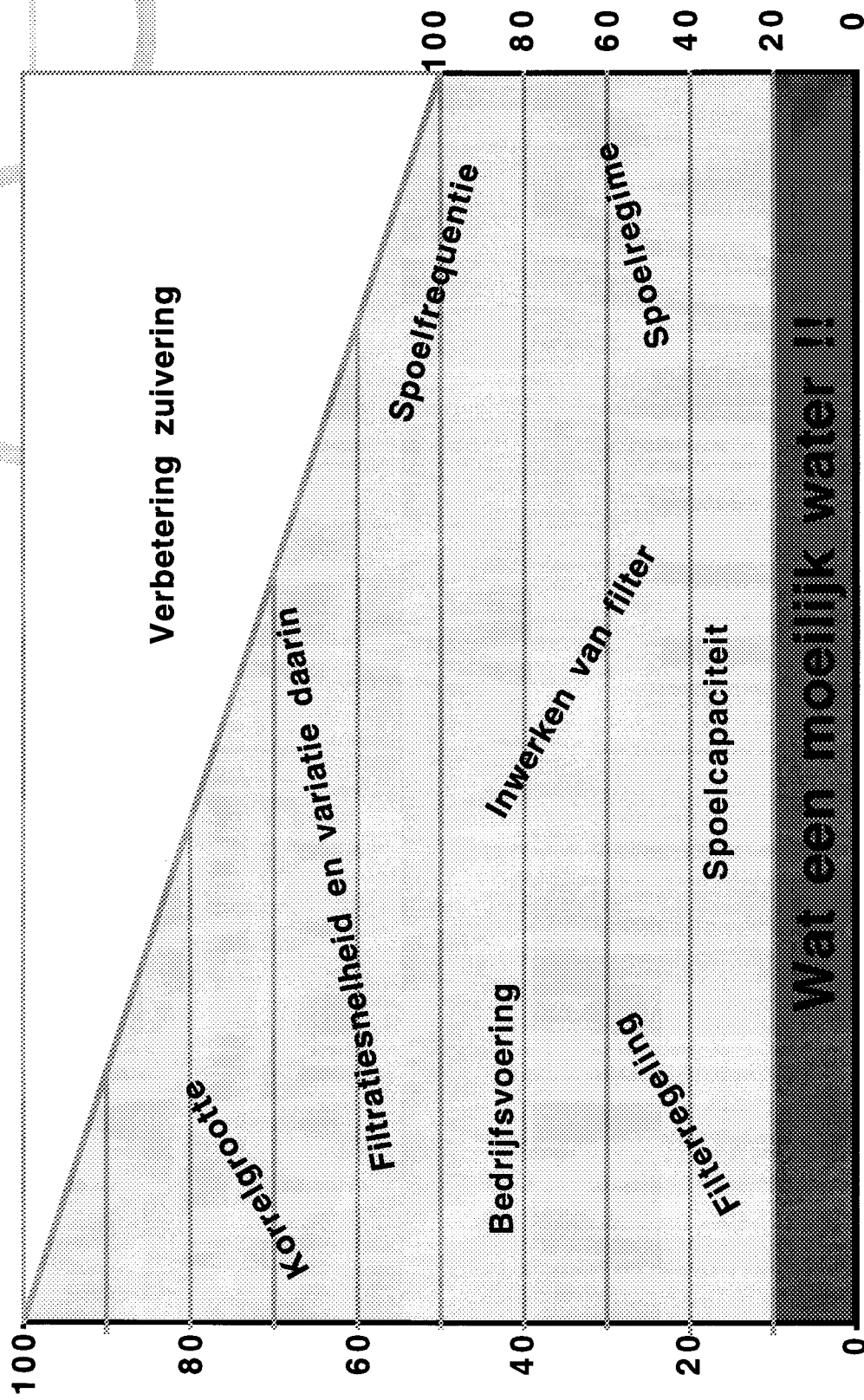
80 % Installatie

20 % Watersamenstelling

1997



Contactgroep Filtratietechniek Grondwater



1973

1998

WLO

4



## **Verbetering zuivering door :**

- **Vergroting kennis door onderzoek (Waterleidingbedrijven)**
- **Uitwisseling van kennis o.a.**  
**KIWA Contactgroep Ontijzering (van 1978 tot 1993)**  
**(1e workshop in 1993 over filterspoelen)**  
**KIWA Contactgroep Filtratietechniek Grondwater (vanaf 1993)**
- **Toepassing kennis in de (bestaande) zuiveringen**





# Onderwerp Workshop

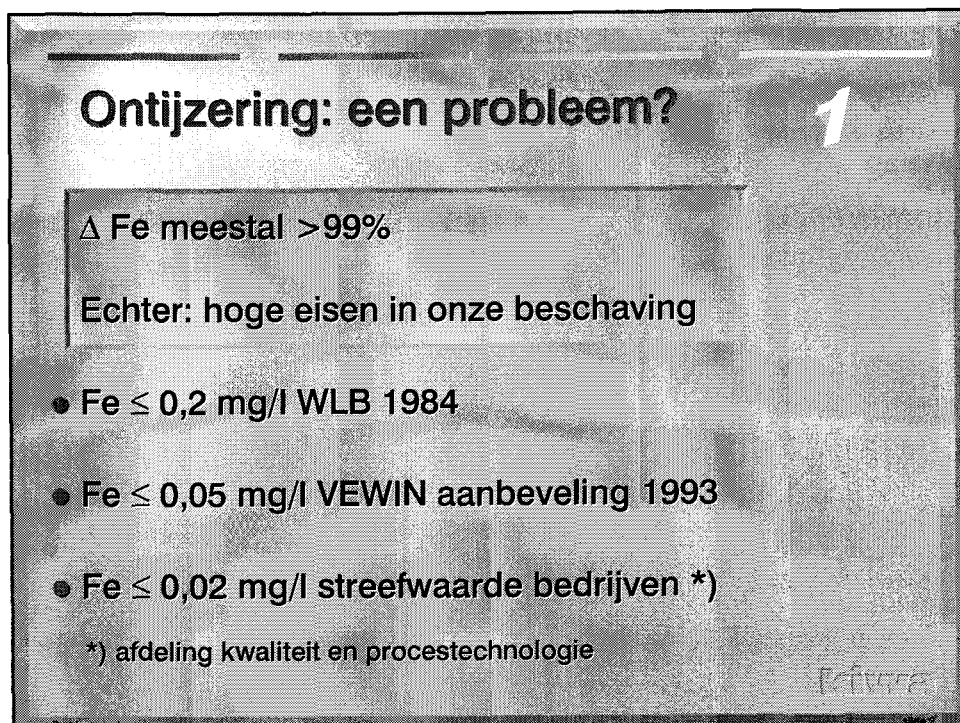
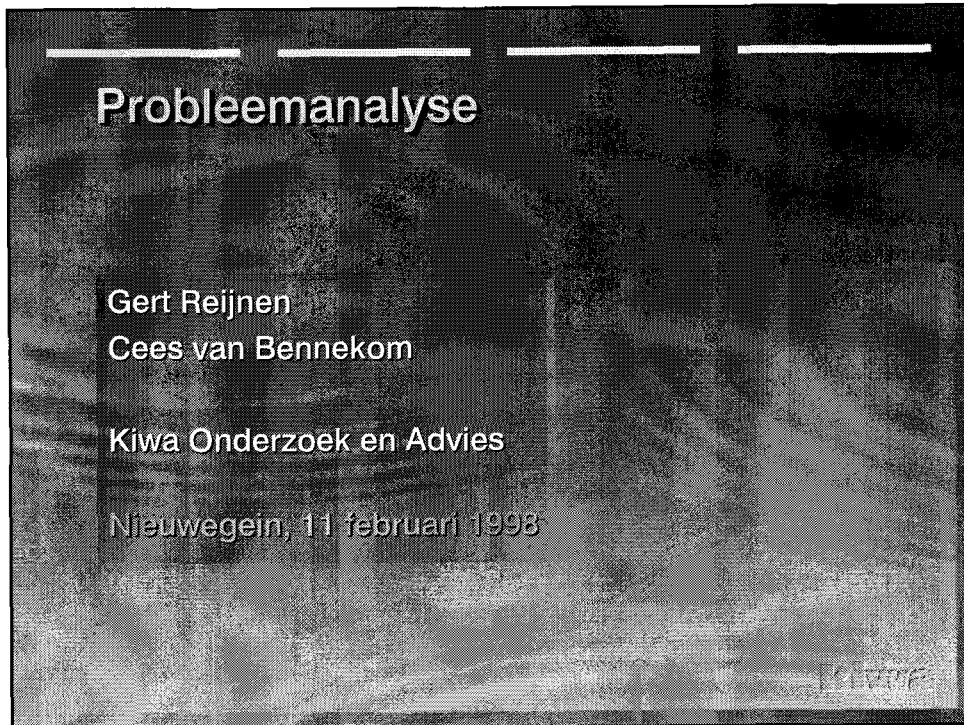


**Ochtend**

**Verbetering installatie en bedrijfsvoering**

**Middag**

**Vergroting kennis van processen**



## Ontijzering: een probleem?

2

*RIVM: "kwaliteit drinkwater 1994"*

- Fe > 0,2 mg/l: totaal score 59 maal (0,6 %)
- 21 PS's 1994
- 8 PS's 1993 en 1994

## Ontmanganing: een probleem?

1

Δ Mn meestal > 99%  
Mn < 0,01 mg/l is haalbaar

- Mn ≤ 0,05 mg/l MTC van WLB 1984
- Mn ≤ 0,02 mg/l VEWIN-aanbeveling 1993
- Mn ≤ 0,01 mg/l streefwaarde bedrijven

## Ontmangling: een probleem?

2

*RIVM: "kwaliteit drinkwater 1994"*

- Mn > 0,05 mg/l: totaal score 51 maal (0,6%)
- 14 PS's in 1994
- 7 PS's in 1993 en 1994

Kiwa

## Fe en Mn: een probleem ?

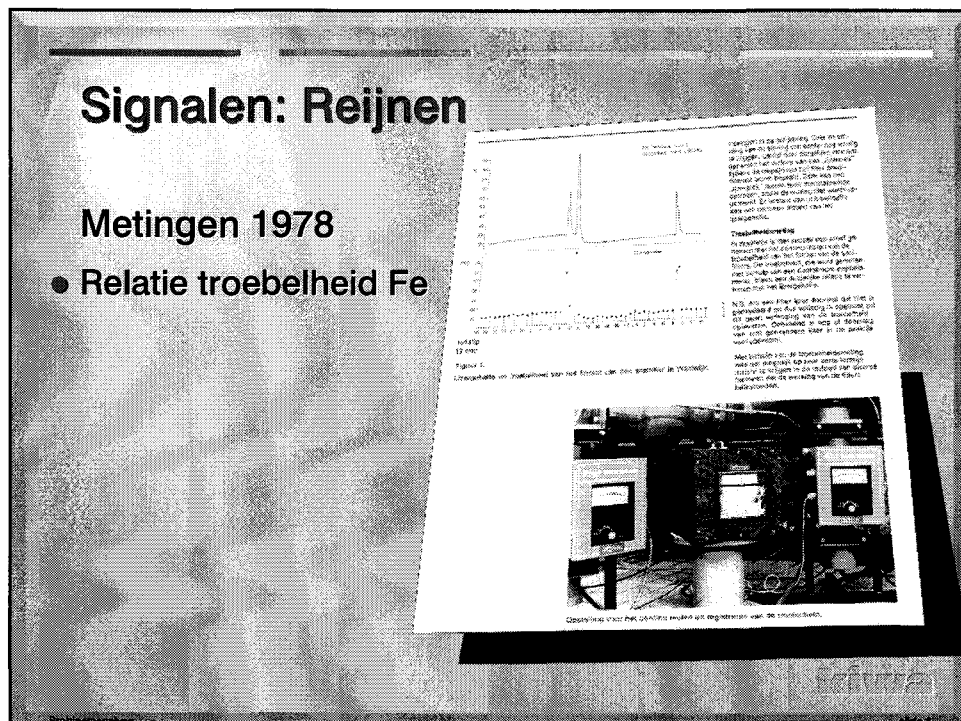
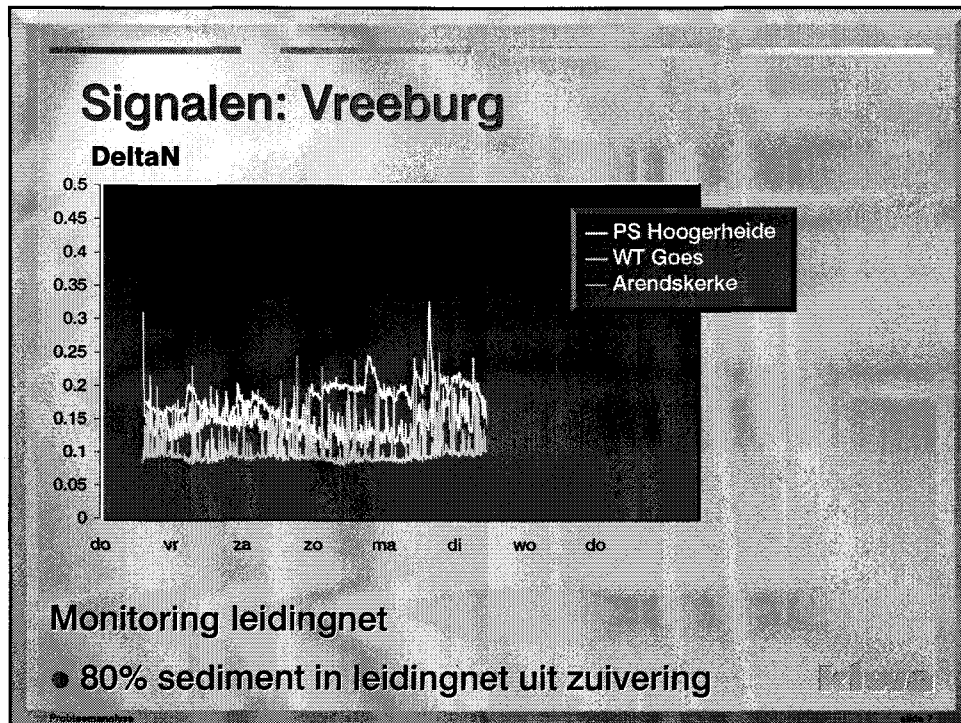
*RIVM: "Fe en Mn meeste overschrijdingen"*

**Praktijk:**

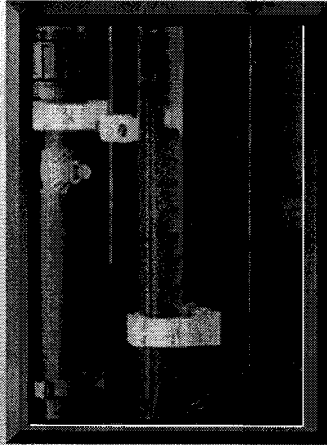
- Niet alle overschrijdingen komen in jaaroverzicht (verschilt per bedrijf)
- Monsterneming overdag
- Overschrijdingen VEWIN >> WLB 1984

Kiwa

Probleemanalyse



## Signalen: Van der Kooij



### Biofilm-monitoring

- IJzer en mangaan in biofilmmonitor

Kiwa

## Signalen: Van Bennekom

- Snelle vervuiling kaarsenfilters koperen buizenproef



Kiwa

## Conclusies

- Meeste vuil water-klachten door zuivering
- Verplichte analyses Fe niet voldoende
- Continue metingen geven beter beeld
- Goede trend:
  - Bewaking kwaliteit *door productie*
  - *Met troebelheidsmeter*  
NRE, WMO, DELTA...

## Praktijkaspecten

- 60-80% recirculeren versnelt inwerken  
WMO, WZHO
- 10% recirculatie verbetert  
ontmanging WMN


*Jacques van Paassen vertelt over inwerken*

**Praktijkaspecten**

**2**

- Variaties in de filtratiesnelheid niet goed voor ontijzeren
- Meten is weten wat optimaal is

*Jacob Reilman vat ervaringen contactgroep samen*




**Praktijkaspecten**

**3**

- Beter water voor minder geld door goed spoelcriterium

*Ad Bekkers helpt met kiezen*





## Praktijkaspecten

# 4

- Filtermateriaal groeit soms aan
- Aangroei heeft effect op de zuivering
- Hoe meet je aangroei?
- Is aangroei te voorkomen?

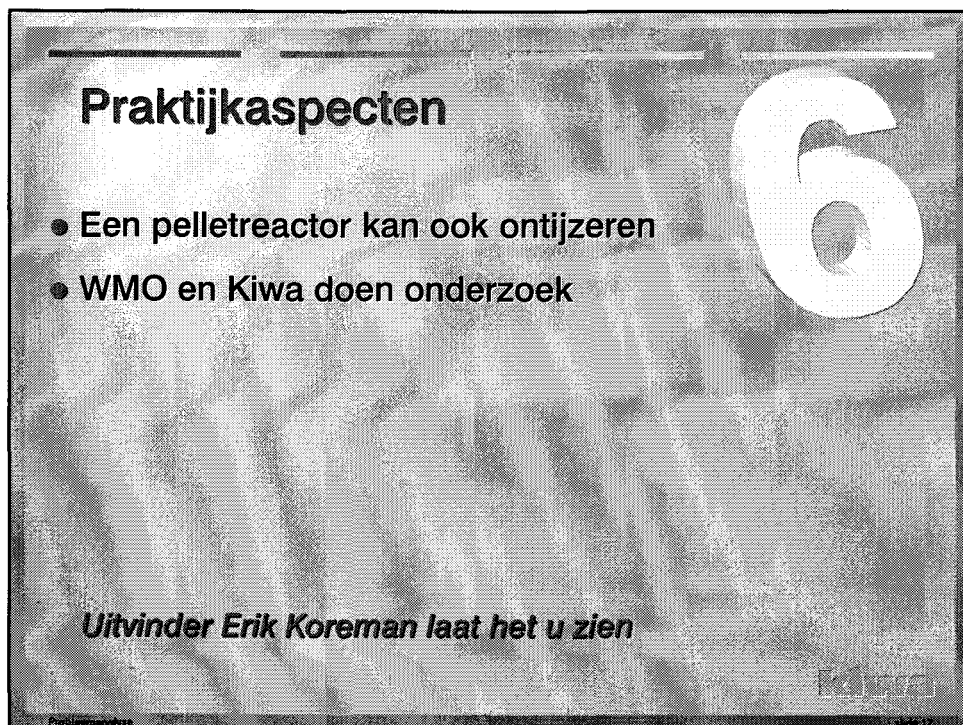
*Wilbert van den Broek gaat hier op in*

## Praktijkaspecten

# 5

- Helden  $\Delta$  Fe bij pH 5,5
- Eindhoven  $\Delta$  Fe met 33 m/h
- Vlijmen  $\Delta$  Fe continu slecht
- Meerdere mechanismen voor  $\Delta$  Fe
  - autokatalytisch, biologisch

*Guus Ijpelaar gaat in  
op fundamentele aspecten van de ontijzering*

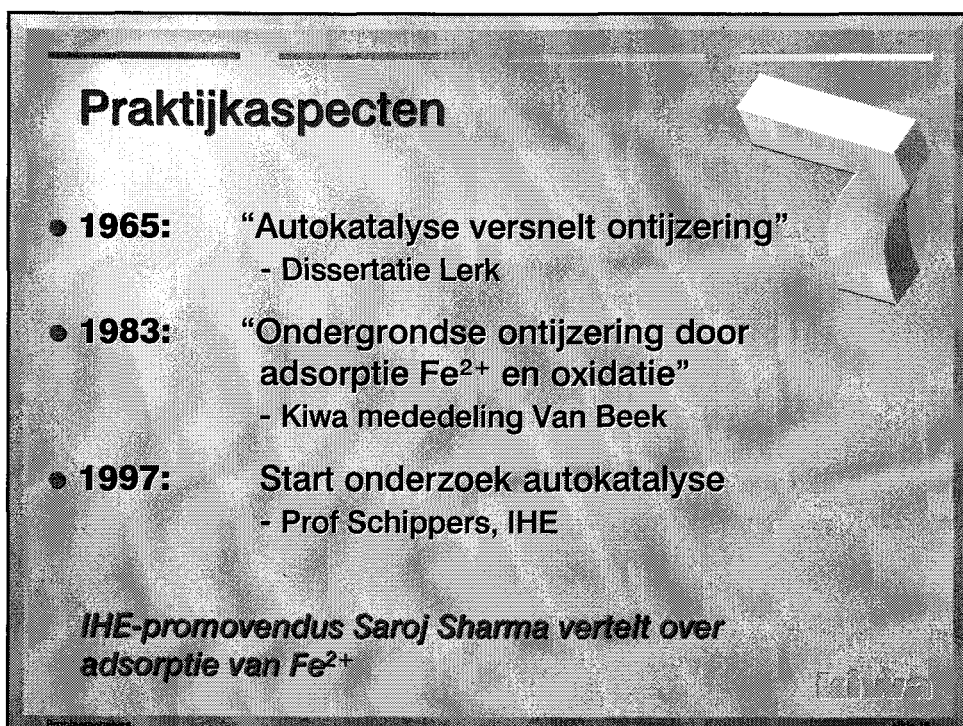



## Praktijkaspecten

# 6

- Een pelletreactor kan ook ontijzeren
- WMO en Kiwa doen onderzoek


*Uitvinder Erik Koreman laat het u zien*



## Praktijkaspecten

- **1965:** “Autokatalyse versnelt ontijzering”  
- Dissertatie Lerk
- **1983:** “Ondergrondse ontijzering door adsorptie  $Fe^{2+}$  en oxidatie”  
- Kiwa mededeling Van Beek
- **1997:** Start onderzoek autokatalyse  
- Prof Schippers, IHE

*IHE-promovendus Saroj Sharma vertelt over adsorptie van  $Fe^{2+}$*



## Praktijkaspecten

# 8

- **1978:** 10% ondergronds belucht water verbetert  $\Delta \text{NH}_4^+$   
ZS's De Put en Kromme gat
- Verbetering blijft na stoppen ondergrondse beluchting
- WZHO wil weten hoe dat komt

*Dirk van der Woerd vertelt over hypothesen*

Kiwa

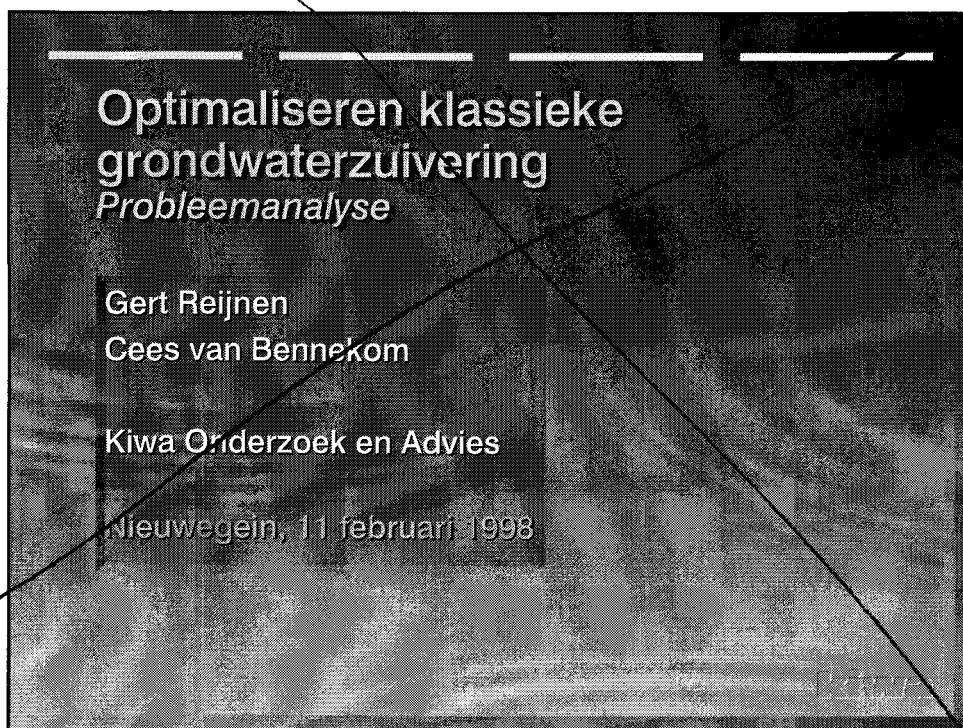
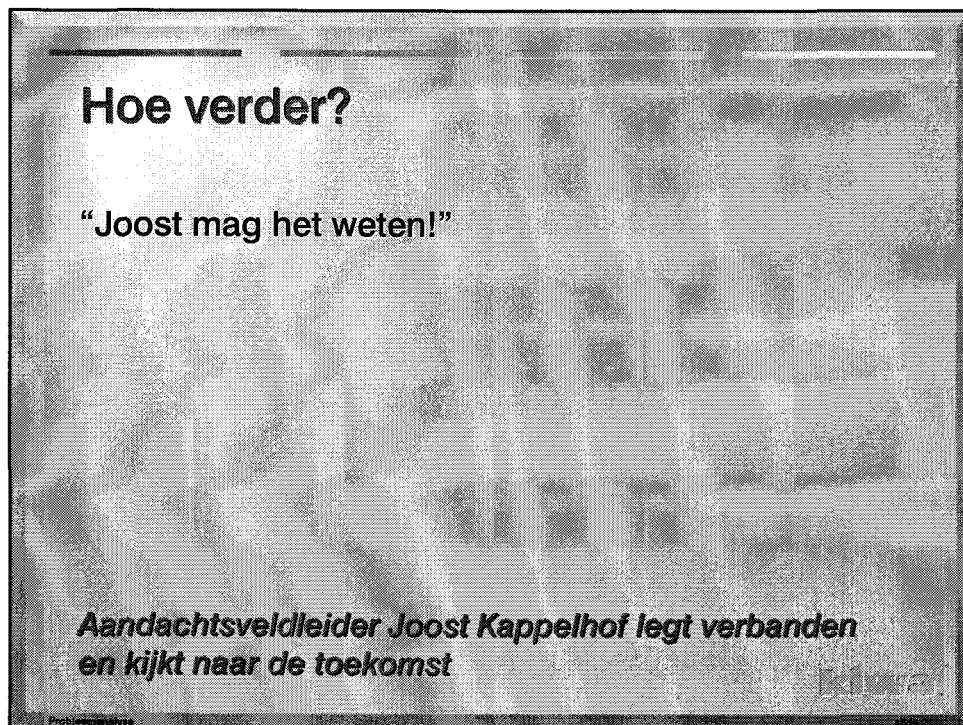
## Praktijkaspecten

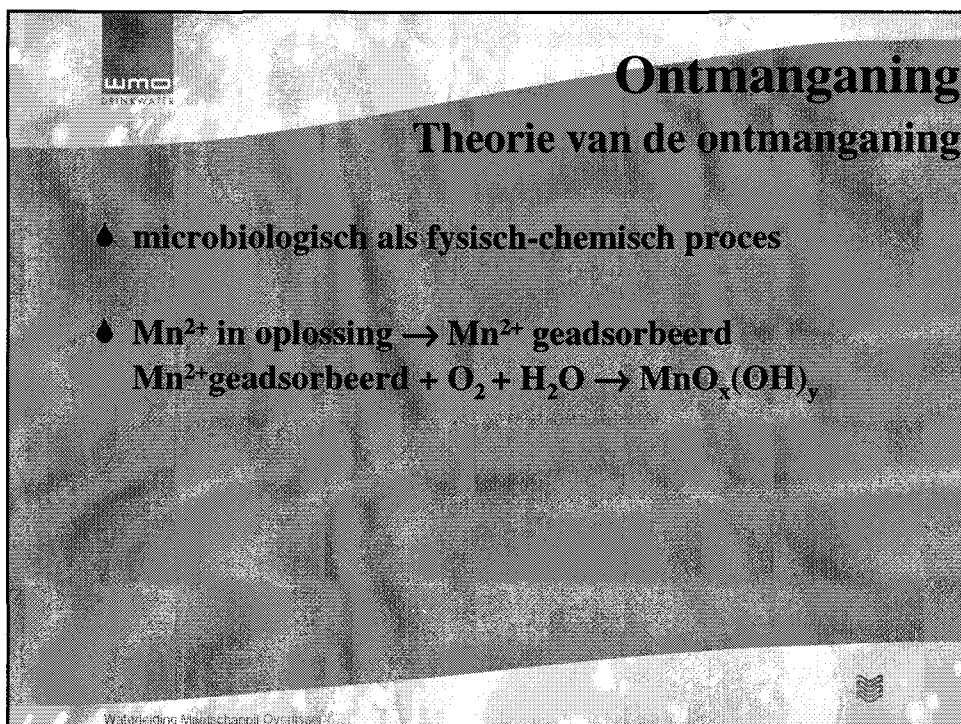
# 9

- Kiwa en TUD<sub>electro</sub> onderzoeken verbeteren ontijzering door intelligente regeling

*Johan Groennou vertelt en evalueert*

Kiwa





**Ontmanging**  
**Initiatie van de ontmanging**

- ◆  $\text{KMnO}_4$
- ◆ hoge pH
- ◆ dolomitisch filtermateriaal
- ◆ mangaanhoudende zanden of ingewerkt materiaal
- ◆ oxydes van andere verbindingen bijv. ijzer(hydr)oxydes

Waterleiding Maatschappij Oranjestad

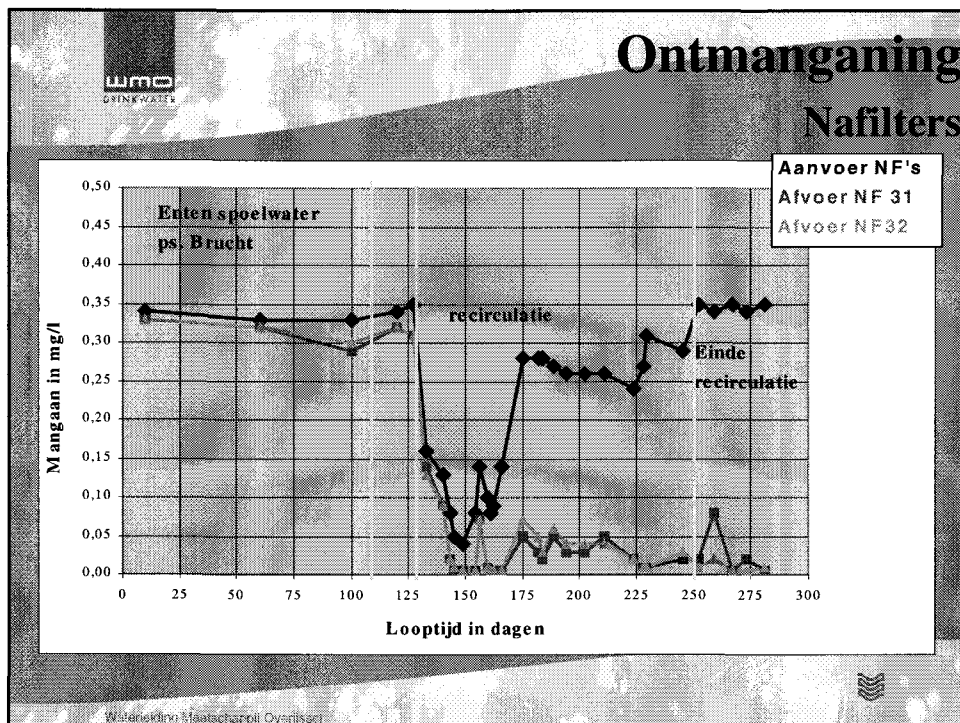
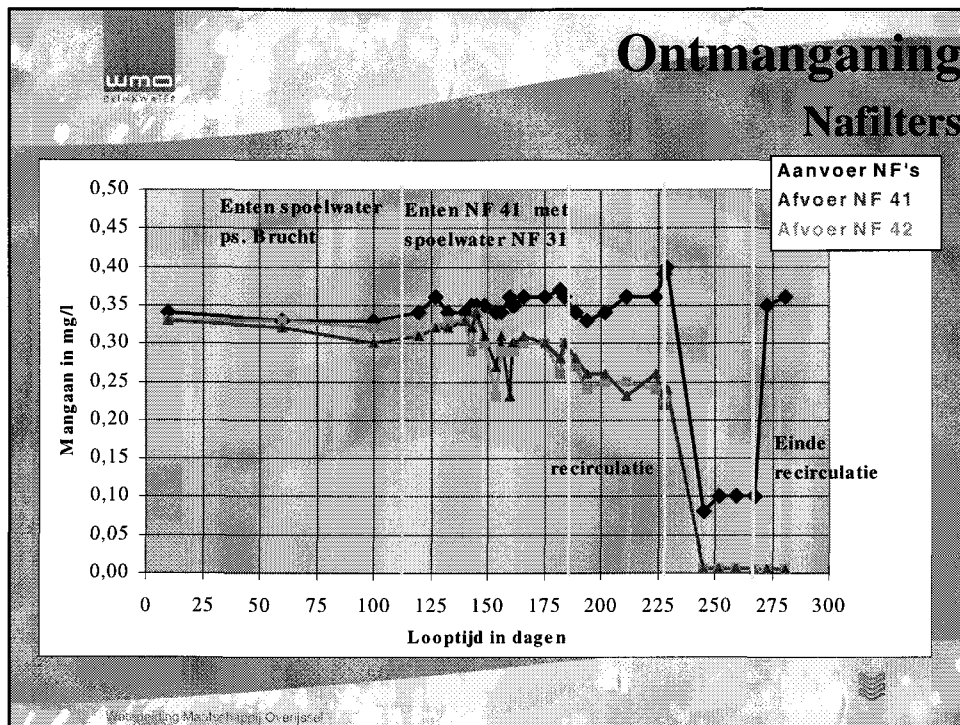
**Ontmanging**  
**Bevordering ontmanging**

- ◆ na ontijzering
- ◆ korreloppervlak groter
- ◆ pH hoger in gebied van 7,0 tot 8,5
- ◆ waterstofcarbonaatgehalte hoger
- ◆ temperatuur hoger
- ◆ hogere stroomsnelheid bij gelijke contacttijd

Waterleiding Maatschappij Oranjestad

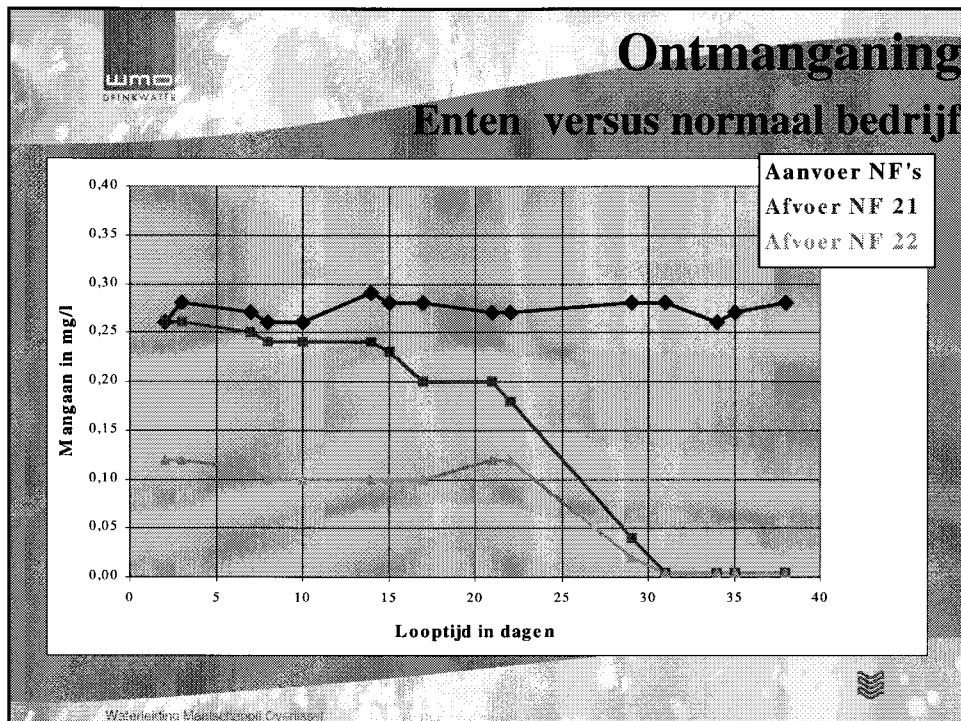
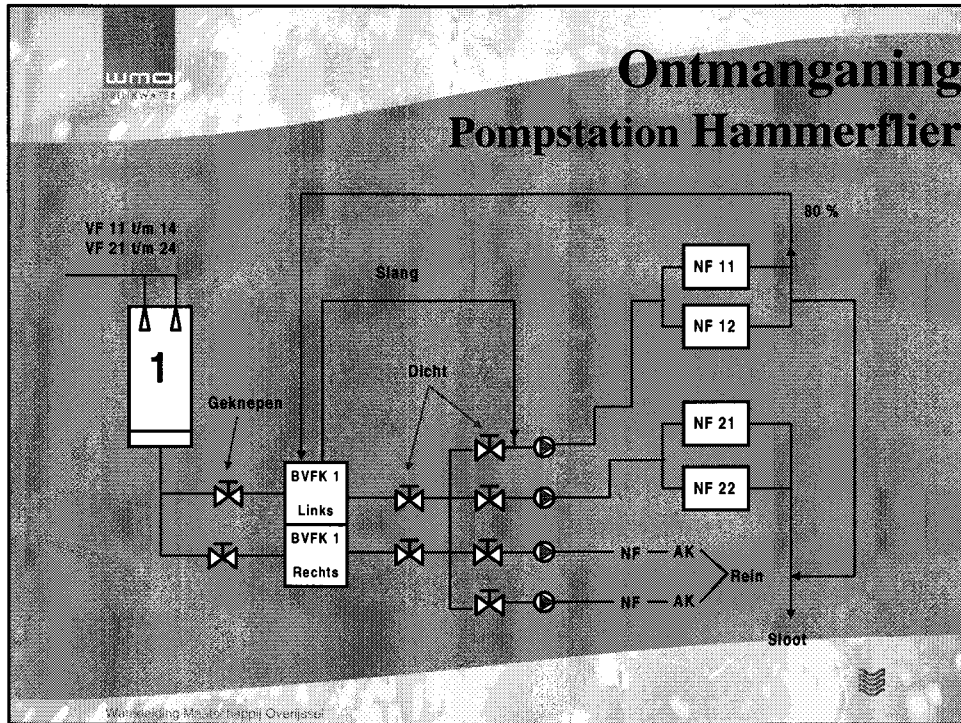
# Ontmanging

© WMO  
Nieuwegein, 11 februari 1998

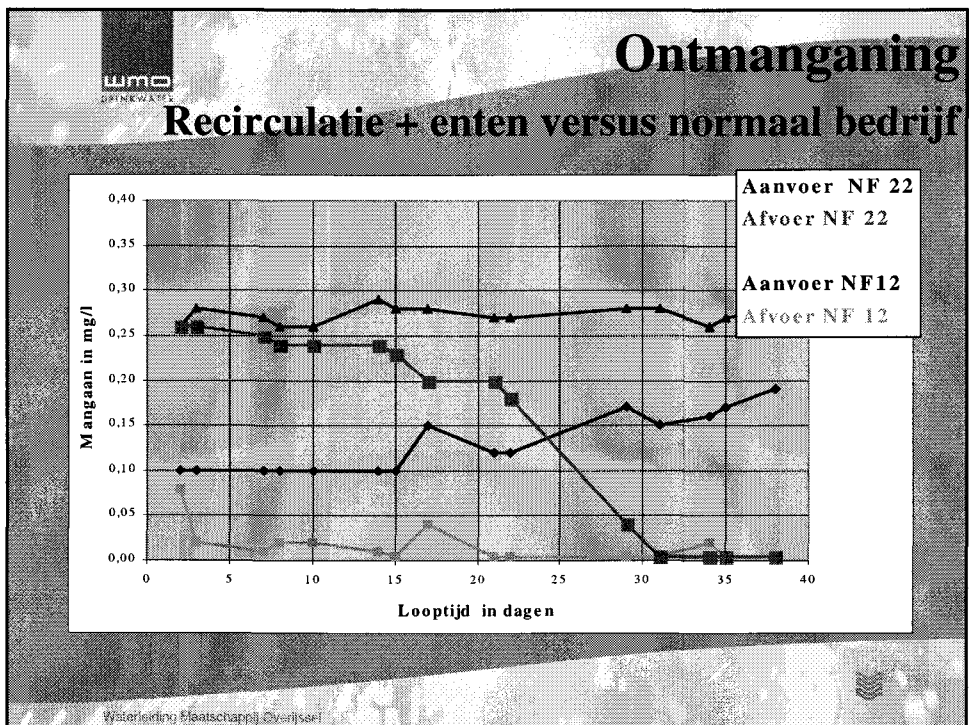
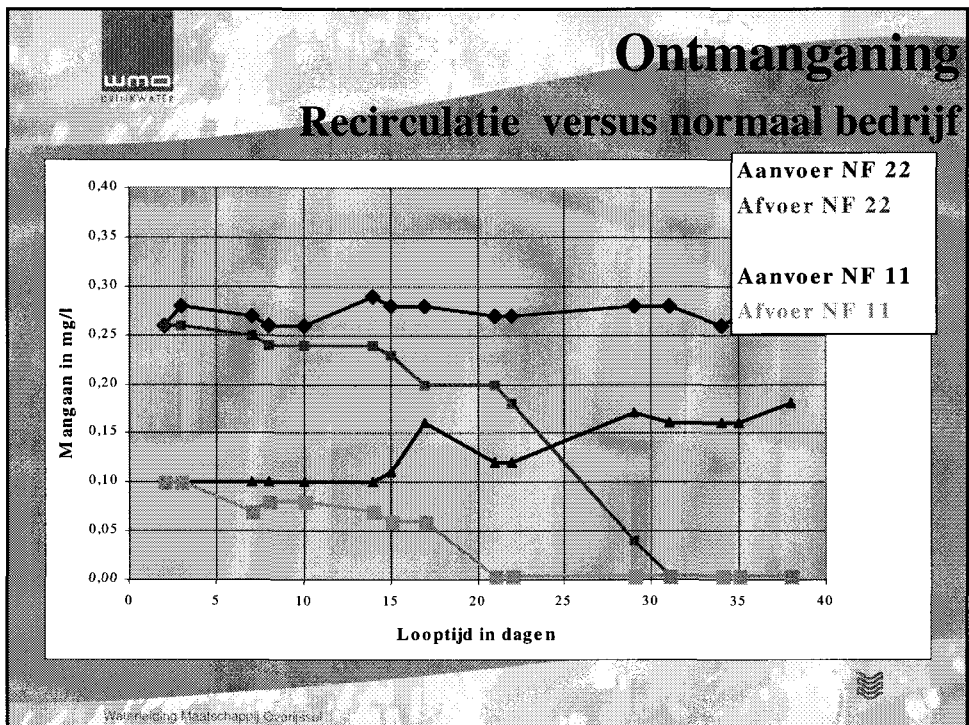


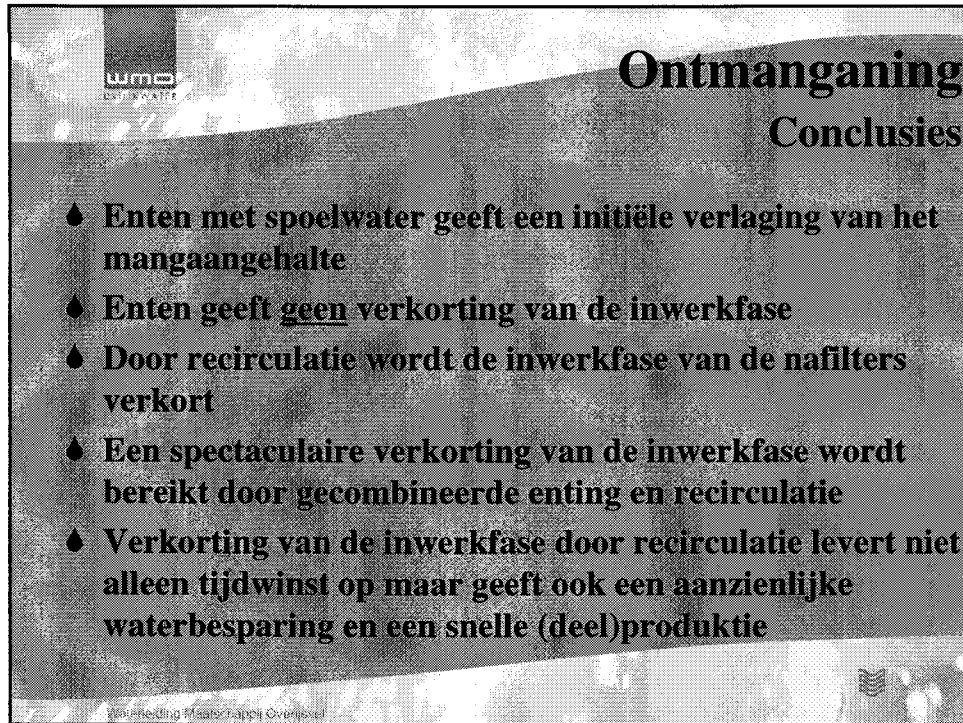
# Ontmangling

© WMO  
Nieuwegein, 11 februari 1998









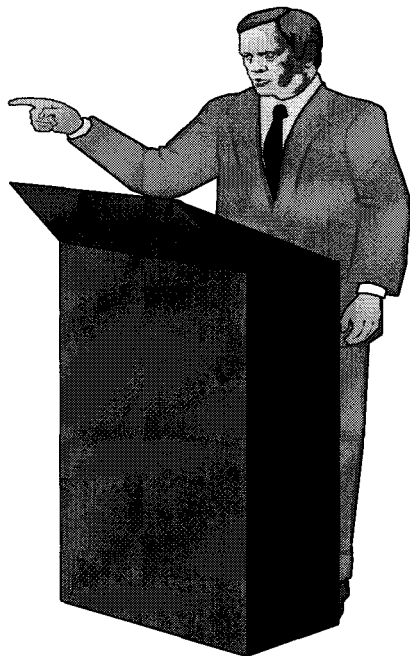
**Ontmanging**  
**Conclusies**

- ◆ Enten met spoelwater geeft een initiële verlaging van het mangaangehalte
- ◆ Enten geeft geen verkorting van de inwerkfase
- ◆ Door recirculatie wordt de inwerkfase van de nafilters verkort
- ◆ Een spectaculaire verkorting van de inwerkfase wordt bereikt door gecombineerde enting en recirculatie
- ◆ Verkorting van de inwerkfase door recirculatie levert niet alleen tijdwinst op maar geeft ook een aanzienlijke waterbesparing en een snelle (deel)productie

WMO  
WATER

Opstelling Maarslappi Overijssel

BLA,.....BLA, BLA, BLA, BLA,.....  
BLA, BLA, EH, ..... BLA,...



??????

BLA, BLA, ....  
BLA, .....EH,  
BLA, BLA, BLA,  
!!!!  
?

**JACOB REILMAN**

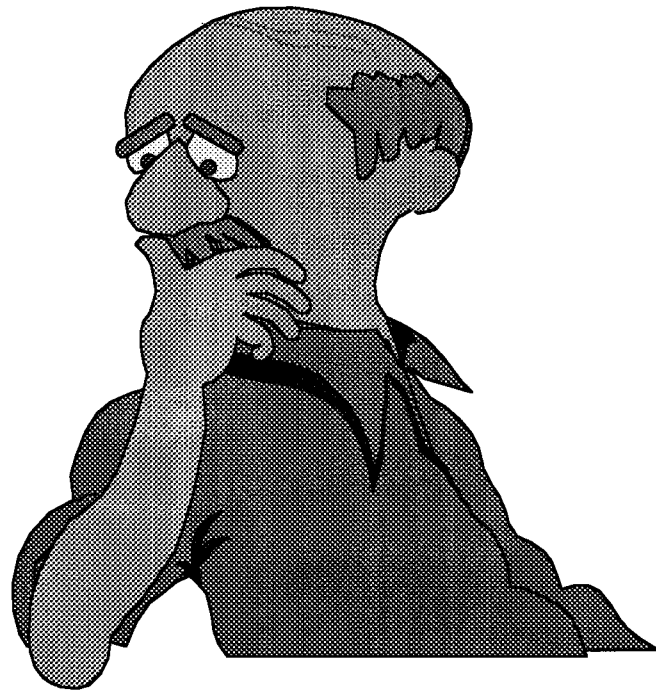
**CHEMISCH TECHNOLOOG**

**WATERLABORATORIUM NOORD**

**WLN**  
waterlaboratorium noord

VARIATIE IN FILTRATIESNELHEID

**FILTRAATKWALITEIT**



## Ontijzering:

$\text{Fe(OH)}_3$   
 $\text{Fe}^{2+}$  bruin, flocculent neerslag, gevoelig voor  
snelheidsvariaties

## Ontmanganing:

$\text{MnO}_2$   
 $\text{Mn}^{2+}$  zwart, hard neerslag, niet gevoelig voor  
snelheidsvariaties

## Nitrificatie:

$\text{NO}_3^-$   
 $\text{NH}_4^+$  vorming van biomassa  
1 mg  $\text{NH}_4$  verbruikt 3.6 mg  $\text{O}_2$  !

## Ontmethaning

$\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$   
 $\text{CH}_4$  vorming van biomassa  
1 mg  $\text{CH}_4$  verbruikt 4 mg  $\text{O}_2$  !

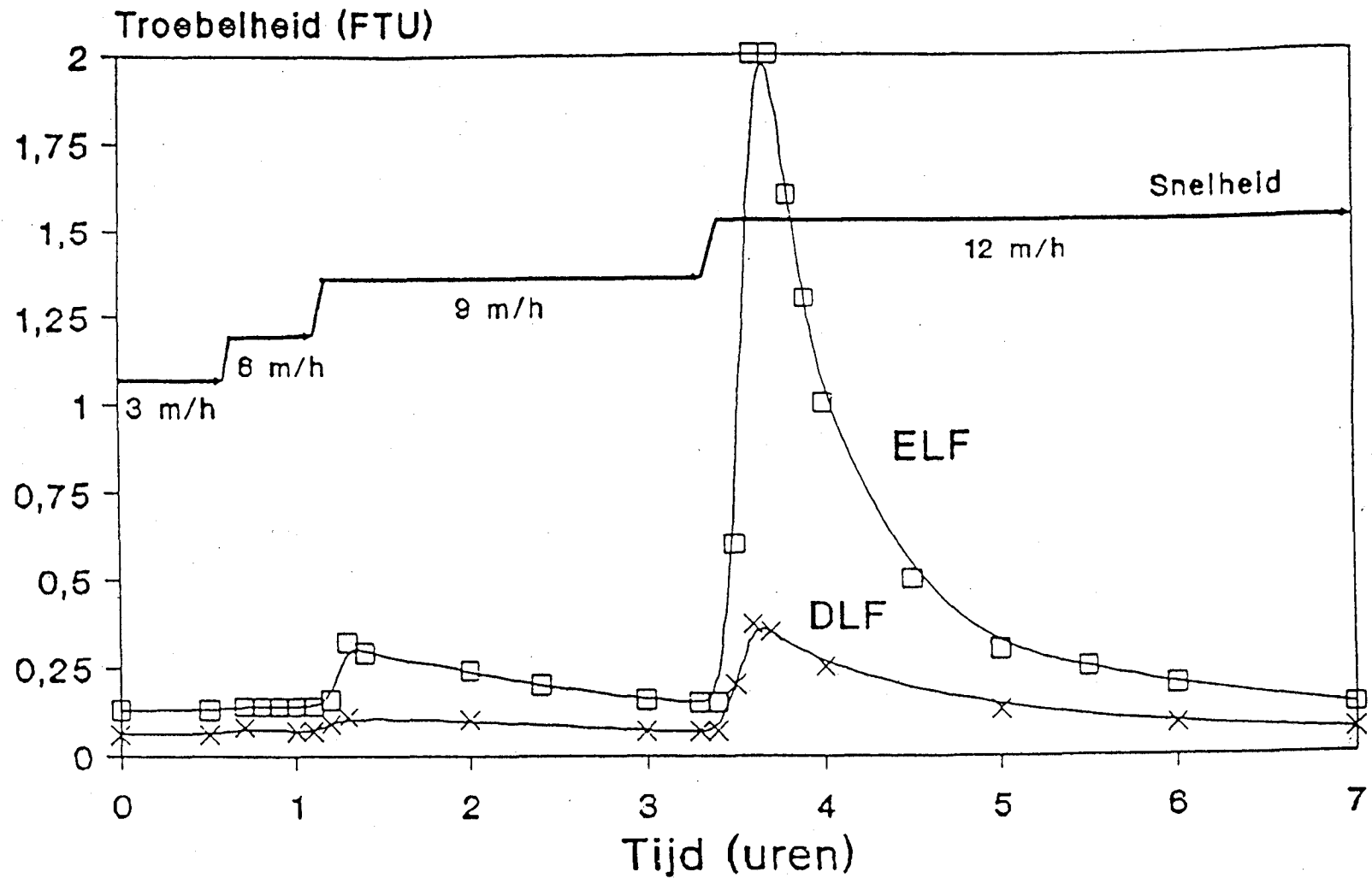
## VARIATIES FILTRATIESNELHEID, EFFECT OP DE ONTIJZERING, ONTMANGANING

|                  | 3-15 m/h   | Stilstand < 24 h  | Stilstand >24 h  |
|------------------|--|---|--|
| <b><u>Fe</u></b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ijzervlokken spoelen los</li> <li>• Effect voor-oxydatie</li> </ul> | Voor continuïteit geen probleem                             | Idem < 24 h<br>Inwerken niet nodig                         |
| <b>Mn</b>        | kan leiden tot hogere concentraties (contacttijd)  | Hoge concentraties, als gevolg van anaerobie in het filters | Idem < 24 h<br>Inwerken niet nodig, tenzij weken stilstand |

## VARIATIES FILTRATIESNELHEID, EFFECT OP DE NITRIFICATIE EN BIOLOGIE

|   | 3-15 m/h  | Stilstand < 24 h  | Stilstand >24 h  |
|---|---|---|--|
| NH <sub>4</sub>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• kan leiden tot hogere concentraties (contacttijd),</li> <li>• geen probleem bij een hoge NH<sub>4</sub>- historie</li> </ul> | kan leiden tot hoge concentraties NO <sub>2</sub> en/of Mn t.g.v. anaerobie | idem < 24 h, bovendien kan er veel <u>dode</u> biomassa ontstaan (verstoring nitrificatieproces) |
| Bio-<br>Logie<br>NH <sub>4</sub><br>CH <sub>4</sub> |   | stilstand kan aanleiding geven tot verhoogde aantallen aeromonas-bacteriën  | idem < 24 h, bovendien kan er “bederf” van het water zijn opgetreden (smaak)                     |

# PROEFINSTALLATIE OVERVEEN (WLZK)



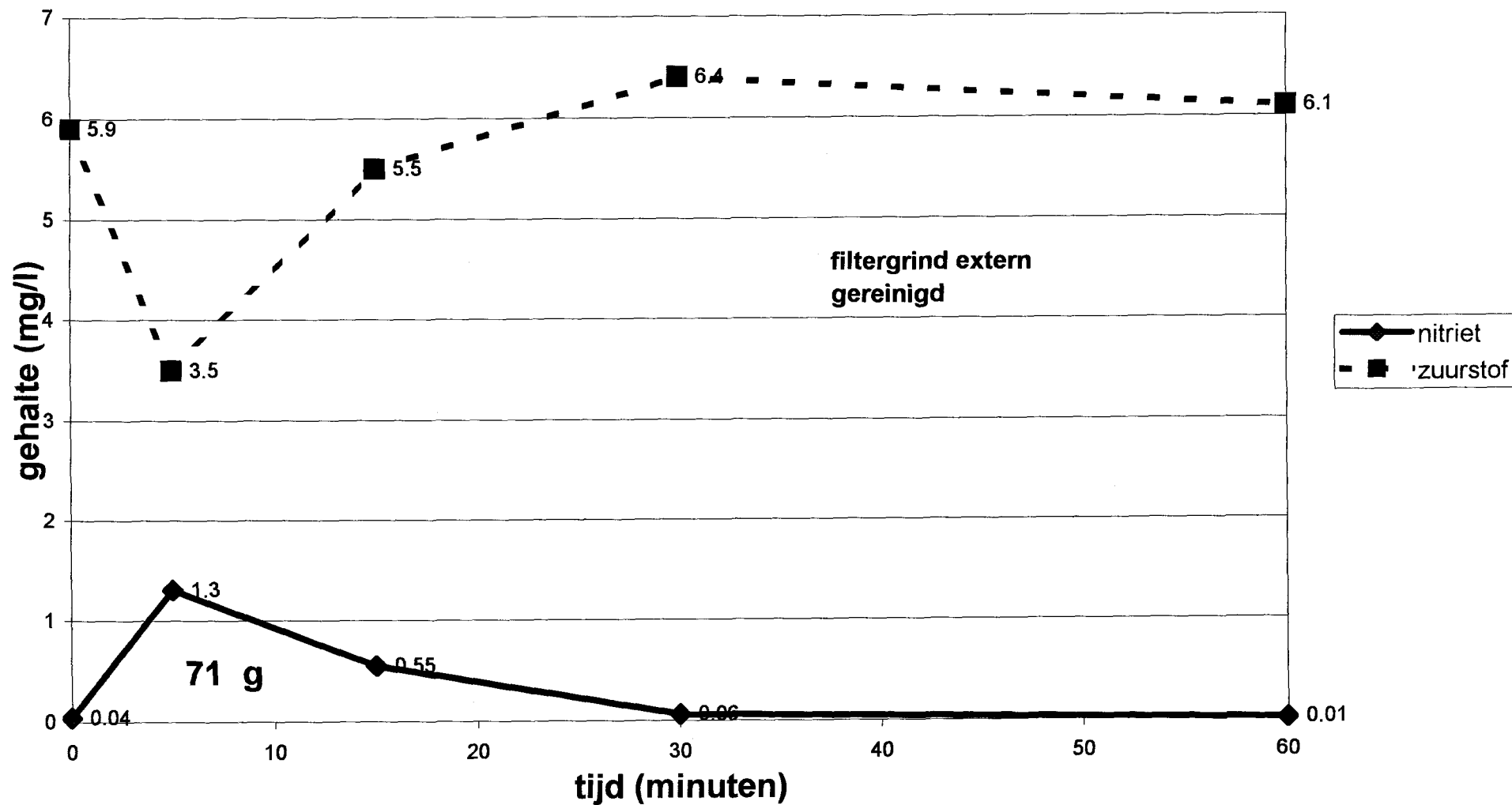


## **CONCLUSIES:**

- 1. VERHOOGING VAN DE FILTRATIESNELHEID GEEFT DOORGAANS EEN VERHOOGING VAN DE TROEBELHEID- (IJZER) - LATER KAN DEZE VERHOOGING WEER ZIJN AFGENOMEN**
- 2. VERHOOGING VAN DE FILTRATIESNELHEID GEEFT SOMS EEN VERLAGING VAN DE TROEBELHEID (BEPERKING VOOROXYDATIE IJZER)**

p.s. LITH NF 1, looptijd 95 uur, 12 uur stilstand

WOB



**Stilstand < 24 u (p.s. Lith)**

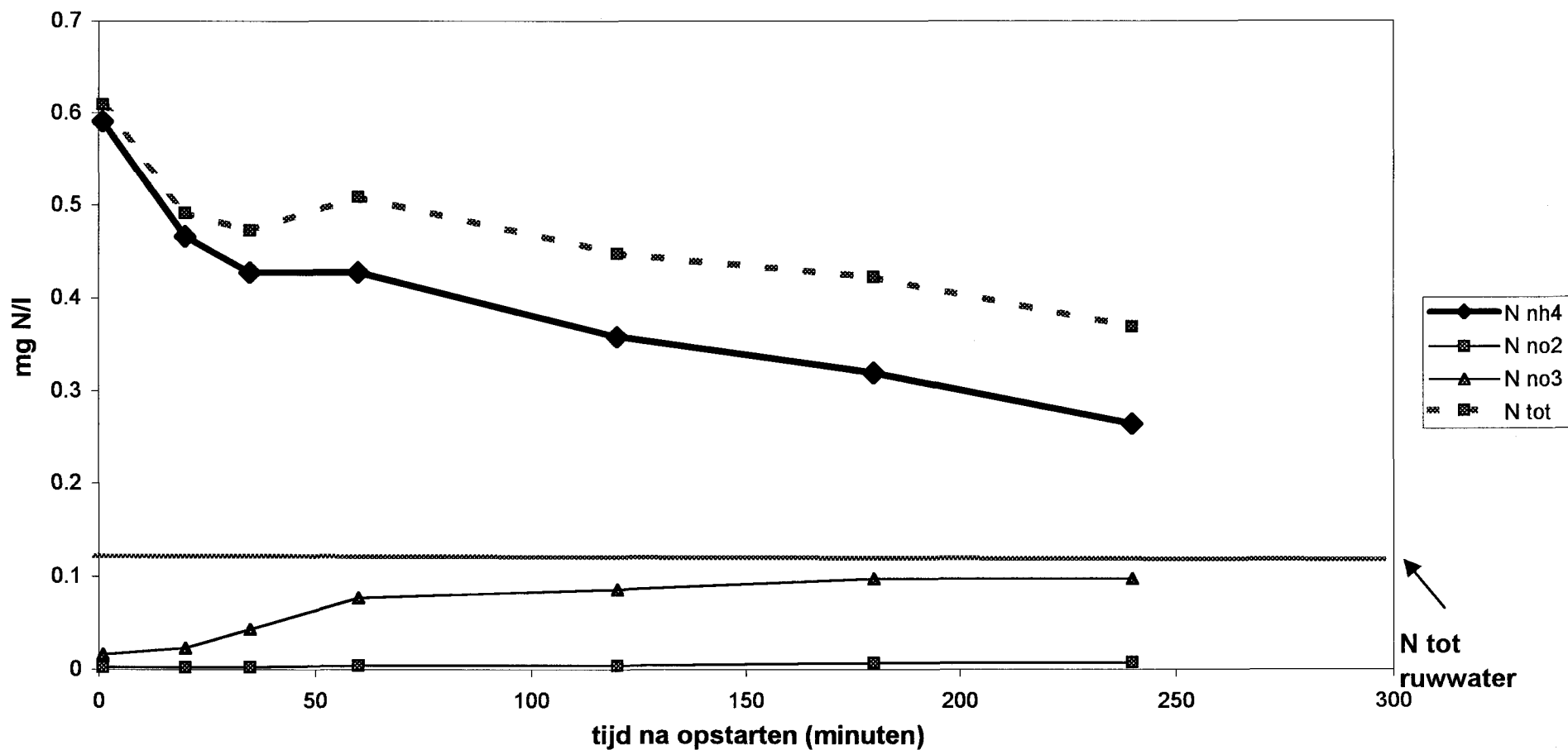
| <b>Datum</b> | <b>Omstandigheden</b>              | <b>Doorgelaten NO<sub>2</sub></b> |
|--------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 23-11-94     | looptijd 97 uur , 12 uur stilstand | 115 g                             |
| 15-12-94     | na spoelbeurt, 12 uur stilstand,   | 71 g                              |

**NITRIETVORMING ONTSTAAT T.G.V. ANAEROBIE (KAN PLAATSELIJK ZIJN)**

**STELLING**

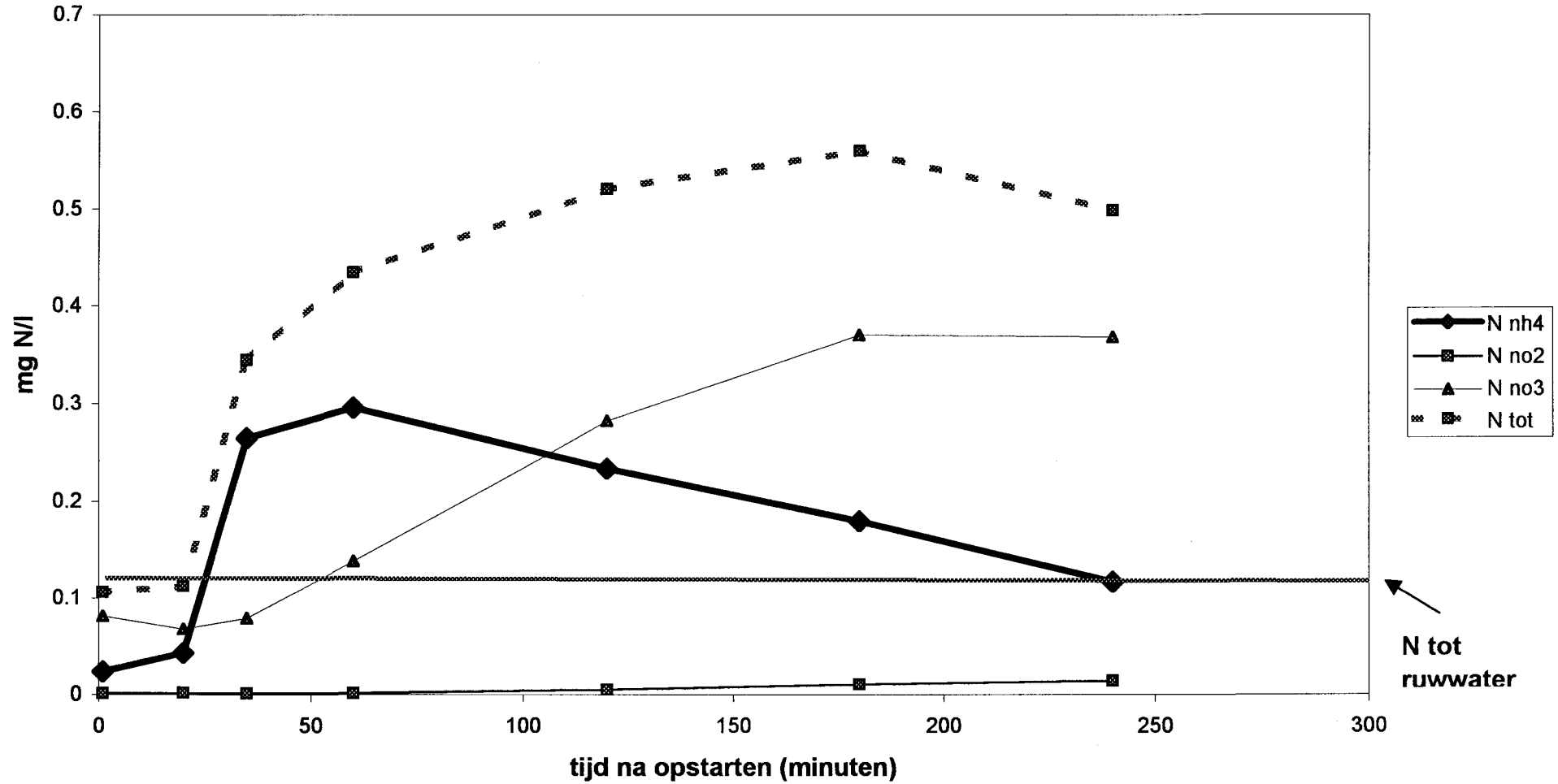
**BIJ LANGDURIGE STILSTAND IS HET BETER OM HET FILTER GESPOELD WEG TE ZETTEN OM NITRIETVORMING TE VOORKOMEN CQ TE MINIMALISEREN. (DENK WEL AAN VOEDSELAANBOD OM DE BACTERIEN IN LEVEN TE HOUDEN))**

# ONDERZOEK P.S. NIETAP, opstarten voorfilter 10 dd 8 sept. 1993, na stilstand van 1 week

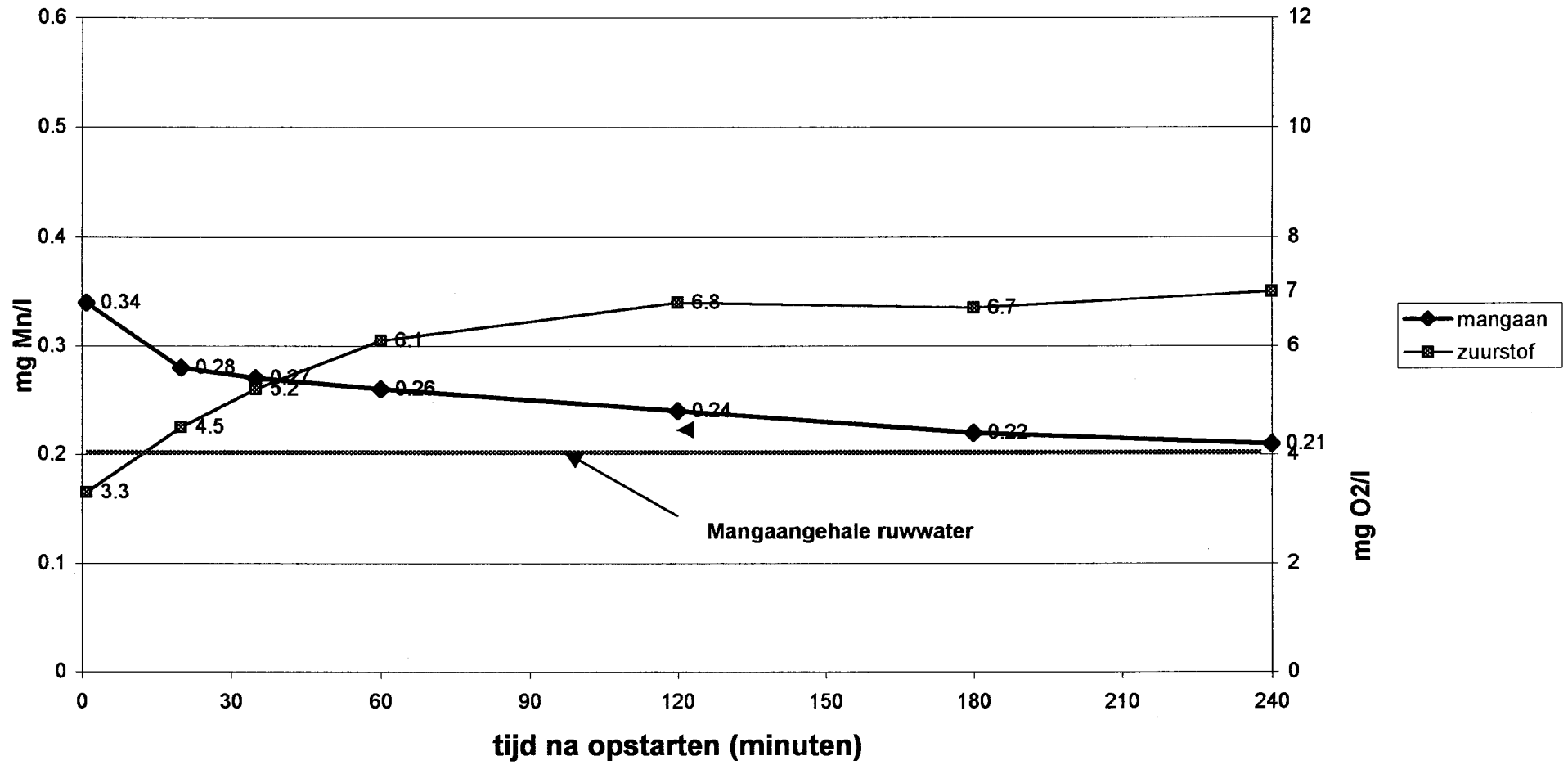


# ONDERZOEK P.S. NIETAP

opstarten na filter 10 dd. 8 sept. 1993, na stilstand van 1 week



# ONDERZOEK P.S. NIETAP, opstarten VF 10 dd 8 sept. 1993, na 1 week stilstand



**STILSTAND > 24 UUR**

**CONCLUSIES :**

- 1. IN FILTERS MET VEEL BIOLOGISCHE ACTIVITEIT EN/OF VERVULD BED KAN HET NH<sub>4</sub>-GEHALTE HOOG WORDEN (MINERALISATIE VAN DODE BIOMASSA?)**
  
- 2. T.G.V. ANAEROBIE KAN REEDS GEVORMD MnO<sub>2</sub> WORDEN GEREDUCEERD , WAARDOOR ER EEN VERHOGING VAN HET Mn -GEHALTE ONTSTAAT**

## CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### Ontijzering

- **de effecten verschillen per pompstation en moeten daarom op elke locatie experimenteel worden bepaald;**
- **de effecten zijn doorgaans continu te meten met troebelheidsmeters.**

### Ontmanging

- **de effecten verschillen ook hier per pompstation en moeten daarom op elke locatie experimenteel worden bepaald;**
- **als tijdens stilstand van de filtratie zuurstofloosheid optreedt bevat het filtraat na het starten mangaan**



## Nitrificatie

- **de kans op nitriet in het filtraat is groter als:**
  - \* **filters frequent stilstaan (lange tijd) bij een aan – en uitregeling**
  - \* **de stilstaande filters meer biomassa bevatten;**
- **het is het beste om de bacteriepopulatie in een filter zo gelijkmatig te voeden (keuze putten)**

# SPOELCRITERIA

Ad Bekkers, WOB

i.s.m. Jacques van Paassen, WMO

## Inhoud

INLEIDING  
BEGRIPPEN  
SPOELCRITERIA  
BESLISSCHEMA

## Inleiding

---

### FILTERSPOELING

waarom

hoe

WANNEER

## Begrippen

---

### LOOPTIJD:

netto .....LOOPTIJD

## Begrippen

---

### LOOPTIJD:

netto .....LOOPTIJD

bruto ..... RUN  
STANDTIJD

## Spoelcriteria

---

### hoofdcriteria:

vermindering filtraatkwaliteit

weerstandstoename

## Spoelcriteria

### praktijkcriteria:

- ijzerbelasting
- tijd
- gefiltreerd volume
- als er plassen op filterbed staan (bij droogfiltratie)
- combinaties van deze criteria

## Beslisschema filtreren $\Rightarrow$ spoelen

filtreren  $\Rightarrow$  N  $\Rightarrow$  NITRIET?  $\Rightarrow$  J  $\Rightarrow$  **S** voor stilzetten  
of kort inwerken  
 $\Downarrow$  J  $\Downarrow$  N  
(door)filtreren

## Beslisschema filtreren $\Rightarrow$ spoelen

filtreren  $\Rightarrow$  N  $\Rightarrow$  NITRIET?  $\Rightarrow$  J  $\Rightarrow$  S voor stilzetten  
 $\Downarrow$  J  $\Downarrow$  N of kort inwerken  
(door)filtreren

ingestelde loopt. bereikt  $\Rightarrow$  J  $\Rightarrow$  S (langere lt.?)  
 $\Downarrow$  N

## Beslisschema filtreren $\Rightarrow$ spoelen

ingestelde loopt. bereikt  $\Rightarrow$  J  $\Rightarrow$  S (langere lt.?)  
 $\Downarrow$  N

ingestelde hoeveelh. bereikt  $\Rightarrow$  J  $\Rightarrow$  S  
 $\Downarrow$  N

## Beslisschema filtreren $\Rightarrow$ spoelen

ingestelde loopt. bereikt  $\Rightarrow J \Rightarrow S$  (langere lt.?)

$\Downarrow N$

ingestelde hoeveelh. bereikt  $\Rightarrow J \Rightarrow S$

$\Downarrow N$

filtraatkwaliteit verslechterd  $\Rightarrow J \Rightarrow S$  (op Tr.)

$\Downarrow N$

## Beslisschema filtreren $\Rightarrow$ spoelen

ingestelde loopt. bereikt  $\Rightarrow J \Rightarrow S$  (langere lt.?)

$\Downarrow N$

ingestelde hoeveelh. bereikt  $\Rightarrow J \Rightarrow S$

$\Downarrow N$

filtraatkwaliteit verslechterd  $\Rightarrow J \Rightarrow S$  (op Tr.)

$\Downarrow N$

drukval over filter neemt toe

## Beslisschema filtreren $\Rightarrow$ spoelen

drukval neemt snel toe

$\Downarrow$  N

delta P max. bereikt

$\Downarrow$  ja

$\Downarrow$  ja

$V_f$  const.

$V_f$  var.

$\Downarrow$  ja

$\Downarrow$  ja

**S**  $\Leftarrow$  bij max.  $V_f$   
ja

## Beslisschema filtreren $\Rightarrow$ spoelen

drukval neemt snel toe  $\Rightarrow$  J  $\Rightarrow$  gas  $\Rightarrow$  N  $\Rightarrow$  S

$\Downarrow$  N

$\Downarrow$  J

delta P max. bereikt

loopt. acc.  $\Rightarrow$  J  $\Rightarrow$  S

= Fe-last/m<sup>2</sup>

$\Downarrow$  ja

$\Downarrow$  ja

$V_f$  const.

$V_f$  var.

$\Downarrow$  N

$\Downarrow$  ja

$\Downarrow$  ja

korte watersp. (boeren)

**S**  $\Leftarrow$  bij max.  $V_f$   
ja

+ grover filtermateriaal  
of dubbellaags filtratie





SPOELCRITERIA

Ad Bekkers, WOB

i.s.m. Jacques van Paassen, WMO

## Aangroei van filtermateriaal

Wilbert van den Broek (DELTA)

Leo Keltjens (WLZ)

## Wat krijgt u te horen?

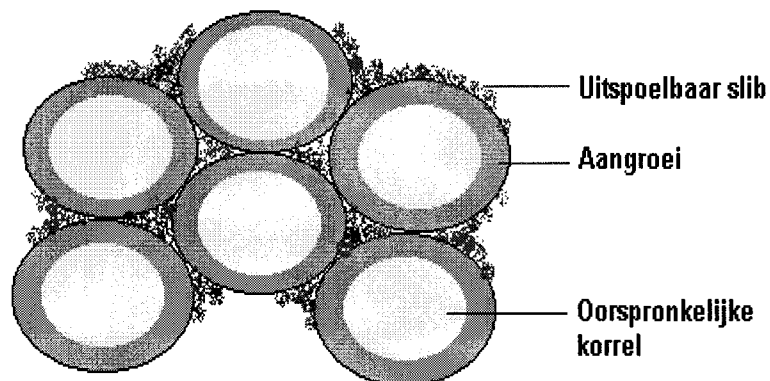
- definitie en bepalingsmethode aangroei
- samenstelling van aangroei
- effecten van aangroei op het filtratieproces
- aangroei in de praktijk
- mogelijke maatregelen
- conclusies/aanbevelingen

## Definitie en bepalingmethode

### AANGROEI =

vaste afzetting van organisch of anorganisch materiaal op het filtermateriaal (niet met water afspoelbaar), uitgedrukt in gewichtsprocent aangroei per gewicht gedroogd oorspronkelijk (=schoon) filtermateriaal

## Aangroei van filtermateriaal



### Definitie en bepalingmethode

- via meting filterbedhoogte
- via zeping (korrelgrootte)
- via oplossen van de aangroei (weging)

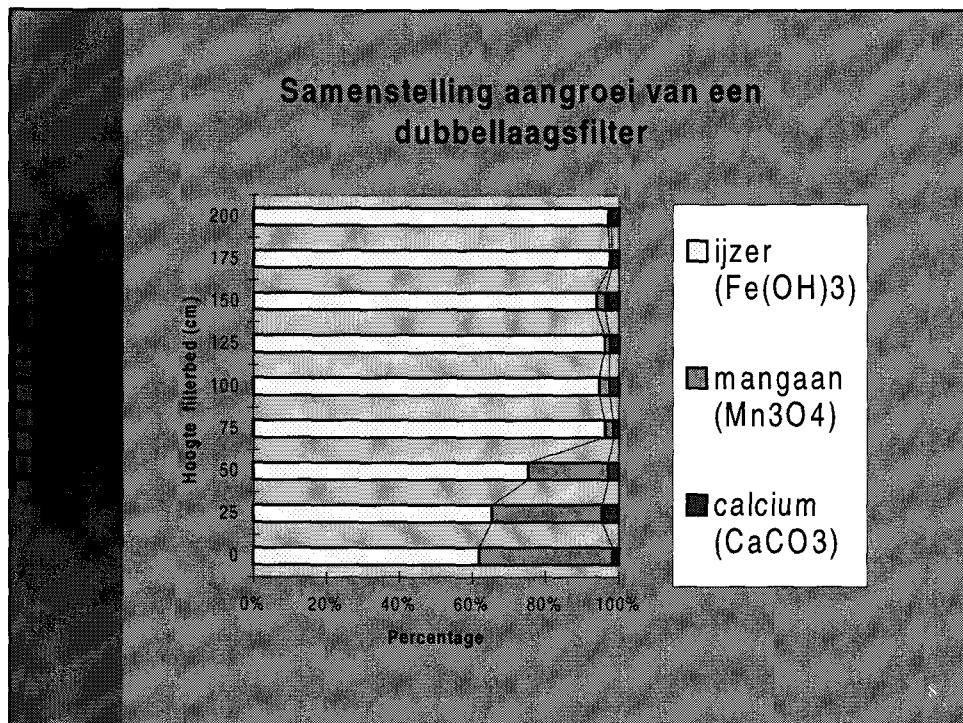
### Definitie en bepalingmethode

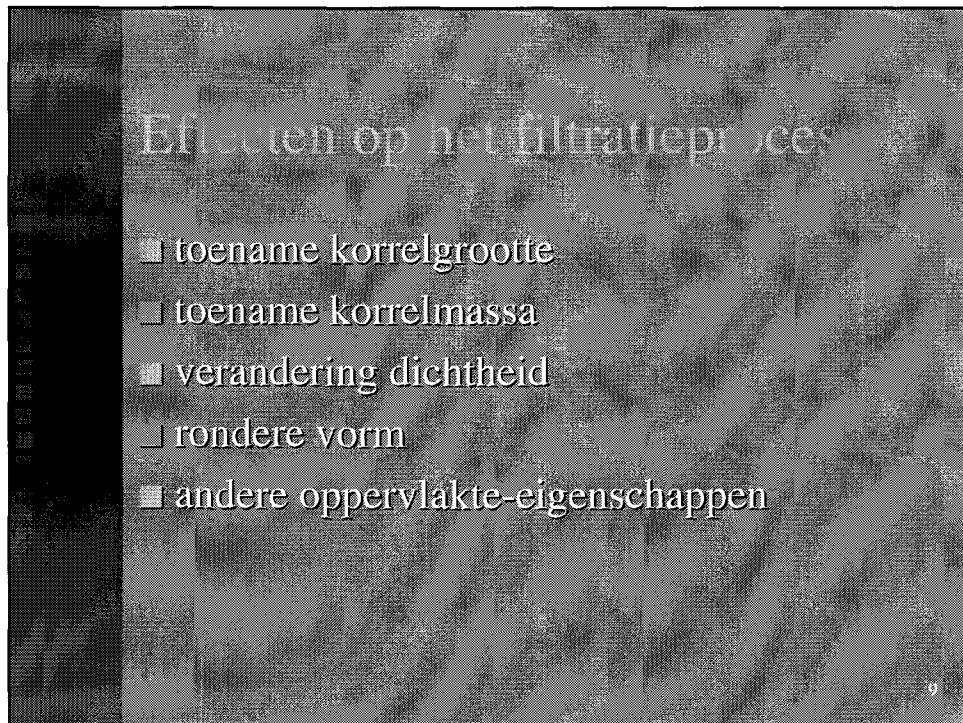
- bemonstering (steekapparaat)
- uitspoeling slib (100% expansie met water)
- drogen + wegen monster
- aangroei oplossen met zuur
- drogen en terugwegen

$$\text{aangroei\%} = \frac{\text{verschilgewicht}}{\text{eindgewicht}} \times 100\%$$

### Samenstelling van aangroei

- afhankelijk van:
  - ✓ waterkwaliteit
  - ✓ diepte in filter
- hoofdzakelijk ijzer(hydr)oxiden (tot 97%)  
en mangaanoxiden (<36%)
- calciumcarbonaat (<4%)
- organisch materiaal (<0.1%)



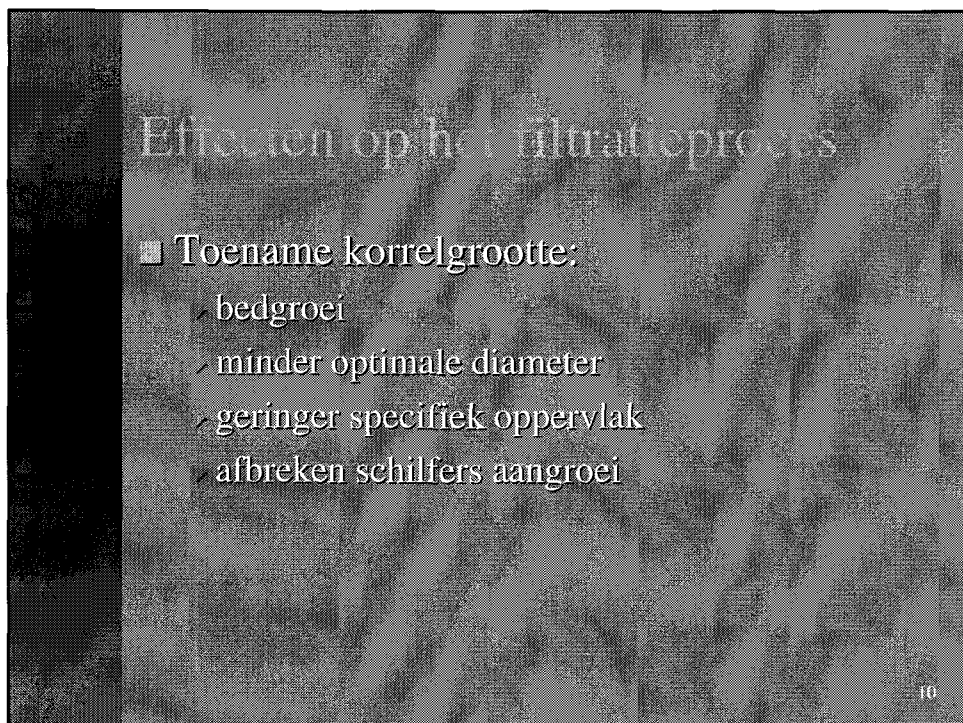


Slide 9: Effects on the filtration process. The slide features a dark, textured background with a vertical bar on the left side. The title 'Effecten op het filtratieproces' is at the top. Below it is a bulleted list of five items.

### Effecten op het filtratieproces

- toename korrelgrootte
- toename korrelmassa
- verandering dichtheid
- rondere vorm
- andere oppervlakte-eigenschappen

9



Slide 10: Effects on the filtration process. The slide features a dark, textured background with a vertical bar on the left side. The title 'Effecten op het filtratieproces' is at the top. Below it is a bulleted list starting with 'Toename korrelgrootte:' followed by four sub-points.

### Effecten op het filtratieproces

- Toename korrelgrootte:
  - bedgroei
  - minder optimale diameter
  - geringer specifiek oppervlak
  - afbreken schilfers aangroei

10

## Effecten op het filtratieproces

- Zwaardere korrels:
  - ✓ geringere expansie tijdens spoelen
  - ✓ minder goede spoeling

11

## Andere dichtheid:

|                   |                |
|-------------------|----------------|
| zand              | 2.65 kg/l      |
| antraciet         | 1.4 - 1.6 kg/l |
| ijzer(hydr)oxiden | 2.4 - 5.3 kg/l |
| mangaanoxiden     | 4.0 - 4.9 kg/l |

- ✓ bij dubbellaagsfilters kans op vermenging
  - > geringer porievolume
  - > grotere drukval
  - > mogelijk betere filtraatkwaliteit

12

## Effecten op het filtratieproces

- Rondere vorm:
  - vooral te zien bij antraciet
  - kleiner poriënvolume
  - kleiner specifiek oppervlak
- Andere oppervlakte-eigenschappen:
  - katalyserende werking
  - oppervlaktestructuur (bacteriën)

13

## Overzicht effecten aangroei

|                        | Filtraat-<br>kwaliteit | Looptijd | Spoelren-<br>-dement |
|------------------------|------------------------|----------|----------------------|
| grote<br>massa         | -                      | +        | -                    |
| dichtheid              | +                      | -        | -                    |
| rond                   | +/-                    | -        | -                    |
| opp.eigen-<br>schappen | +                      | -        | -                    |
| bedhoogte              | +                      | -        | -                    |

14



## Aangroei in de praktijk

- 1 filtraatkwaliteit
- 2 filtraatkwantiteit
- 3 uitspoeling filtermateriaal
- 4 meting bovenwaterstand
- 5 aangroei filterspoeldoppen

15

## Beperking van aangroei

### Preventieve maatregelen

- goede spoeling
- bronkeuze: lagere [Fe] en [Mn]
- lagere [Fe<sup>2+</sup>]:
  - ✓ verlengen verblijftijd beluchting - filtratie
  - ✓ hogere pH (snellere oxidatie)
- lagere SI bij CaCO<sub>3</sub>-aangroei

16

## Mogelijke maatregelen

Maatregelen ter beperking van de problemen:

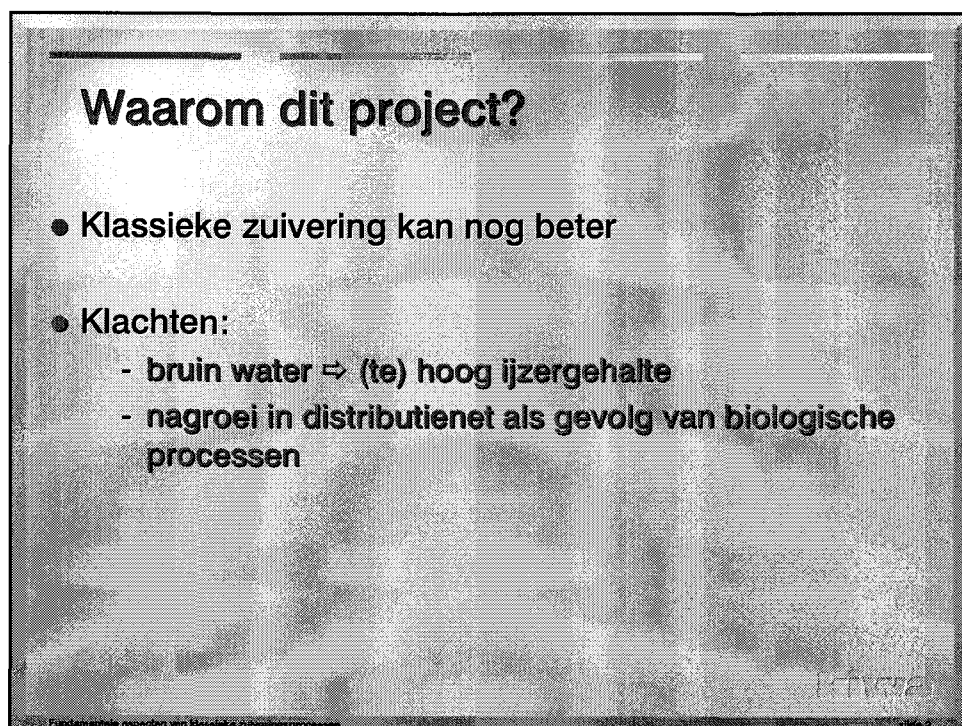
- geen dubbellaagsfilters toepassen
- periodiek afscheppen
- vervangen van filtermateriaal
- (reinigen van filtermateriaal)

17

## Conclusies/aanbevelingen

- pas op met dubbellaagsfilters
- onduidelijkheid over kwantitatieve effecten van de waterkwaliteit
- intensiever spoelen helpt tot op zekere hoogte
- wees voorbereid op versnelling effecten en aangroei van filterdoppen
- monitor de aangroei-effecten!

18



## Project fundamentele aspecten

- In kaart brengen van “witte vlekken” in fundamentele kennis
- Inzicht in:
  - perspectieven voor verbetering zuivering
  - onderzoekstraject

## Opzet en uitvoering

- Bewuste keuze van enkele pompstations
- Analyseren van gegevens van pompstations
- Hypothesen opstellen

### ***Pompstations:***

- Vlijmen, WOB
- Eindhoven, WOB (voorheen: Aalsterweg, NRE)
- Helden, WML

## Wat hebben we gevonden?

- Onvolledige  $\Delta\text{CH}_4$  in VF (Vlijmen)
- Geen  $\Delta\text{NH}_4^+$  in VF (Vlijmen & Eindhoven)
- Onvolledige  $\Delta\text{Fe}$  in VF (Vlijmen & Eindhoven)
- Chemicaliën na VF nodig voor  $\Delta\text{Fe}$ ,  $\Delta\text{NH}_4^+$ ,  $\Delta\text{Mn}$  (Vlijmen & Eindhoven)
- $\Delta\text{Fe}$  kan ook bij extreem lage pH van 4,5 - 5 (Helden)
- Verhogen van pH geeft verslechtering  $\Delta\text{Fe}$  (Helden)

## Hypothesen

- Ontijzering in VF onvoldoende vanwege aard van de organische stoffen
  - ijzer gecomplexeed met organische stoffen wordt niet verwijderd

## Hypothesen

- Ontijzering is gekoppeld aan de mate waarin biologische processen optreden
  - interactie  $\Delta\text{Fe}/\Delta\text{NH}_4^+$ : bij verstoorde  $\Delta\text{NH}_4^+$  ook onvolledige  $\Delta\text{Fe}$  vanwege ontbreken van biofilm
  - door onvolledige  $\Delta\text{CH}_4$  tijdens beluchting/ontgassing minder kans voor  $\Delta\text{NH}_4^+$  en biologische  $\Delta\text{Fe}$

## Hypothesen

- De hechting van bacteriën op filtermateriaal wordt mede bepaald door de oppervlaktelading
  - IEP ( $\text{SiO}_2$ ) is  $\sim 2$ : negatief geladen oppervlak in grondwater
  - IEP ( $\text{Fe}_x\text{O}_y$ ) = 6,5 - 8,5: lading oppervlak afhankelijk van oxidefase en pH

## Hypothesen

- Bacteriën kunnen niet of onvoldoende functioneren vanwege niet beschikbaar zijn van bepaalde stoffen
  - bepaalde nutriënten en bouwstoffen zijn door complexering niet beschikbaar voor bacteriën  
bv. fosfaten

KIWA

## Hypothesen

- Biologische ontijzering functioneert niet of onvoldoende door aanwezigheid van giftige stoffen
  - restconcentratie aan  $H_2S$  > 0,01 mg/l kan de biologische ontijzering (locaal) stoppen  
(Mouchet, 1992)
  - vóór de filtratie  $H_2S$  adsorberen aan ijzercolloïden door verlenging beluchtingstijd of toepassing pre-oxidatie

KIWA

## Hypothesen

- Keuze van bedrijfsvoering kan grote effecten sorteren op het totale rendement van biologische processen
  - combinatie van lage pH en hoge filtratiesnelheid verstoort  $\Delta\text{NH}_4^+$
  - intensieve spoeling heeft negatief effect op de hechting van bacteriën op filtermateriaal

## Interessante (onderzoeks)vragen

- Interactie biofilm en ontijzering?
  - hechting van bacteriën op  $\text{Fe}_x\text{O}_y$  en/of  $\text{SiO}_2$
  - adsorptie/hechting van Fe aan biomassa
- In welke mate spelen giftige stoffen een rol in het functioneren van biologische processen?
- Welke nutriënten zijn van belang voor biologische processen?
  - sporenelementen
  - fosfaten

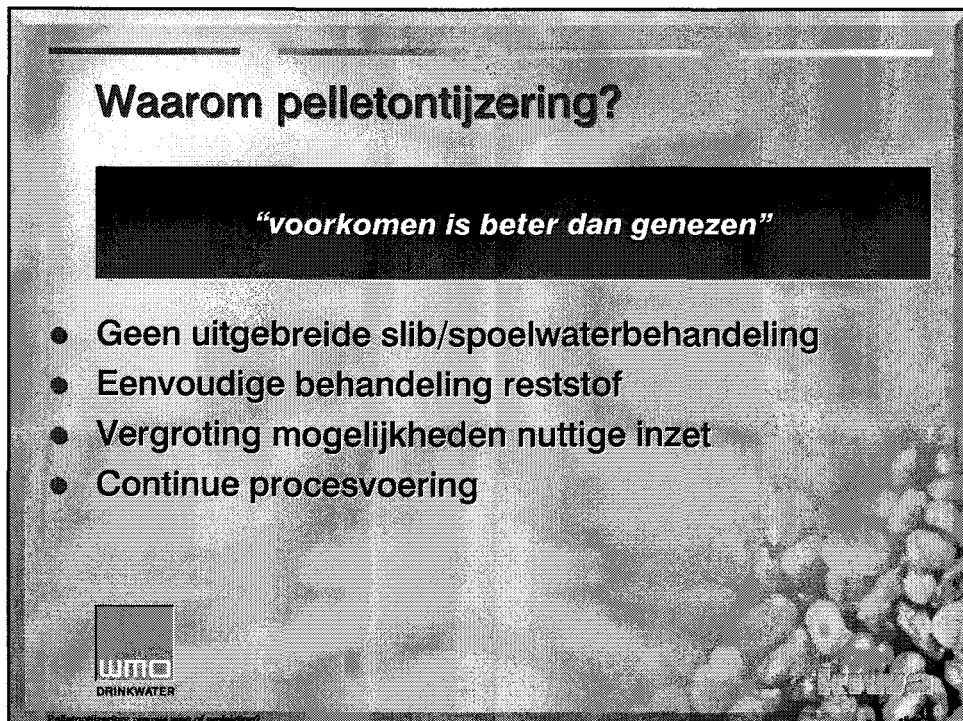
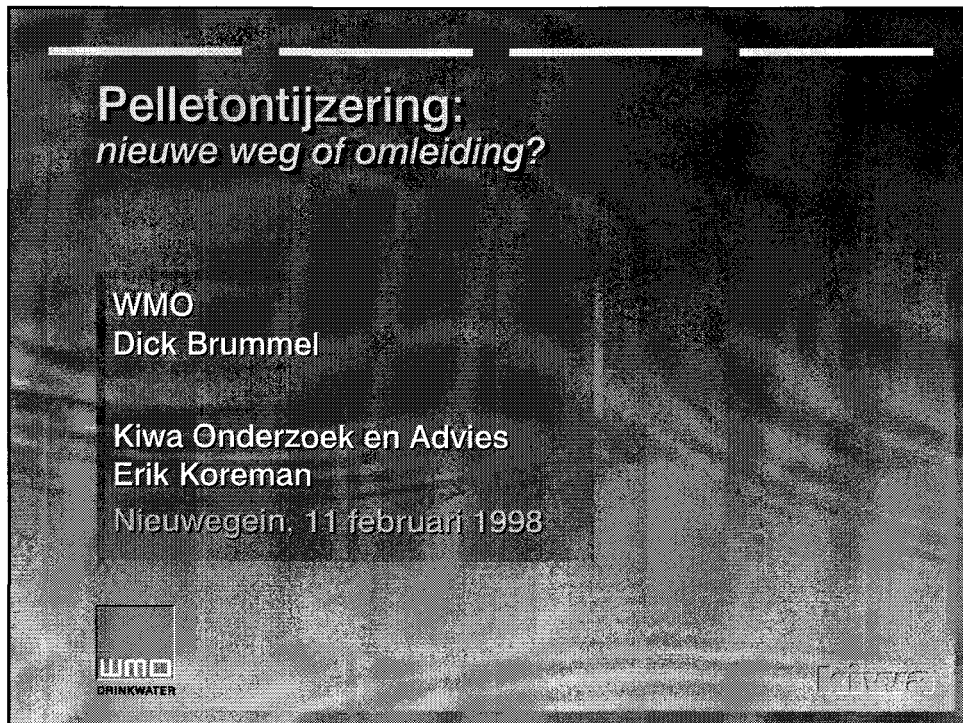


## Hoe nu verder?

- Evalueren van opgestelde hypothesen
- Opstellen van nieuwe hypothesen  
analyse van zuiveringsproces van andere pompstations

## Dankwoord

- WOB
  - Ad Bekkers
  - Eugène Coppens
  - Richard Broeks
- WML
  - Rob Beckers
- Waterleidinglaboratorium Zuid
  - Leo Keltjens



## Ijzeroxidatie, een complex proces



- $n = 3$  amorfe structuur (traditionele werkwijze)
- $n = 1$  goethiet (goed)
- $n = 0$  hematiet (beter)
- $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (magnetiet, best?)



## Pellet-ontijzering, waarom ook niet?

WMO: "laat maar eens zien, wij zoeken proeflocaties"  
Kiwa: "accoord"

### **Resultaat:**

- ontwerp/bouw proefreactor
- onderzoek op twee proeflocaties



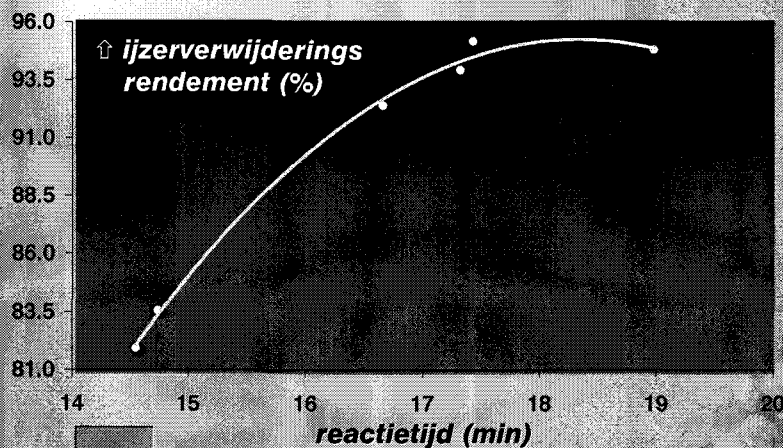
## Onderzoekslocaties

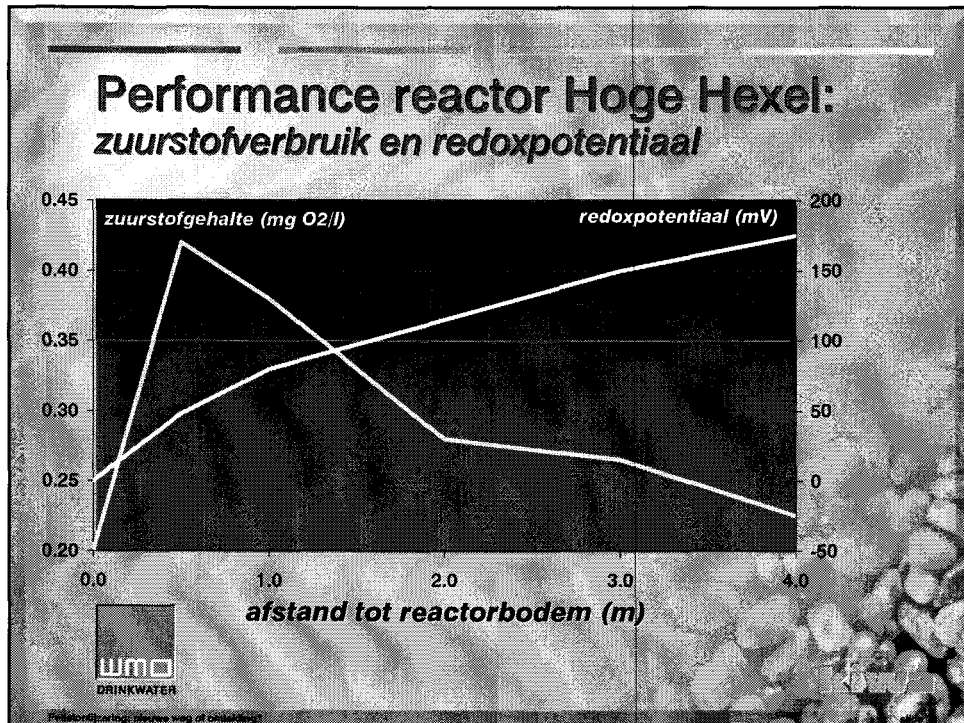
“als het hier lukt, dan lukt het overal”

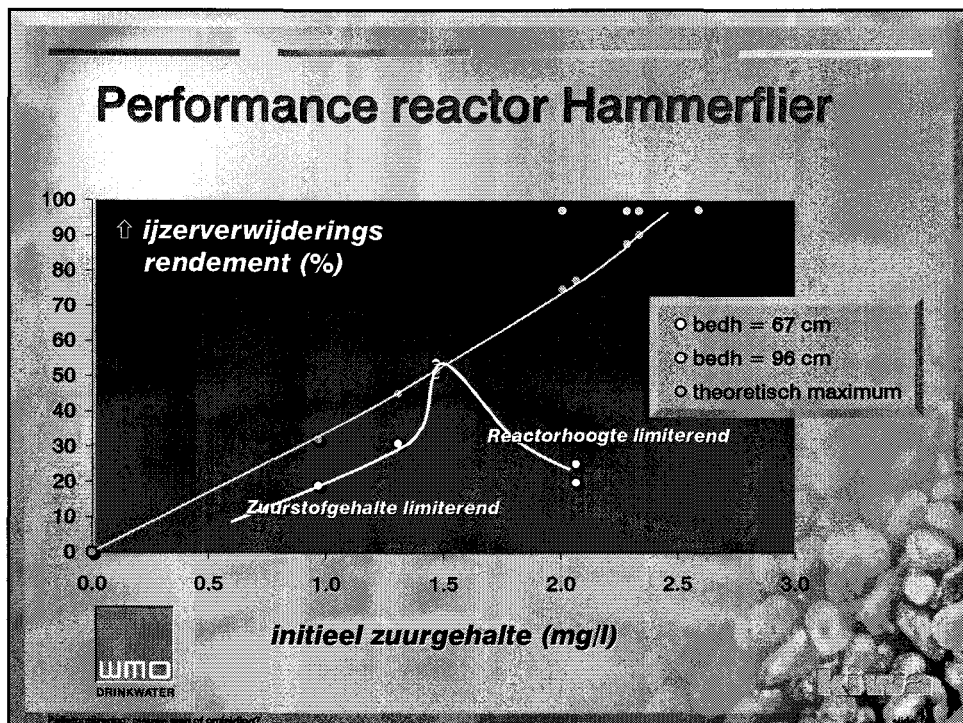
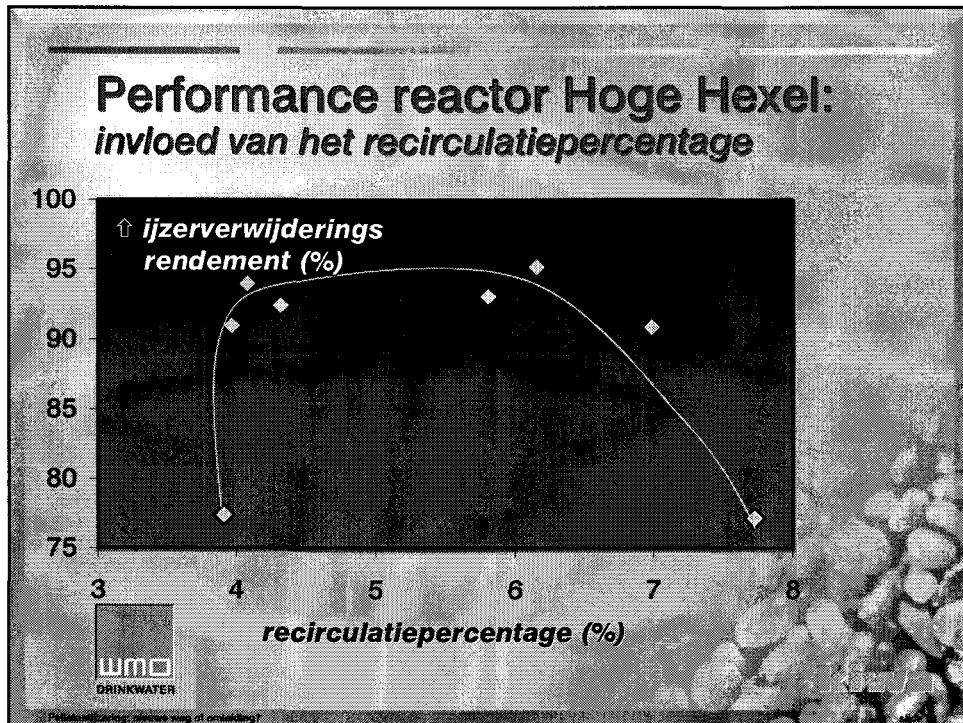
- **Hoge Hexel** (“gunstig?”):
  - Fe = 3 mg/l
- **Hammerflier** (“ongunstig?”):
  - Fe = 25-30 mg/l, CH<sub>4</sub> = 12000 mg/l, NH<sub>4</sub>-N = 2,6 mg/l,
  - org-C = 7,8 mg/l



## Performance reactor Hoge Hexel: invloed van de reactietijd







## Voorlopige conclusies

### Pellet-ontijzering dé oplossing ?!

- Hoge ijzerverwijderingsrendementen mogelijk (95-98%)
- Hoge procesefficiency
- Eenvoudige en stabiele procesvoering
- Toepassingsmogelijkheden niet/nauwelijks beperkt door grondwaterkwaliteit
- Naverwijdering restijzer en mangaan noodzakelijk



# **Adsorptive Iron Removal** **In Filters**

**Saroj Sharma**  
**Dr. Matthew Greetham**  
**Prof. Jan Schippers**

**Kiwa N.V.   WNWB   WMG**  
**WMD        WOB    (WMO)**



## **Contents**

- **Introduction**
- **Iron removal mechanisms**
- **Factors affecting removal mechanism**
- **Previous research on removal mechanisms**
- **Ongoing research**
- **Expected Results**



### Introduction

**High Concentration of iron in groundwater**  
- A Global problem

**Iron removal**  
- Major concern of water companies using groundwater

**Aeration - Precipitation - Filtration**  
Most commonly used method of iron removal  
- Simple, Economical, Avoids the use of chemicals

**Removal Mechanisms**

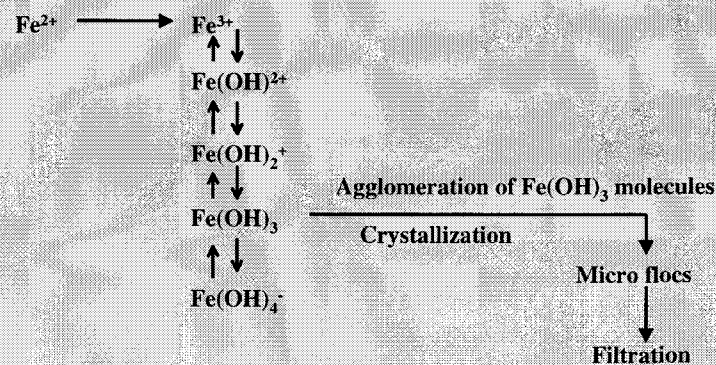
- ⊖ Physical/chemical removal
  - ⊖ Oxidation and Floc formation
  - ⊖ Adsorption and Oxidation

- ⊖ Biological Iron Removal

### Oxidation and floc formation mechanism

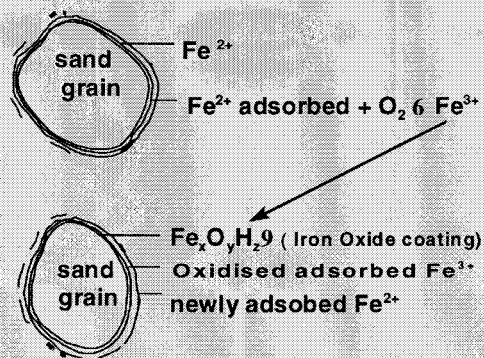
**Conventional approach**

- ⊖ Oxidation of iron(II) to iron(III)
- ⊖ Hydrolysis of iron(III)
- ⊖ Filtration of flocs formed



### Adsorption Oxidation mechanism

- ∃ No pre oxidation of iron(II)
- ∃ Removal of iron in iron(II) form
- ∃ iron(II) adsorption onto filter surface
- ∃ subsequent oxidation of adsorbed iron(II) and creation of new surface for adsorption



### Problems with floc formation mechanism

- Higher head loss, shorter filter run
- Colloidal iron passing through the filter
- Removal of organic iron difficult
- More sludge treatment and disposal

### Factors affecting removal mechanism

#### A. Water quality parameters

- ∃ pH
- ∃ Oxygen Concentration
- ∃ Organic matter
- ∃ Alkalinity
- ∃ Ionic concentration

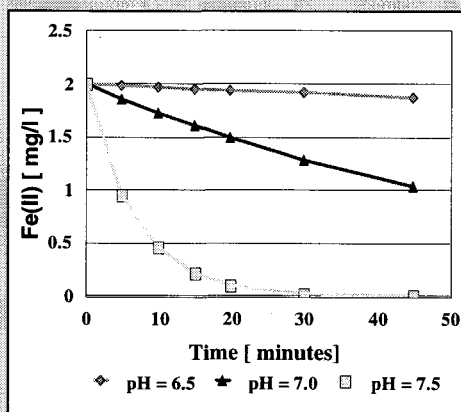
#### B. Process conditions

- ∃ Pre oxidation time
  - depth of supernatant
- ∃ Size of the filter media
- ∃ Age of the filter media
  - Characteristics of the coating

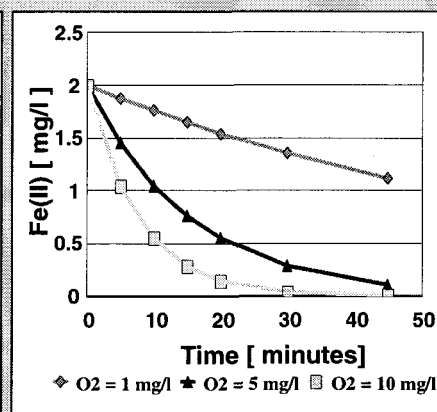
### Sensitivity of Iron Oxidation Kinetics

$$d \text{Fe(II)}/dt = -k \text{PO}_2 \cdot [\text{OH}]^2 \cdot [\text{Fe(II)}]$$

(Stumm & Lee, 1961)



Effect of pH



Effect of Oxygen

Previous research at IHE showed that

**with Adsorption Oxidation mechanism**

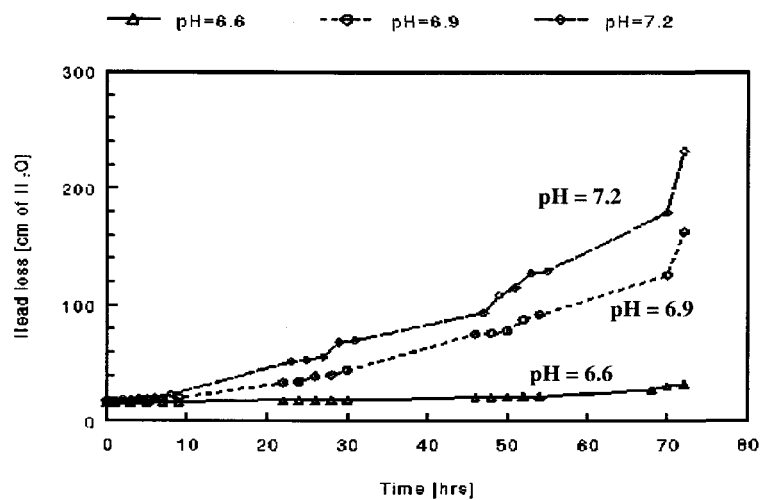
- Lower head loss, longer filter run
- Higher removal efficiency
- Shorter ripening time

In addition,

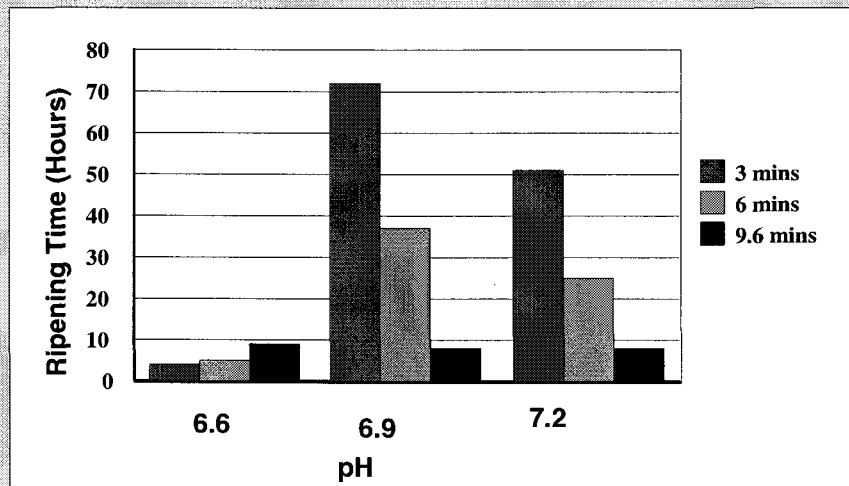
- No/less problem of sludge
- Reduction in frequency of backwash

**Head loss at different pH over the filter run**

(Amaoteng, 1996)



### Effect of pH and detention time on filter ripening time



Note : Ripening time = Time for effluent iron concentration to become 0.05 mg/l

### Ongoing research

Identification of the practical maximum removal capacity of the adsorption mechanism

∃ Analyse adsorptive properties of filter media and ripening time

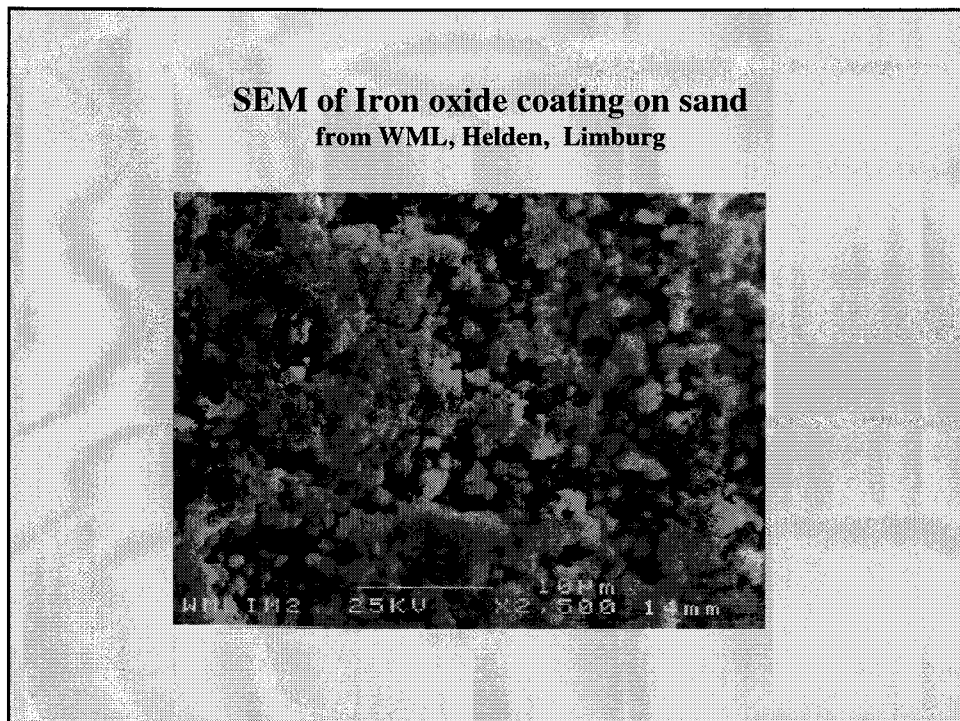
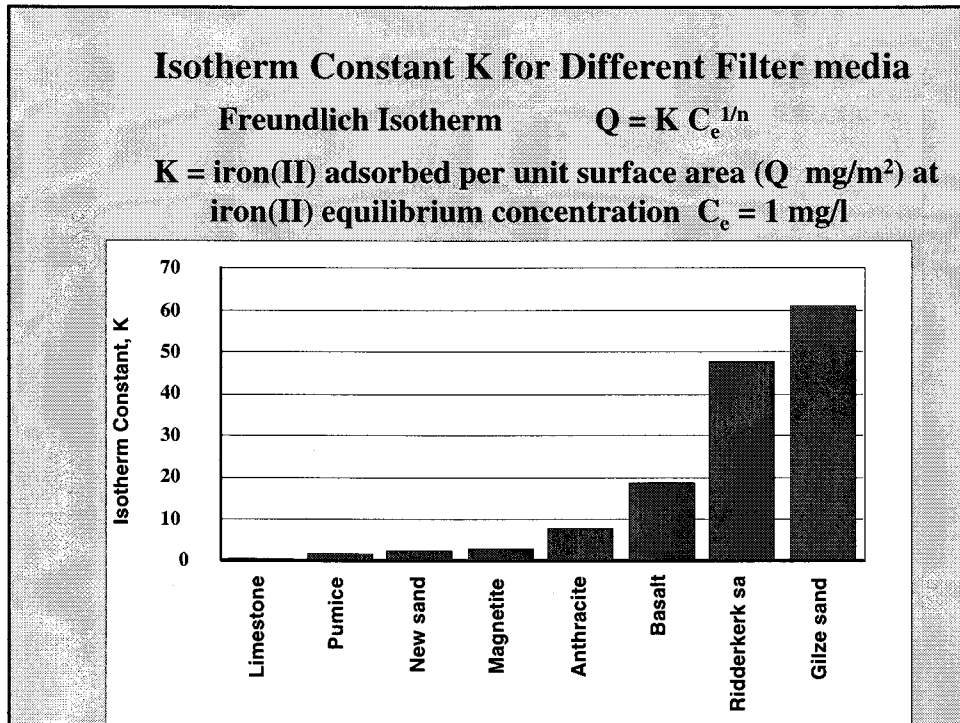
∃ Investigate influence of different factors

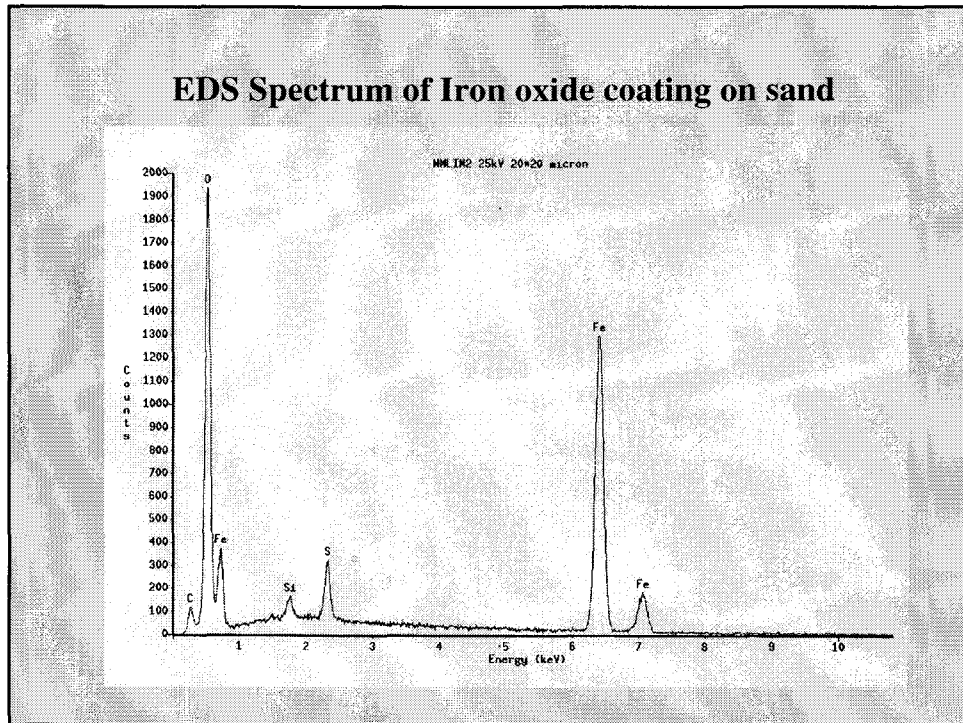
At IHE : Lab Scale

- Characterisation of filter media coatings
- Measurement of adsorption capacities
- Media Surface Analysis ( SEMs, EDS Spectrum)

At WNWB, Gilze : Pilot Scale

- Comparison of iron removal mechanisms using real GW and varying grain size and bed depth





### Expected Results

- ∃ Surface adsorption properties of filter media and iron oxide coatings
- ∃ Process of development of iron oxide coating on the filter media
- ∃ Method of predicting the optimum iron removal mechanism due to different process and water quality conditions

# ONDERGRONDSE BELUCHTING

## POKON VOOR DE ZUIVERING

WZHO

PRESENTATIE ONDERGRONDESE BELUCHTING  
KIWA WORKSHOP OPTIMALISEREN KLASSIEKE GRONDWATERZUIVERING

11 februari 1998

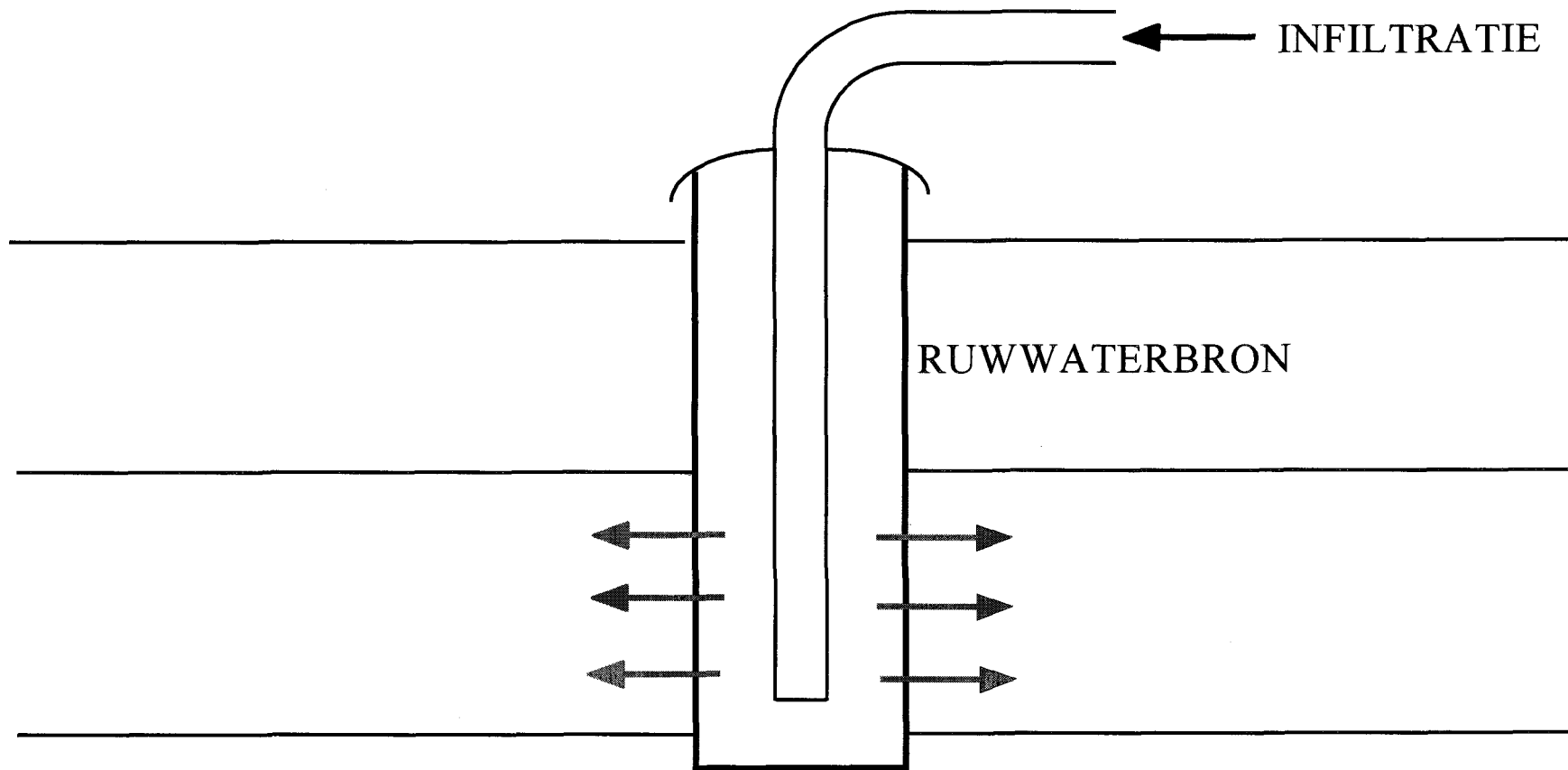


## INLEIDING

- DE TECHNIEK
- EFFECT OP DE ZUIVERING
- EFFECT OP DE RUWWATERKWALITEIT
- VERGELIJKING MET ONDERGRONDS ONTIJZEREN
- FUNDAMENTEEL ONDERZOEK EN PRAKTIJKPROEF
- HYPOTHESES
- VERVOLG

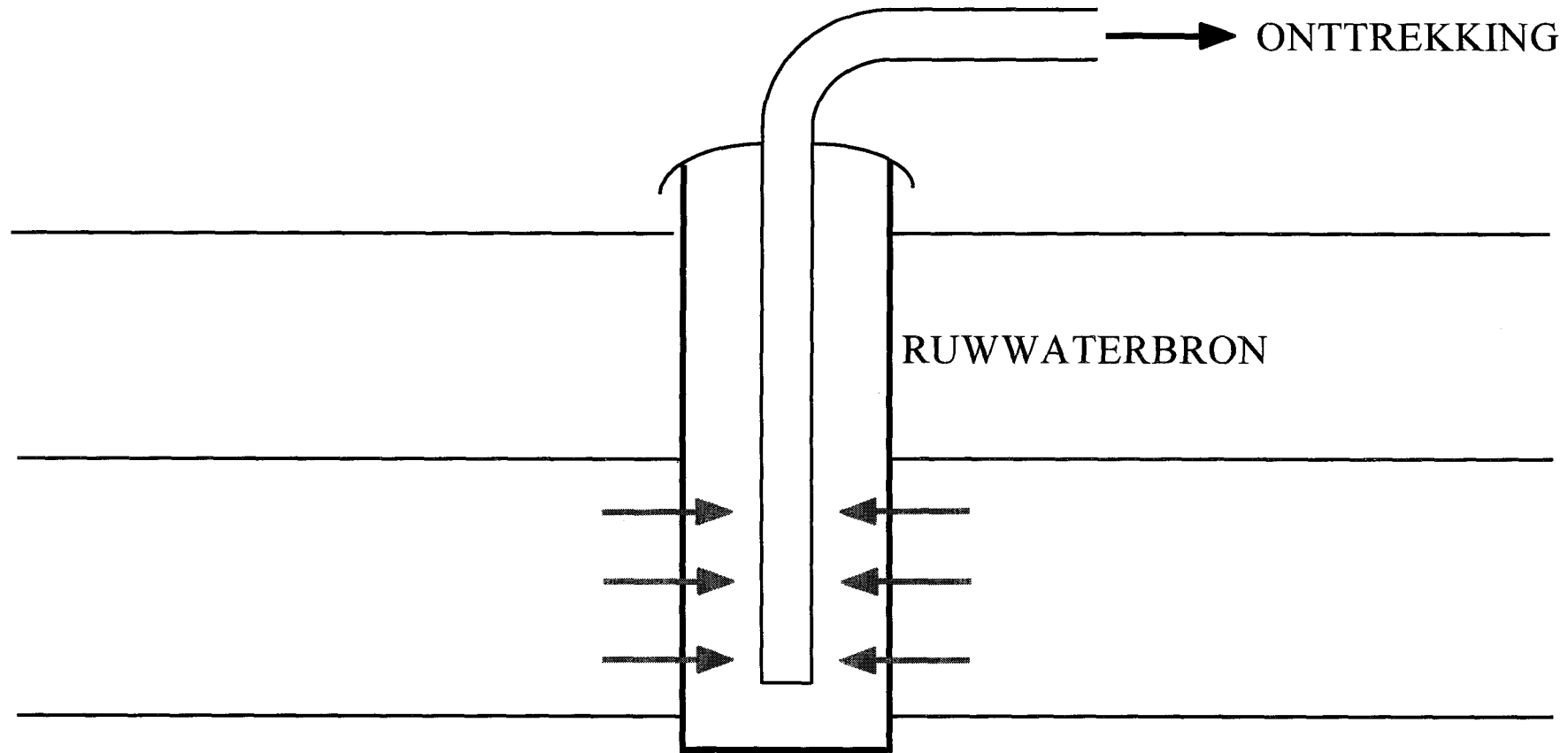
## CONCLUSIE

INFILTRATIE VAN ZUURSTOFRIJK (REIN)WATER GEDURENDE 1 à 2 DAGEN  
TOTAALVOLUME GEINFILTREERD WATER PER RUN ca. 2.000 m<sup>3</sup>



# ONTTREKKING VAN GRONDWATER GEDURENDE 40 DAGEN

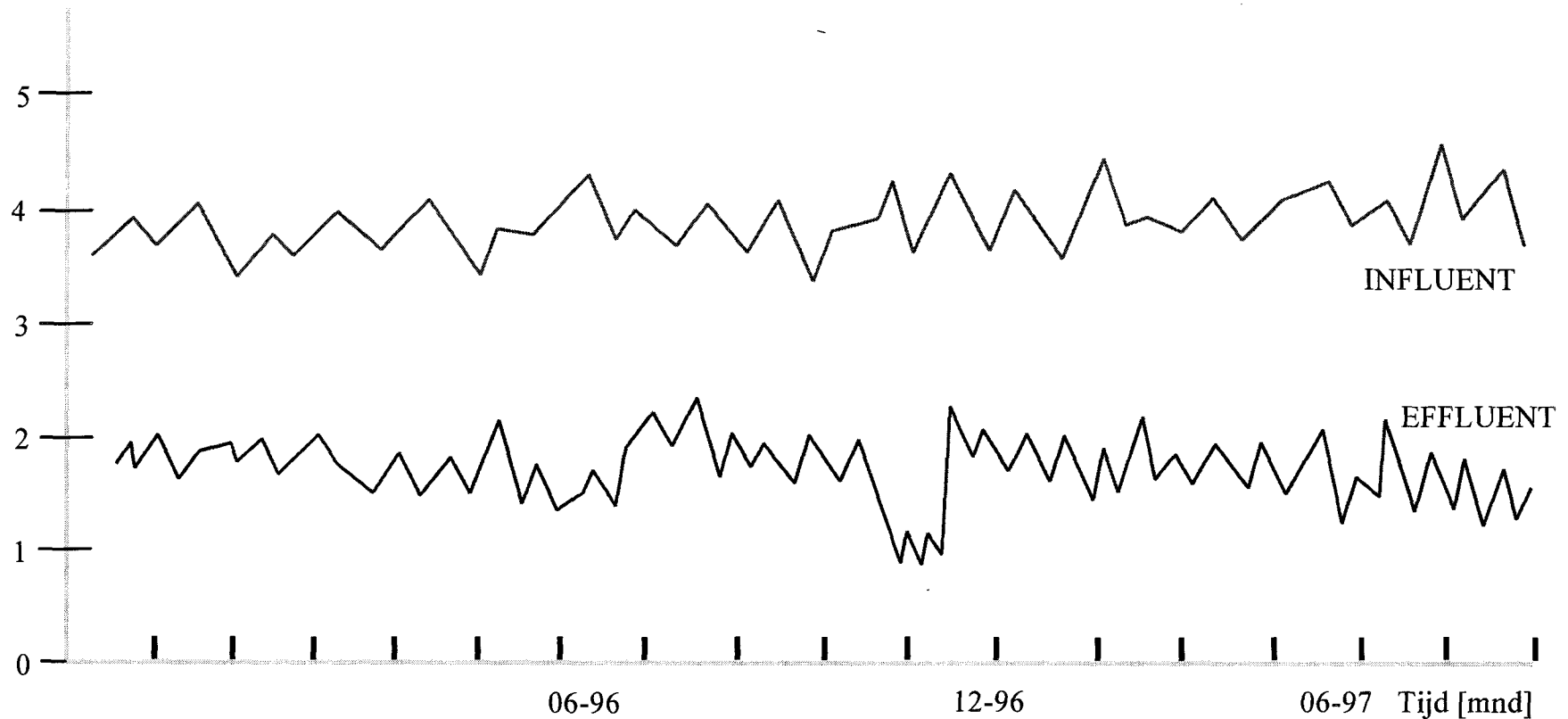
TOTAALVOLUME ONTTROKKEN WATER PER RUN ca. 50.000 m<sup>3</sup>



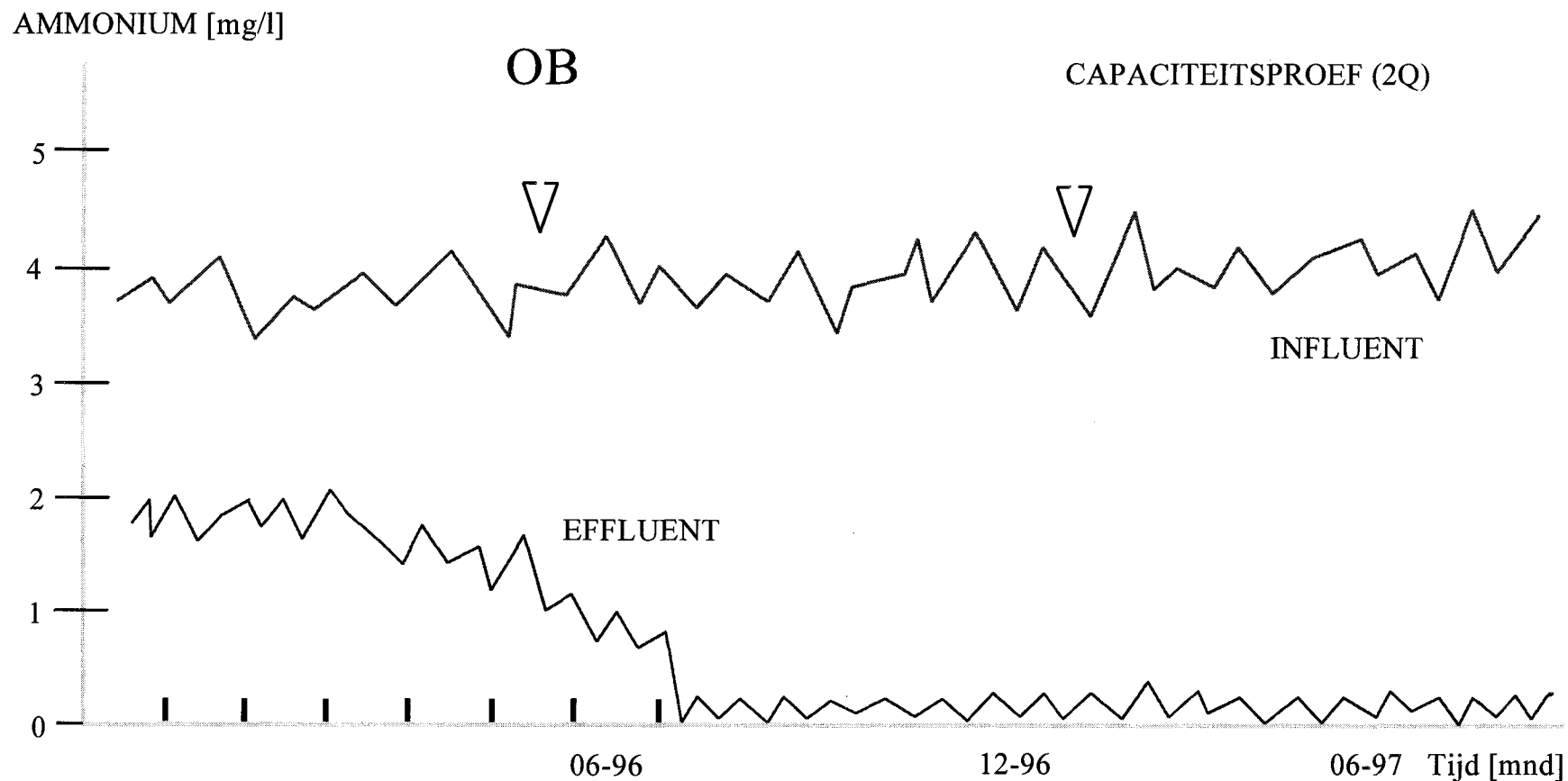
# VOORFILTER ZUIVERINGSSTATION DE PUT

# ZONDER OB

AMMONIUM [mg/l]

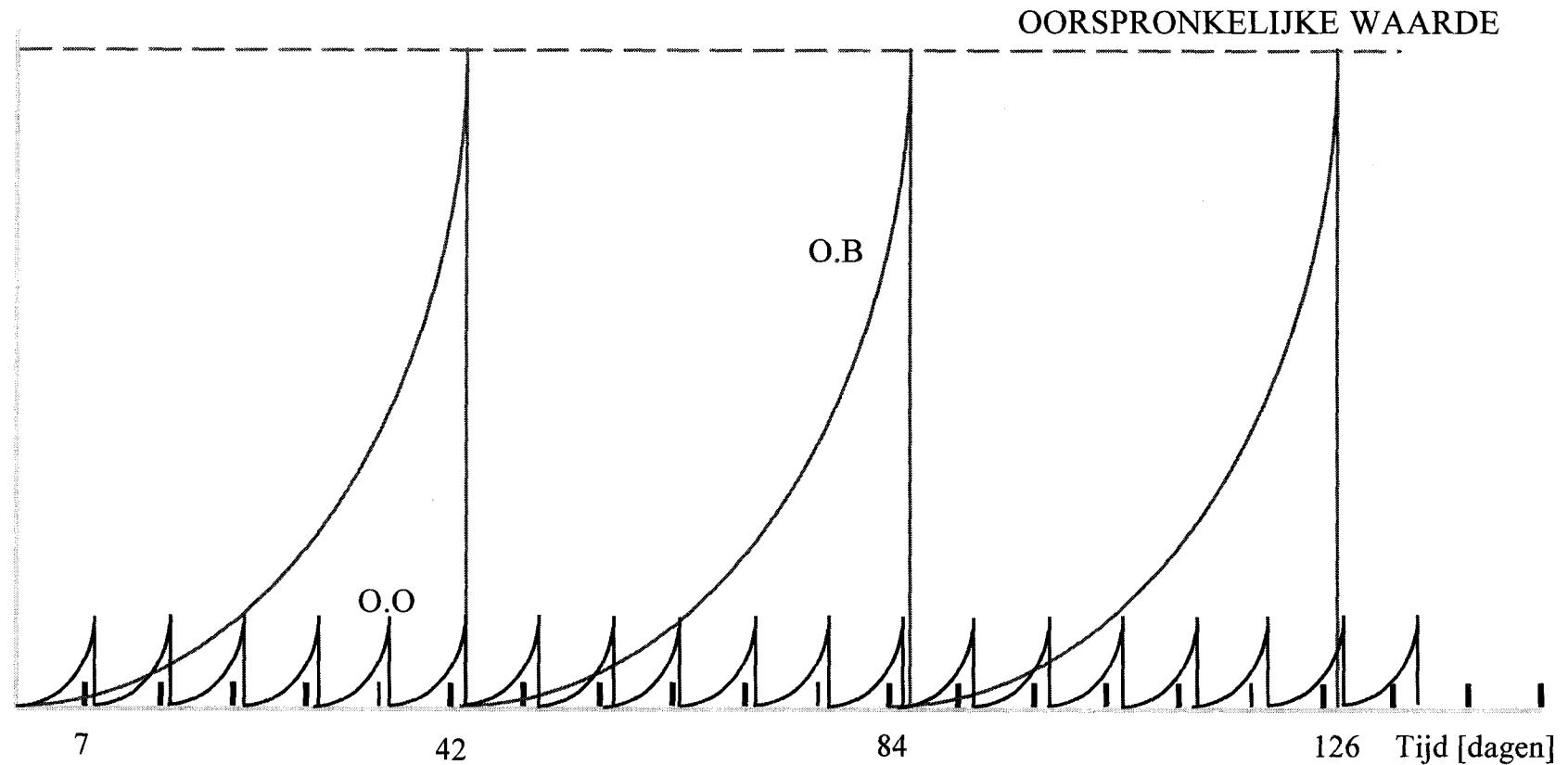


# VOORFILTER ZUIVERINGSSTATION DE PUT MET OB

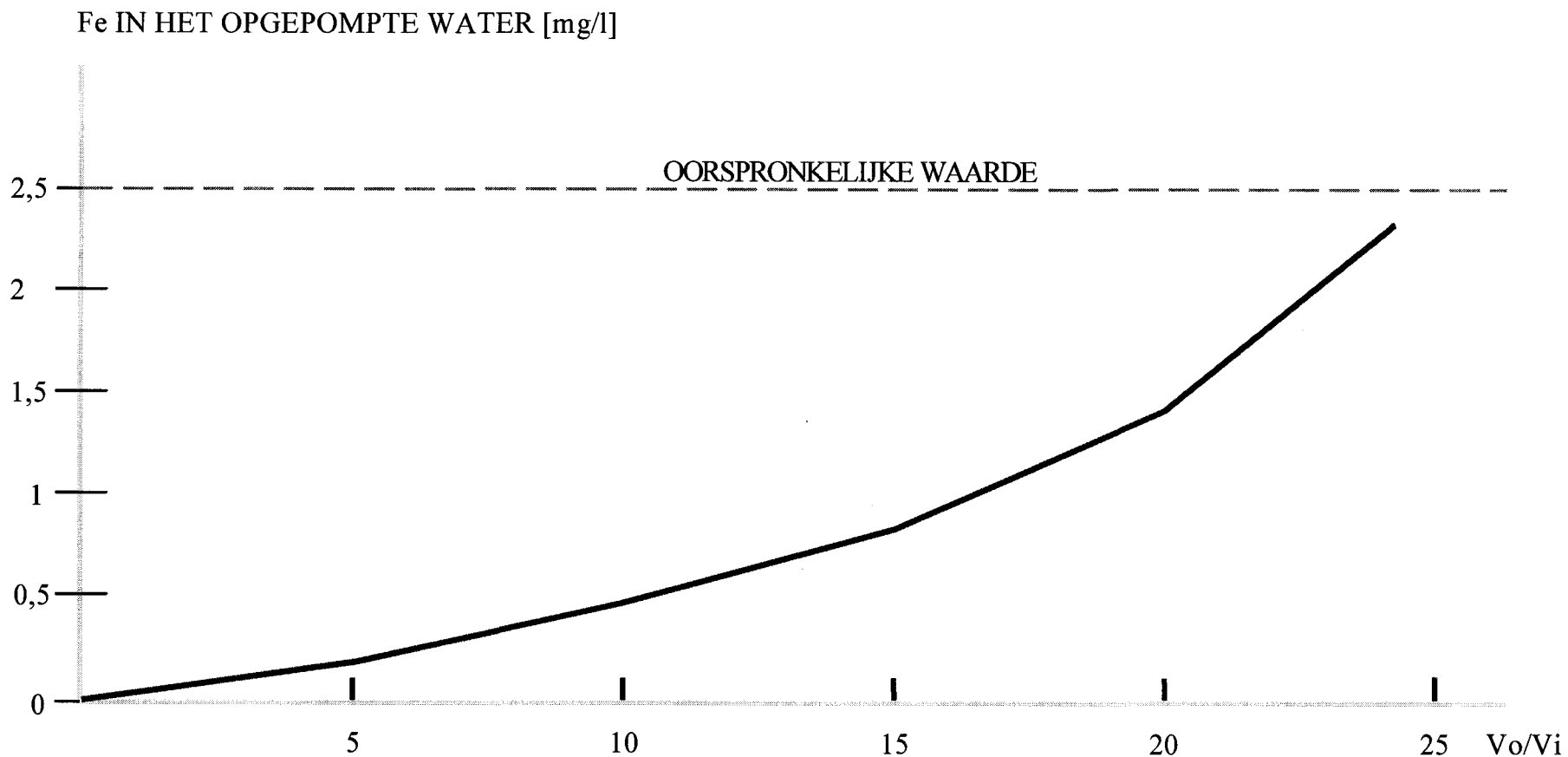


# VERSCHIL ONDERGRONDSE BELUCHTING EN ONDERGRONDS ONTIJZEREN

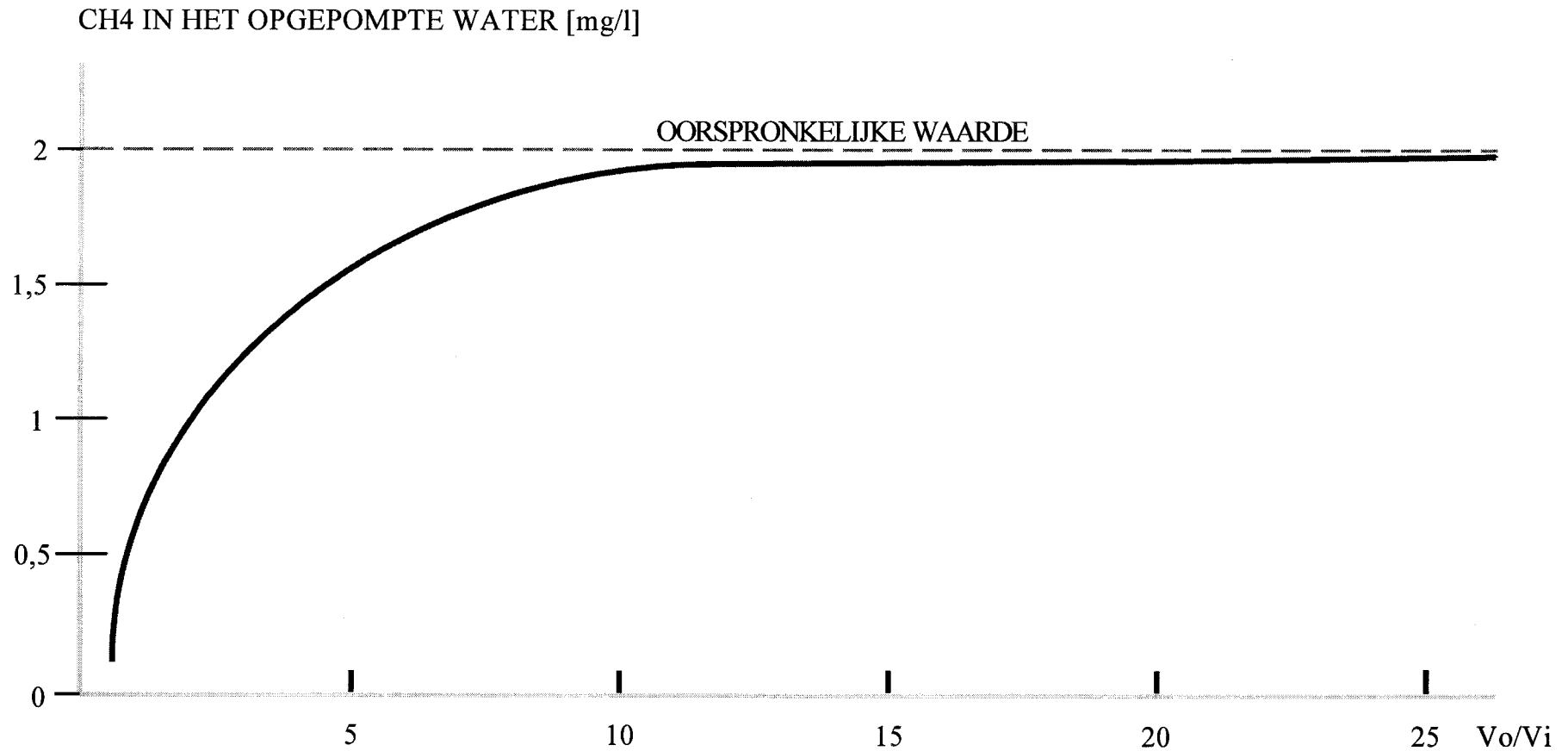
Fe IN HET OPGEPOMPTE WATER



# IJZER CONCENTRATIE VAN EEN O.B. BRON (GEMIDDELDE VAN MEERDERE RUNS)



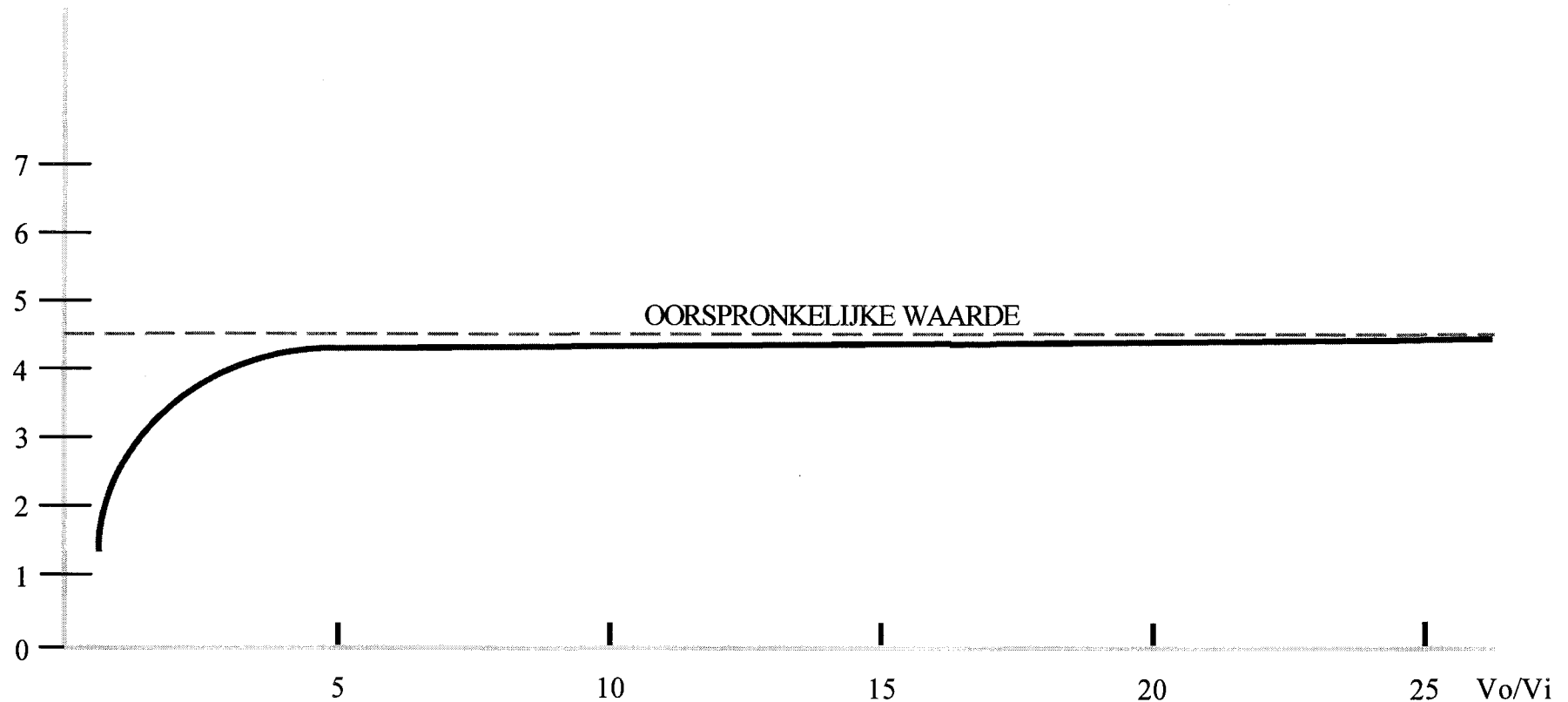
# METHAAN CONCENTRATIE VAN EEN O.B. BRON (GEMIDDELDE VAN MEERDERE RUNS)





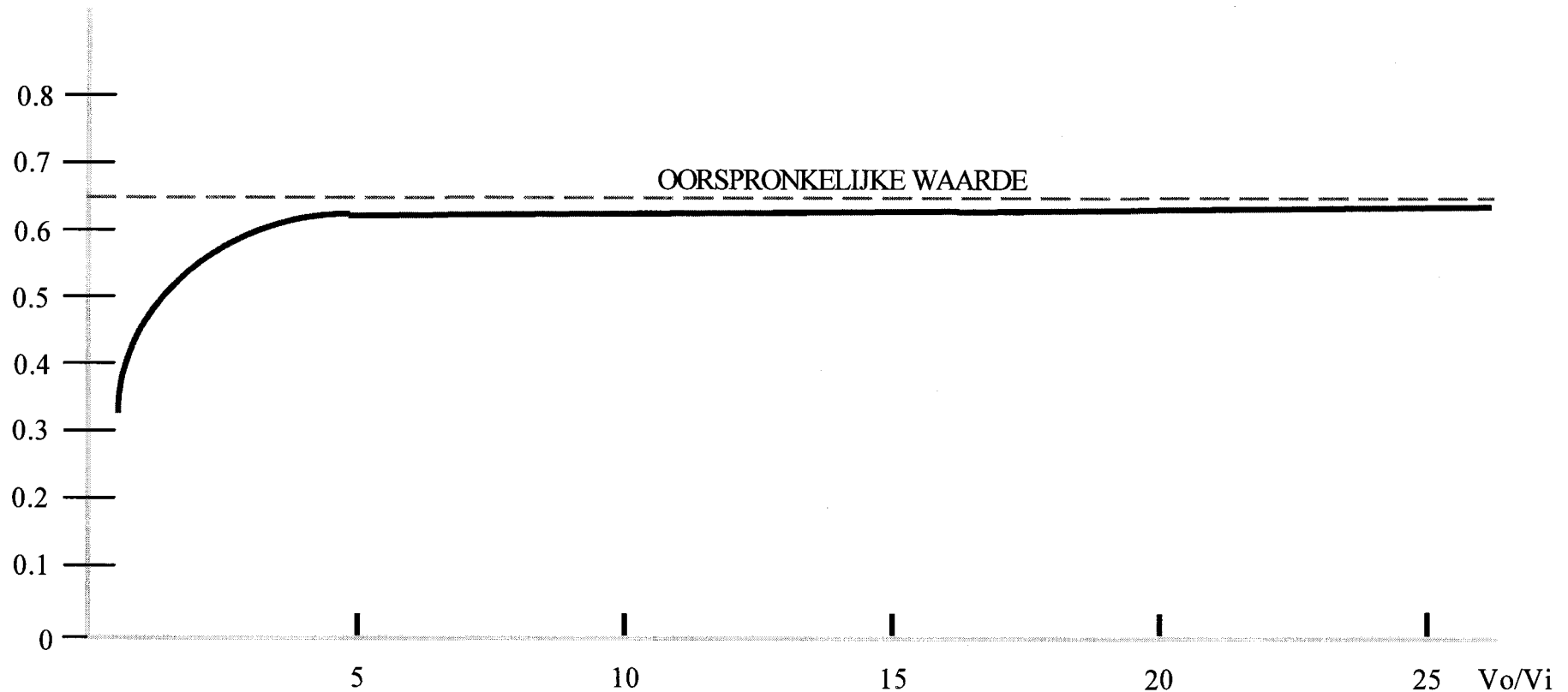
# AMMONIUM CONCENTRATIE VAN EEN O.B. BRON (GEMIDDELDE VAN MEERDERE RUNS)

NH<sub>4</sub> IN HET OPGEPOMPTE WATER [mg/l]



# MANGAAN CONCENTRATIE VAN EEN O.B. BRON (GEMIDDELDE VAN MEERDERE RUNS)

Mn IN HET OPGEpompte WATER [mg/l]



## SELECTIE UIT DE HYPOTHESES

OB VEROORZAAKT:

- HET VRIJKOMEN VAN NUTRIENTEN
- VASTLEGGEN VAN TOXISCHE STOFFEN IN DE BODEM
- MEER VESTIGINGSPLAATSEN VOOR BACTERIEN

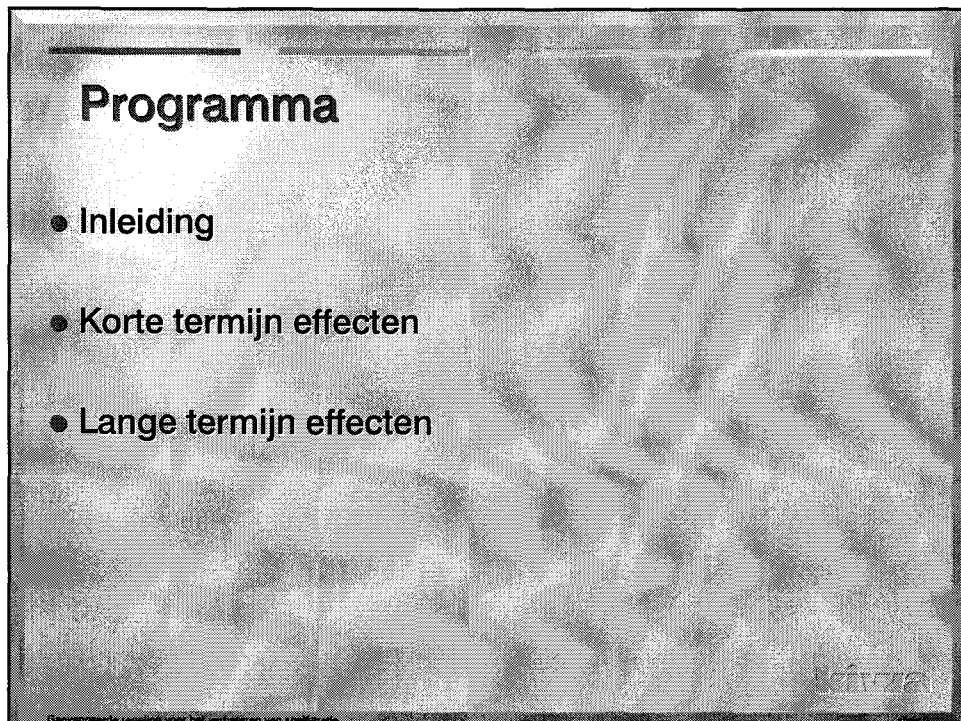
KIEMEN HYPOTHESE :

"DOOR OB ONSTAAN ONDERGRONDS KIEMEN VAN  
IJZERVERBINDINGEN, DIE ALS GROEIKERN DIENEN VOOR DE  
IJZERFLOCCULATIE"

GEVOLG: ER IS IJZERAFFZETTING MOGELIJK OP DE KORREL EN  
OP DE KIEMEN

DAAROM: ER ONTSTAAT MEER RUIMTE VOOR  
NITRIFICEERDERS OP DE KORRELS

STATUS: DE HYPOTHESE WORDT MOMENTEEL GETOETST



## Kader van het project

- **Probleem**
  - klachten van de klant
  - kosten van het spuien van het leidingnet
- **Reden**
  - te hoge ijzerconcentratie in het geproduceerde water
- **Oplossing**
  - Verlaging ijzerconcentratie in het geproduceerde water mbv geavanceerde regeling

## Geavanceerde Regelsystemen, wat zijn dat?

- Regelsystemen die geschikt zijn voor het besturen van onbekende processen
- Regelsystemen die gebruik maken van
  - Data verkregen door metingen aan het proces
  - Beschikbare kennis van experts (technologen, machinisten)om voorspellingen te kunnen doen over het gedrag van het proces

## Geavanceerde Regelsystemen, waarom?

- Het filtratieproces is complex
- Er zijn gaten in de fundamentele kennis van het filtratieproces



Niet alles is te verklaren of te voorspellen

- Geavanceerde systemen maken het mogelijk het proces als "black box" te zien en toch de kennis van experts mee te nemen

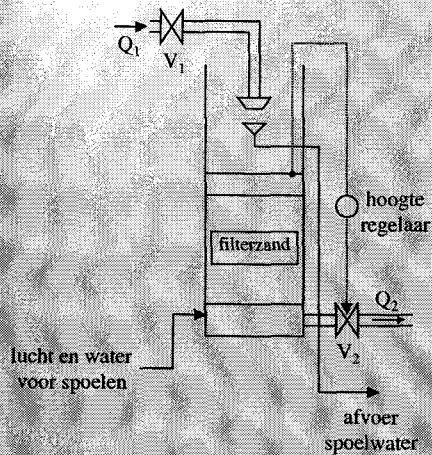
Kiwa

## Probleemstelling

- Onderzoeken van de mogelijkheden van geavanceerde regelsystemen om
  - de gemiddelde ijzerconcentratie onder een streefwaarde te houden
  - het verbruik van spoelwater te minimaliserenonder de voorwaarde dat
  - de gemiddelde filtratiesnelheid een gegeven waarde zal bedragen

Kiwa

## Proces beschrijving



- Constanten

- ruwwater kwaliteit
- zandfractie
- bovenwaterstand

- Stuurvariabelen

- filtratiesnelheid
- moment van spoelen
- spoelprocedure

## Waar kan een geavanceerde regeling helpen bij de huidige bedrijfsvoering?

- Vraag bepaalt de filtratiesnelheid:  
Niet de toestand van het filter



Korte termijn effecten

- Vervuiling van het filter bepaalt niet de  
looptijd en spoelprocedure



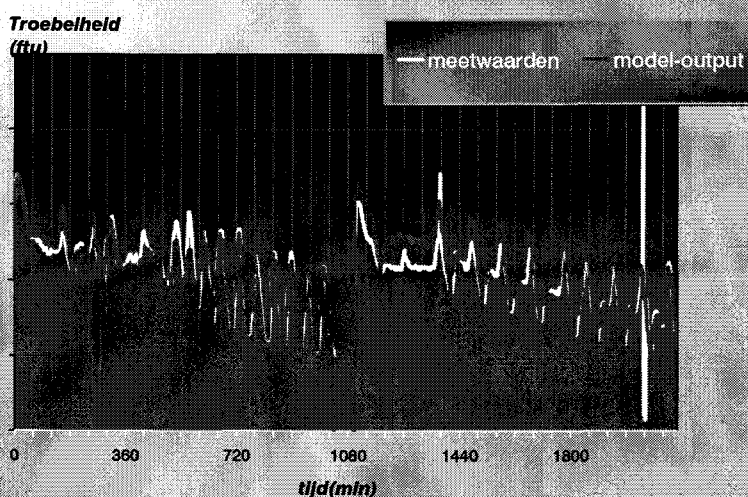
Lange termijn effecten



## Korte termijn regeling

- Doel: Optimaliseren van de filtratiesnelheid om de ijzerconcentratie binnen een looptijd te minimaliseren
- Hoe: ontwerpen van een model voor het filter dat de troebelheid kan voorspellen
- Waarom: Voorspelling maakt het mogelijk een planning te maken voor de filtratiesnelheid
- Black box benadering: geen kennis van het systeem; alleen metingen aan het filter

## Resultaten model



## Conclusies

- Het model geeft een goede beschrijving van het filter
- Met behulp van dit model kan de filtratiesnelheid over een looptijd gepland worden

## Aanbevelingen

- Experiment voor het verkrijgen van nieuwe data
- Onderzoek naar de mogelijkheden voor zelflerende modellen

## Waar kan een geavanceerde regeling helpen bij de huidige bedrijfsvoering?

- Vraag bepaalt de filtratiesnelheid:  
Niet de toestand van het filter



Korte termijn effecten

- Vervuiling van het filter bepaalt niet de looptijd en spoelprocedure



Lange termijn effecten

## Lange termijn regeling

- Doel: optimaal instellen spoelprocedure en looptijd bij een gegeven gemiddelde filtratiesnelheid
- Hoe: ontwerpen van een expert-model voor de ijzerverwijdering als gevolg van looptijd en spoelprocedure
- Waarom: data analyse lukte niet en het duurt te lang om nieuwe data te vergaren
- Vuistregels van experts worden gebruikt om de spoelprocedure en looptijd optimaal in te stellen

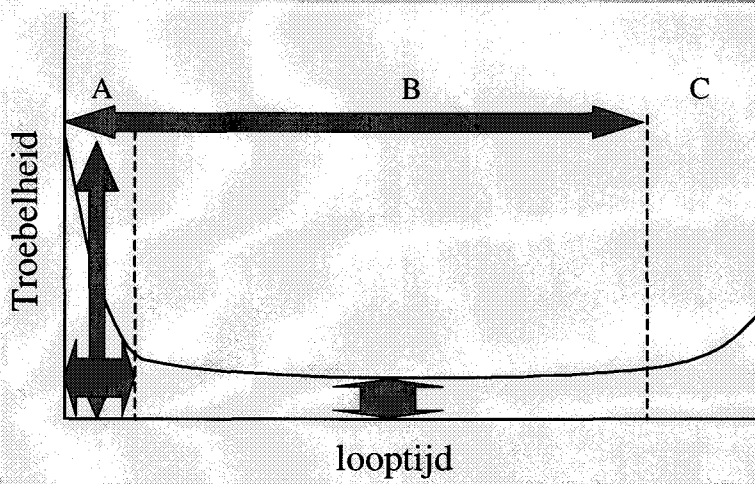
## Spoelproces

|               |               |  |
|---------------|---------------|--|
| Voorspoeling  | water / lucht | duur<br>snelheid                       |
| Hoofdspoeling | water & lucht | duur<br>luchtsnelheid<br>watersnelheid |
| Naspoeling    | water         | duur<br>snelheid                       |

## Aannames gedaan door experts

- Gezien korte duur, is de voorspoeling buiten beschouwing gelaten
- Optimale lucht-watersnelheden zijn **NIET** afhankelijk van belasting
- Spreiding is alleen afhankelijk van de hoeveelheid afgevangen ijzer en **NIET** van de filtratiesnelheid
- Naspoeling is daarom alleen afhankelijk van spreiding van het slib in het filter en **NIET** van de filtratiesnelheid
- **DUUR** van de **LUCHT-WATER SPOELING** is afhankelijk van de ijzeraccumulatie in het filter

## Invloed van looptijd en spoelduur



## Samenvatting

**ALS** water- en luchtsnelheden optimaal zijn ingesteld  
**EN** de spreiding van ijzer over het filterbed niet  
afhangt van de filtratiesnelheid

**DAN**  
wordt de  
"Schoonheid" van  
het filter bepaald  
door

Effectiviteit van de  
ijzerverwijdering tijdens  
het spoelen

Vuilheid van het filter  
voor het spoelen

## Conclusie

- Als de eerder genoemde aannames correct zijn is het model zeer eenvoudig
- Gevolg: ook een eenvoudige regeling

## Aanbeveling

- Verifiëren van de aannames

## Slot

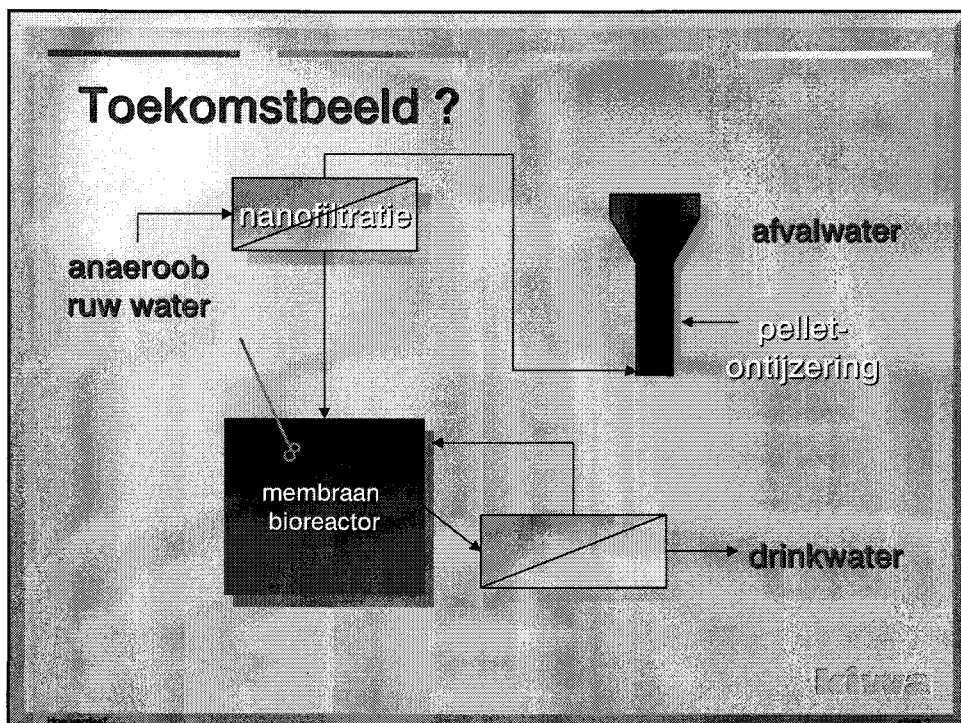
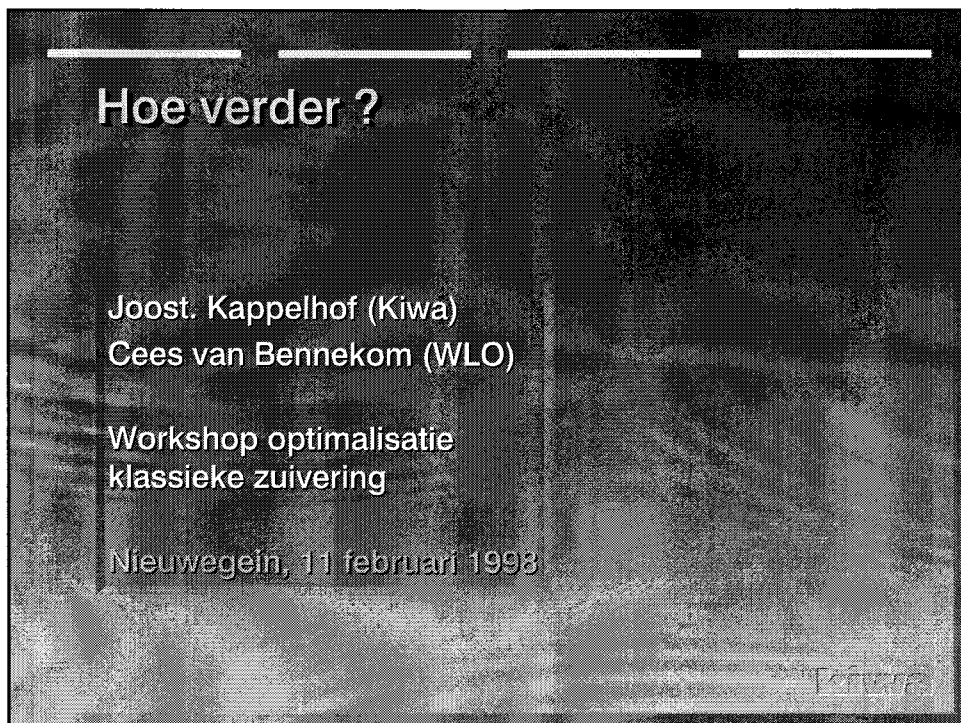
- Korte termijn regeling biedt perspectief
- Lange termijn regeling lijkt eenvoudig gezien aannames

Dank aan de WAPROG voor het beschikbaar stellen van de gegevens

## Geavanceerde regelingen verbeteren snelfiltratie

ir. J. Groennou (Kiwa)  
Dr. ir. R. Babuška (TUDelft)  
H.L.H. van Ginneken (TUDelft)

Nieuwegein, februari 1998



## Onderzoek klassieke zuivering

- In 1997 behoefte door bedrijfstak aangegeven
- Gestart (geringe omvang) met aandachtsveld, doel:
  - Behoeft waterleidingbedrijven?
  - Kansen voor optimalisatie?
- Actuele vraag:

*Optimalisatie klassieke zuivering voortzetten in onderzoek?*

KIWA

## Conclusies uit deze dag

- Veel verbeteringen te realiseren met bestaande inzichten (uit contactgroep)
- Behoeft aan meer inzichten in mechanismen
- Kansen voor geavanceerde regelingen

KIWA



## Uitwisselen bestaande inzichten

- Goede ervaringen met recirculatie voor inwerken filters (v. Paassen)
- Variaties filtratiesnelheid hebben effect op kwaliteit (Reilman)
- Beslisschema geeft spoelcriterium (Bekkers)
- Aangroei filtermateriaal kan worden beperkt (vd Broek)

## Uitwisselen inzichten (vervolg)

- Presentaties geven belangrijke ervaringen
- nog veel uitwisseling mogelijk:
  - vaststellen spoelprocedure
  - keuze filtermateriaal
  - proefonderzoek
  - beluchting
  - etc.
- uitwisselen inzichten continueren

## Continueren uitwisseling inzichten

*Voorwaarde: behoefte van en inbreng vanuit bedrijven*

- Workshops
- Kennisuitwisseling via inter- of intranet
- Idee: "beslisboom" ontwikkelen voor probleem-analyse
  - Scheiden technisch  $\Leftrightarrow$  fundamenteel

Kiwa

## Aanvullen inzichten

- Sommige verbeteringen vergen meer inzicht.  
Te verkrijgen uit:

- Uitbreiden kennis van mechanismen
- Ontwikkelen geavanceerde regelingen

Kiwa

## Fundamentele kennis uitbreiden

- Verbeteren ontijzering
  - Invloed adsorptie op ontijzering (Sharma)
  - Invloed organische stof op complexering ijzer (Ijpelaar)
  - Invloed sulfide op ontijzering
- Verbeteren nitrificatie
  - Invloed ondergronds beluchten op nitrificatie (vd Woerd)
  - Invloed fosfaat/sporenelementen op nitrificatie
- Interactie biologie – ontijzering
  - Biomassa verbetert ontijzering (Ijpelaar/van der Kooij)

## Geavanceerde regelingen

- Korte termijn effecten goed te regelen
- Middellange termijn effecten (spoelen, looptijd) moeilijker te regelen:
  - Regeling op basis van data niet snel haalbaar
  - Regelen op expert model
  - Veel gegevens nodig voor verificatie
- Winst is (mede) aantal kritische vragen:

## Vragen uit geavanceerde regeling

- Hoe stel je optimale snelheden vast voor gecombineerd spoelen?
- Korter spoelen wanneer ijzer alleen bovenin filter zit (verschil zomer/winter)?
- Is de optimale luchtsnelheid (bij gecombineerd spoelen) onafhankelijk van de belasting ?
- Geeft spoelen op belasting (na  $XX \text{ m}^3$ ) elke keer een zelfde conditie van het filterbed?
- Kan troebelheidsmeting spoelwater inzicht geven in conditie filterbed?  
⇒ *Kruisbestuiving "black box benadering" en fundamenteel*

## Waar doen we het voor?

- Verlagen vervuiling distributienet
  - Huidige inspanning spuien in NL circa Mfl 15
  - Bij 30% verlaging uitspoeling is winst circa Mfl 5 per jaar
- Verlagen spoelwaterverbruik
  - Bij reductie 30% is  $6 \text{ Mm}^3 / \text{j}$  spoelwater in NL te besparen
  - Kostenreductie: Mfl 2,4 /j heffing + circa Mfl 2,5 zuiveringskosten

## Hoe verder?

- Kennisuitwisseling!
- Fundamenteel onderzoek
  - Bij duidelijk potentiële winst
- Geavanceerde regelingen
  - Regeling korte termijn
  - Regeling middellange termijn (effect spoelen)?
  - Nuttig voor vaststellen kritische factoren

*Of toch membraanfiltratie .....*

# spoelprocessen

*maken en interpreteren uitspoelcurven  
voor lager spoelwaterverbruik  
en grotere effectiviteit*

## **OPDRACHTGEVER**

Contactgroep Filtratietechniek Grondwater

## **AUTEURS**

G.K. Reijnen en C.A. van Bennekom

## **AFDELINGEN**

behandeling en distributie van Kiwa, en zuiveringstechnologie en drinkwater van WLO

Nieuwegein/Doetinchem, september 1998

## INHOUDSOPGAVE

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | INLEIDING .....                                     | 3  |
|   | 1.1 Lagere kosten en betere kwaliteit .....         | 3  |
|   | 1.2 Verantwoorde besparing van spoelwater .....     | 3  |
| 2 | HET SPOELPROCES .....                               | 4  |
|   | 2.1 Vullen (alleen droogfilters) .....              | 4  |
|   | 2.2 Voorspoelen .....                               | 4  |
|   | 2.2.1 . Voorspoelen met water .....                 | 4  |
|   | 2.2.2 . Voorspoelen met lucht .....                 | 5  |
|   | 2.3 Gecombineerde spoeling met lucht en water ..... | 6  |
|   | 2.4 Naspoelen met water .....                       | 6  |
| 3 | SAMENSTELLING SPOELWATER .....                      | 8  |
|   | 3.1 Onderzoek .....                                 | 8  |
|   | 3.1.1 . Monsterneming .....                         | 8  |
|   | 3.1.2 . Grafische presentatie .....                 | 9  |
|   | 3.2 Resultaten .....                                | 12 |
|   | 3.2.1 . Voorspoelen met water .....                 | 12 |
|   | 3.2.2 . Lucht-waterspoelen .....                    | 13 |
|   | 3.2.3 . Naspoelen met water .....                   | 13 |
|   | 3.2.4 . Beperking spoelwaterverbruik .....          | 14 |
|   | 3.2.5 . Effectiviteit spoelproces .....             | 16 |
| 4 | AFVOER EERSTE FILTRAAT .....                        | 17 |
| 5 | AANBEVELINGEN .....                                 | 20 |

# 1 INLEIDING

## 1.1 Lagere kosten en betere kwaliteit

Verminderen van de hoeveelheid spoelwater bespaart kosten voor grondwaterheffing en grondwaterzuivering. Dat geldt in aanzienlijke mate voor die zuiveringen, waar geen spoelwater wordt teruggewonnen. De besparing bij hergebruik van spoelwater zal geringer zijn, en bestaan uit de uitgespaarde meerkosten voor de spoelwaterbehandeling.

Tijdens de Workshop Optimalisatie Klassieke Grondwaterzuivering op 11 februari 1998 werd geschat dat in Nederland circa 5 miljoen gulden per jaar is te besparen door te stoppen met spoelen als er nauwelijks meer slib wordt afgevoerd. Effectiever ijzerslib verwijderen door spoelen is vaak mogelijk en leidt tot een betere ontijzering. Daarmee kan ook circa 5 miljoen gulden per jaar worden uitgespaard aan reinigingskosten van het distributienet. De mogelijke besparing van 10 miljoen gulden vormt de aanleiding tot het schrijven van deze notitie.

## 1.2 Verantwoorde besparing van spoelwater

Voorliggende notitie biedt suggesties om te komen tot een effectieve spoeling en/of verantwoorde besparing van spoelwater. Besparing zal vooral haalbaar kunnen zijn voor het spoelen van snelfilters die:

- gezien de belasting met ijzer te frequent worden gespoeld;
- een relatief hoog spoelwatergebruik per spoelbeurt hebben (stel  $> 10 \text{ m}^3/\text{m}^2$  filterbed);
- die lang nagespoeld worden met water (stel  $> 8-10$  minuten).



## 2 HET SPOELPROCES

Voor de beeldbepaling wordt hier aangegeven hoe het spoelproces in Nederland in de meeste gevallen is opgebouwd, met vermelding van:

- *het beoogde doel*  
of de filosofie, want het doel wordt niet altijd bereikt, of het is niet bekend of het doel bereikt wordt
- *de praktijk*  
deze is gebaseerd op praktijkwaarneming en ervaring, niet op preciese weergave op basis van onderzoek
- *de effectiviteit*

bedoeld wordt het aandeel dat de spoelfase heeft bij het afvoeren van slib  
Het verhogen van de effectiviteit van de spoeling door verhoging van de spoelwatersnelheid tot bedexpansie optreedt, wordt niet uitvoerig behandeld, maar wel genoemd.

De illustraties spreken voor zich. De methoden om ze te maken wordt in hoofdstuk 3 uitgelegd.

### 2.1 Vullen (alleen droogfilters)

*Doel:*

Vullen met water omdat de lucht-waterspoeling anders niet effectief is. Lucht door een filterbed zonder water maakt niets los.

*Praktijk:*

Meestal wordt gevuld met dezelfde spoelwatersnelheid waarmee wordt nagespoeld (zie voorspoelen met water hierna). Er wordt vaak nog even doorgespoeld als het filter al vol staat met water. "Alvast wat slib verwijderen", is de gedachte daar achter.

*Effectiviteit/noodzaak:*

Vullen is noodzakelijk, doorgaan met voorspoelen heeft alleen zin als bepaald is dat een relevante hoeveelheid slib wordt afgevoerd. Zie verder "voorspoelen met water".

### 2.2 Voorspoelen

In veel gevallen wordt voorgespoeld. Dat gebeurt met water of met lucht. De keuze is meestal bedrijfsvoorkeur. De filosofie "dat het goed is" lijkt meestal belangrijker dan de werkelijke effectiviteit.

#### 2.2.1 Voorspoelen met water

*Doel:*

Afvoeren loszittend slib uit de bovenlaag, om te voorkomen dat dit tijdens de lucht-waterspoeling voor een deel in het filterbed komt.

*Praktijk:*

Meestal 3-5 minuten met dezelfde spoelwatersnelheid als tijdens het naspoeien. Die is meestal 10-35 m/h en daarmee te laag voor bedexpansie, op enkele locaties 40-60 m/h, voldoende voor een geringe bedexpansie van de fracties 0,8-1,2 respectievelijk 1-2 mm.

*Effectiviteit/noodzaak:*

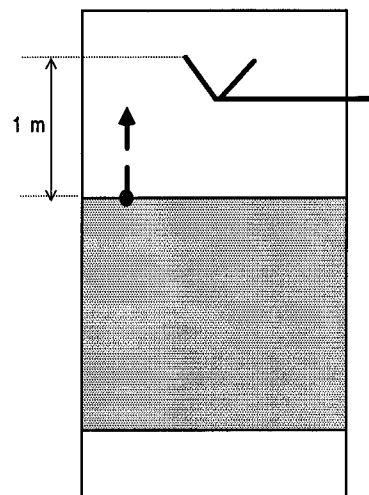
Moet per locatie bepaald worden; geen afvoer slib, geen nut! Grotere effectiviteit door voorspoelen met bedexpansie.

#### Effectiviteit voorspoeling

Dat de effectiviteit van een voorspoeling met een zeer lage snelheid beperkt kan zijn, maakt een eenvoudige berekening duidelijk. Als in een filter met afstand spoelgoot-filterbedoppervlak van 1 meter (zie afbeelding) gedurende 3 minuten met 12 meter per uur wordt voorgespoeld, dan legt het water afkomstig van het filterbedoppervlak gemiddeld 0,6 meter in opwaartse richting af. De afstand die het slib aflegt is geringer, aangezien het tegen de stroomrichting van het water in bezinkt. Dit voorbeeld is ontleend aan filters die worden voorgespoeld met de halve spoelwatersnelheid van de maximale snelheid welke bij het naspoelen wordt toegepast.

Zelfs na 5 minuten heeft het slib van het filterbedoppervlak de overstort nog niet bereikt. Het slib uit het filterbed blijft daar nog ver van weg. Wordt na 5 minuten de voorspoeling beëindigd en overgegaan op luchtspoeling, dan is er nog in het geheel geen slib afgevoerd en heeft de voorspoeling dus niet tot het beoogde doel geleid.

In dit geval zou aflaten van het met slib vervuilde bovenwater door een afvoer net boven het filterbed een effectieve maatregel zijn. Tevens wordt daarmee verlies van filtermateriaal, direct na het starten van de luchtspoeling, voorkomen. Overigens wordt bij veel filters het filterbed tijdens voorspoelen enkele malen ververs.



### 2.2.2 Voorspoelen met lucht

#### Doel:

Losmaken filterbed. COFICO beveelt dit aan als het filterbed sterk is samengekleefd. Voor dubbellaagsfilters, die niet met een gecombineerde lucht-waterspoeling mogen worden gespoeld, is losmaken van slib en aangroei het doel.

#### Praktijk:

Duur meestal 3-5 minuten voor enkellaagsfilters, met de halve of zelfde snelheid als tijdens de gemengde lucht-waterspoeling (bij 2 parallel geschakelde blowers soms één in bedrijf)

#### Effectiviteit/noodzaak:

Moeilijk aan te geven en ook nauwelijks te bepalen. Zal per situatie verschillen. COFICO 9 stelt dat door voorspoelen met lucht scheuren en kanalen kunnen ontstaan. Daarom mag dit alleen als het er op volgende spoelproces deze onregelmatigheden weer opheft. Niet aangegeven wordt hoe dat moet. Dubbellaagsfilters moeten na de luchtspoeling met expansie worden gespoeld om beide lagen weer te scheiden. onregelmatigheden worden daardoor opgeheven.

#### Voorkom materiaalverlies:

Het is goed de luchtspoeling te beginnen nadat het bovenwater is afgelaten, zodat na het starten van de luchtspoeling het door de lucht uit het filterbed verdreven water nog net onder de rand van de spoelgoot staat. Hiermee wordt voorkomen dat filtermateriaal wordt weggespoeld. Dit is nog belangrijker als het lichtere en duurere hydroanthraciet is gebruikt als filtermateriaal voor enkellaags- of dubbellaags-filtratie. Wel-

licht is dit de belangrijkste reden de lucht-waterspoeling bij enkellaagsfilters korte tijd (0,5-1 minuut) vooraf te laten gaan door lucht alleen.

*Voorstel:*

Neem dit aspect mee in onderzoek en geef de resultaten door aan de Contactgroep Filtratietechniek Grondwater.

## 2.3 Gecombineerde spoeling met lucht en water

*Doel:*

Losmaken én afvoeren slib.

*Praktijk:*

Duur 3-10 minuten en soms wel 15 minuten of nog meer.

Luchtsnelheid 40-70 m/h voor de meest gebruikte grindfracties liggend in de range  $D_5$  0,8 mm en  $D_{90}$  tot 2,5 mm, tot wel 100 à 120 m/h voor grovere fracties in de range  $D_{10}$  vanaf 2,5 mm en  $D_{90}$  tot 5 mm.

N.B. Een grenswaarde voor de korrelgrootte, waarbij 100 m/h zonder problemen kan worden toegepast, is niet bekend. Het zal mede afhangen van de luchtverdeling, die wordt bepaald door de luchtverdeling onder de spoeldoppenbodemp, het type spoeldop en het aantal spoeldoppen per m<sup>2</sup>.

De watersnelheid ligt meestal tussen 5 en 10 m/h, conform de aanbeveling in COFICO 9, doch snelheden tot 30 m/h komen voor, voornamelijk bij grovere korrelfracties filtermateriaal.

*Effectiviteit/noodzaak:*

De meest effectieve fase van het spoelproces. In COFICO 9 wordt aangegeven dat verhogen van de luchtsnelheid de effectiviteit niet vergroot, maar verhogen van de watersnelheid, tot boven de genoemde 5-10 m/h, de effectiviteit wel kan doen toenemen. *Hier valt winst te halen!* Voor een grindfractie 1,7-2,5 mm bleek bijvoorbeeld de combinatie lucht 55 m/h en water 20 m/h effectief zonder verstoring van de processen.

*Risico:*

Te lang of met een te hoge luchtsnelheid spoelen vermindert de ontmanging en nitrificatie, als gevolg van losschuren en afvoeren van teveel bacterien en/of katalytisch actief mangaanoxide.

Een te hoge luchtsnelheid kan leiden tot een langdurig slechtere ontijzering na het spoelen, als gevolg van een snelle migratie van filtermateriaal (luchtlift-effect). Die migratie is het gevolg van circulatiestroming van het filtermateriaal door grotere dichtheidsverschillen van plaatsen met veel lucht en plaatsen met weinig lucht.

Deze circulatiestromen zijn waargenomen in doorzichtige proeffilters.

## 2.4 Naspoelen met water

*Doel:*

Verwijderen van los slib, om te voorkomen dat dit in het filtraat komt..

*Praktijk:*

Meestal wordt de spoelduur ingesteld op visueel schoon spoelwater en bedraagt deze 5- 25 minuten.

*Hier valt vaak te besparen, zie volgende hoofdstuk.*

De spoelwatersnelheid bedraagt meestal 20-35 m/h, zonder bedexpansie, en op enkele locaties 40-60 m/h, voldoende voor een geringe bedexpansie van de fracties 0,8-1,2 respectievelijk 1-2 mm. In een zeer groot aantal gevallen is er geen sprake van bedexpansie!

*Effectiviteit/noodzaak:*

Het relatieve aandeel in de totale slibafvoer van een spoelbeurt is beperkt, zeker als zonder bedexpansie wordt nagespoeld. Naspoelen is echter noodzakelijk.

*Materiaalverlies*

Materiaalverlies treedt op als direct na de lucht(water)spoeling de watersnelheid in korte tijd sterk wordt verhoogd. De daardoor versneld uitgedreven lucht leidt tot fikse wervelingen en voorkeurstromen, waardoor materiaal uitspoelt.

*Voorkom materiaalverlies door:*

- eerst uit laten borrelen, eventueel met handhaven van de lage watersnelheid van de gecombineerde spoeling;
- vervolgens de snelheid langzaam verhogen (in halve tot hele minuut). Vooral bij naspoelen met hogere snelheden is dit een noodzaak!

## 3 SAMENSTELLING SPOELWATER

### 3.1 Onderzoek

Voorspoelen met water, lucht-waterspoelen en naspoelen met water verwijdert slib. Het spoelwater bevat ijzer, mangaan en biomassa (levende en dode bacterien). Er zijn 2 redenen om te bepalen hoeveel slib wordt uitgespoeld en hoe dit uitspoelen is verdeeld over de duur van het spoelproces:

1. Bepalen of voorspoelen met water slib verwijdert;
2. Bepalen wanneer naspoelen met water kan worden gestopt;
3. Bepalen welk deel van het gedurende de laatste looptijd verwijderde ijzer en mangaan wordt uitgespoeld.

Ad 1

Voorspoelen heeft geen zin als weinig slib wordt uitgespoeld.

Ad 2

Spoelen met water kan worden gestopt als het spoelwater nog maar weinig slib afvoert. Voor ijzer en mangaan is dat de laatste jaren bepaald, voor biomassa niet. In feite is dit, voor filters waarin bacteriële processen een rol spelen, een omissie voor een verantwoorde bepaling van het moment waarop het spoelen met water kan worden beëindigd. Een goede afvoer van biomassa kan problemen met bijvoorbeeld *Aeromonas* bacteriën voorkomen of uitstellen. Het is overigens niet bekend of afvoer van losgemaakte biomassa langer naspoelen met water vergt. Een hogere spoelfrequentie of naspoelen met bedexpansie zullen vermoedelijk veel effectiever zijn voor het uitstellen van bacteriologische problemen, dan langdurig naspoelen met een lage watersnelheid (N.B. verwijderen van methaan door beluchten voor de filtratie blijft sterk aan te bevelen voor het voorkomen van bacteriologische problemen; zie Kiwa mededeling 123)..

Ad 3

Als de verwijdering van ijzer duidelijk onder 100% ligt (60% en minder is wel bepaald), is het soms mogelijk het rendement te verbeteren, bijvoorbeeld door met een hogere snelheid na te spoelen met water.

Niet bekend is of dit alleen is toe te schrijven aan een geringe effectiviteit van de spoeling, of aan aangroei van ijzer op het filtermateriaal die niet is uit te spoelen.

In de volgende paragrafen wordt aangegeven hoe dit onderzoek kan worden uitgevoerd.

#### 3.1.1 Monsterneming

De monsterneming is de achilleshiel van het maken van de spoelcurve. Er zijn drie methoden mogelijk, die *bruikbaar*, *beter* en *goed* zijn.

### Bruikbaar

Schep elke halve minuut een monster water net buiten de spoelgoot, *beweeg tijdens het vollopen in de lengte van de goot en stoot niet tegen de spoelgoot!*

Nadeel is dat een goede balans tussen afgezet en uitgespoeld ijzer en mangaan minder nauwkeurig is te maken en aan het einde van de waterspoeling zijn er wolkjes ijzer te zien. Welk deel daarvan schep je mee?

### Beter

Neem gedurende een halve minuut een tijd-proportioneel monster uit een monsterkraan in de spoelwater afvoerleiding, mits deze niet het over de onderkant van de leiding lopende slib meevoert (eventuele monsterkraan aan de onderkant van insteekbuis voorzien).

Nadeel is dat slib, dat over de onderkant van de leiding loopt, niet wordt meegenomen. Dat is uiteraard ongunstig is voor de balans tussen afgezet en uitgespoeld ijzer en mangaan.

### Best

Zuig met een pompje continu water aan door een monsterpijp met gaatjes die langs de spoelgoot wordt gehouden. Verzamel (tijd-proportionele) monsters van een halve minuut.

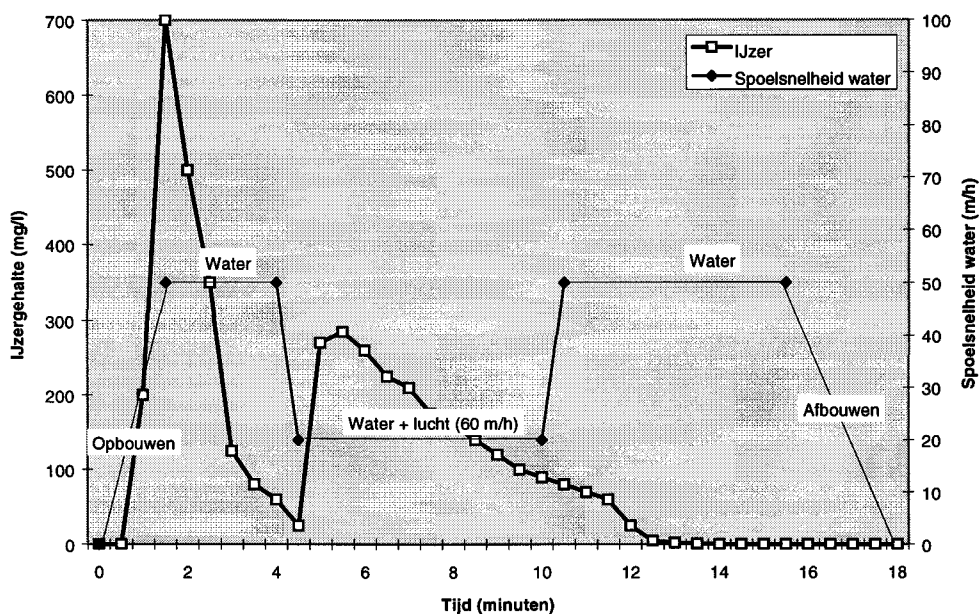
Opmerking: een volume-proportionele monsterneming is ook een mogelijkheid.

## 3.1.2 Grafische presentatie

Afhankelijk van het doel worden de volgende grafische presentaties gemaakt:

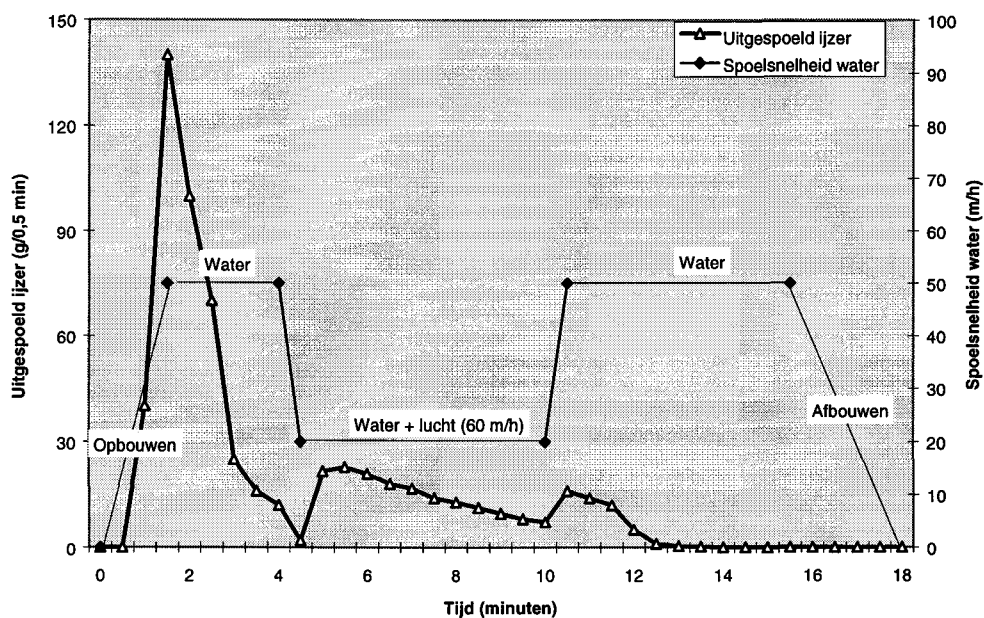
- Concentratie ijzer en mangaan tegen de spoelduur
- De hoeveelheid ijzer en mangaan tegen de spoelduur
- Cumulatief percentage afgespoeld ijzer en mangaan.

Afbeelding 1 Concentratie ijzer tegen de spoelduur



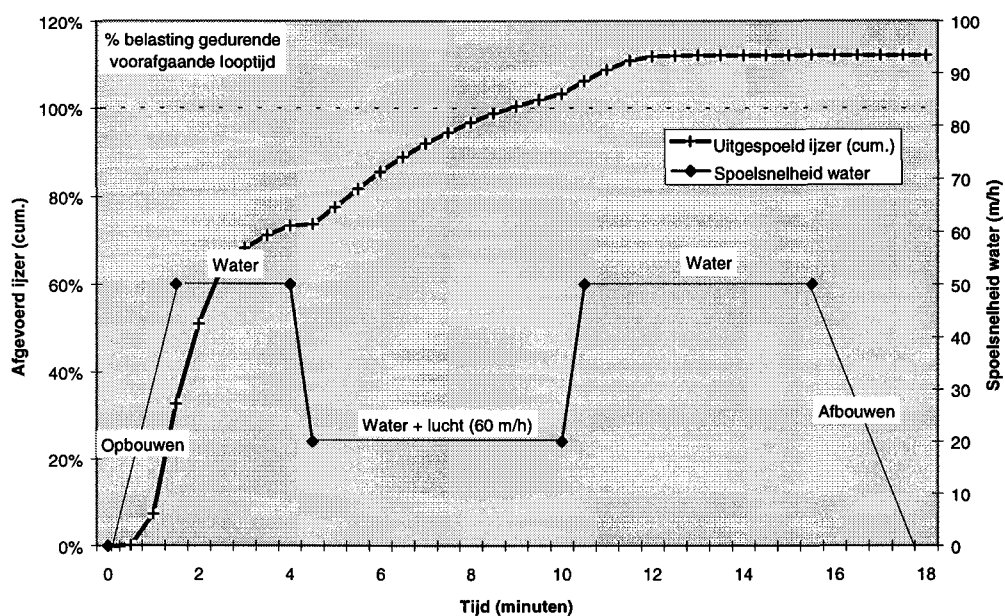
In dit voorbeeld is de concentratie ijzer in verzamelmonsters van 0,5 minuut (Tijdproportioneel) uitgezet tegen de spoelduur. Het spoelproces is visueel weergegeven. Nadeel is dat de volumestroom spoelwater niet is meegenomen, waardoor de verdeling van de uitgespoelde hoeveelheid over de spoelduur niet zichtbaar is.

Afbeelding 2 IJzervracht tegen de spoelduur



Hier zijn de gegevens van de vorige spoelcurve gebruikt, maar zijn concentratie en volume gedurende het verzamelen van een monster, (0,5 minuut) vermenigvuldigd. Daardoor wordt een goed beeld van de verdeling van de uitgespoelde hoeveelheid over de spoelduur verkregen.

Afbeelding 3 Cumulatief percentage uitgespoeld ijzer





Een cumulatieve weergave als in afbeelding 3 geeft :

- Het beste zicht op de effectiviteit van een spoeling;
- De beste indruk van het rendement van de spoelfasen.

De hoeveelheden uit de vorige grafiek zijn gedeeld door de bekende hoeveelheid ijzer die gedurende voorafgaande looptijd werd verwijderd. Door bij het percentage van een periode (van een halve minuut) de percentages van de voorafgaande perioden op te tellen, is cumulatieve percentage als functie van spoelduur verkregen.

Let op:

Voor een betrouwbaar beeld dient dit onderzoek plaats te vinden na het voltooien van een normale volledige looptijd. De kans dat na een halve looptijd een rendement > 100% wordt berekend is anders groot (als gerekend wordt met de verwijderde hoeveelheid ijzer gedurende die halve looptijd). Resterend ijzer van vorige looptijden zal ook worden uitgespoeld.

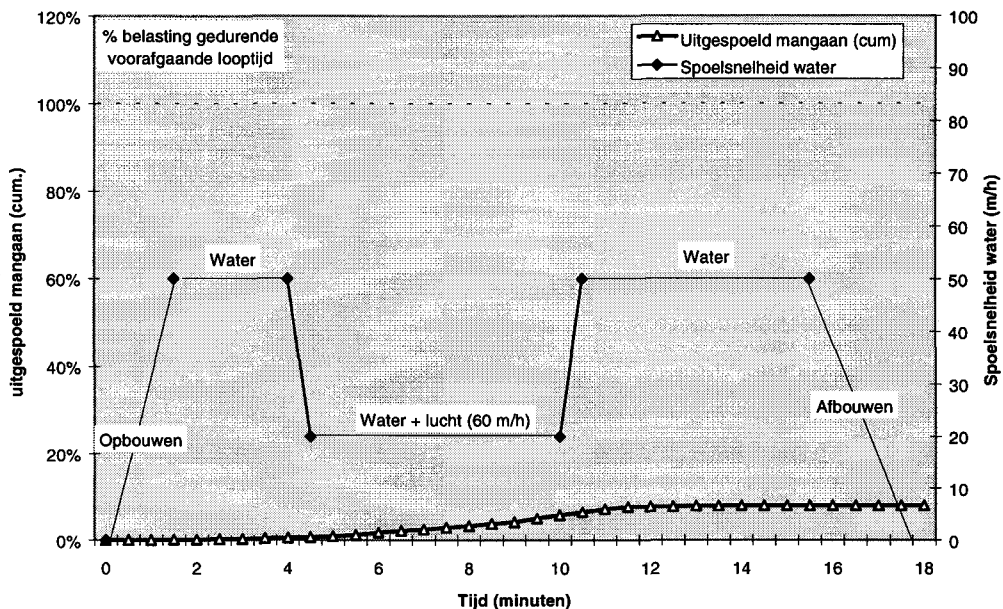
## 3.2 Resultaten

In de volgende paragrafen zijn enkele ongewijzigde originele werk-grafieken uit de praktijk opgenomen ter illustratie, of wordt verwezen naar reeds gebruikte grafieken. De werkgrafieken tonen hoe het gebeurt. Mooier hoeft niet.

### 3.2.1 Voorspoelen met water

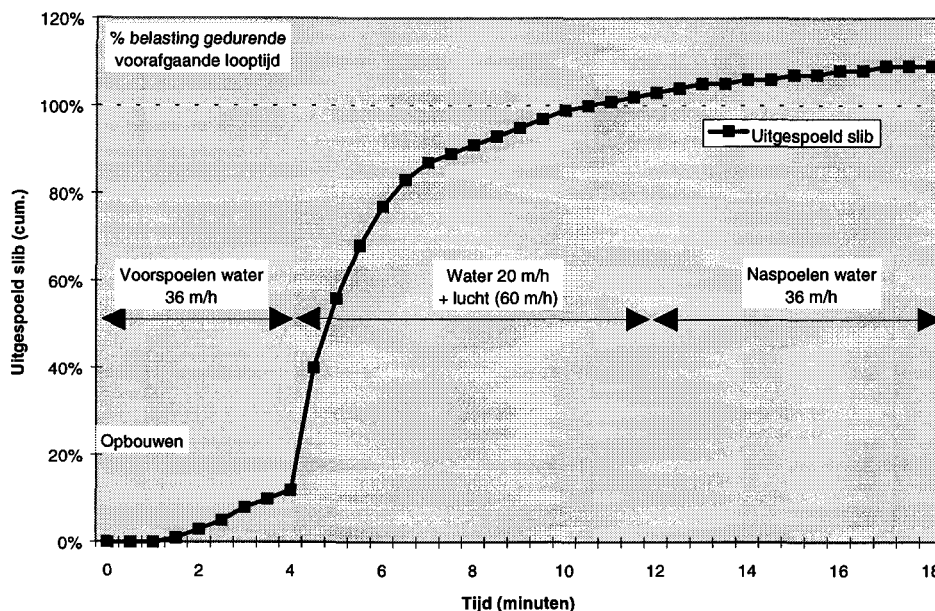
De afbeeldingen 1-3 illustreren dat voorspoelen *met bedexpansie* in dit geval zeer effectief is voor het verwijderen van ijzer. Voor mangaan is voorspoelen met bedexpansie niet effectief, zie afbeelding 4.

Afbeelding 4 Van mangaan wordt maar zeer weinig uitgespoeld.



Afbeelding 5 en 6 toont een voorbeeld van een lage effectiviteit van voorspoelen met water, zonder bedexpansie (36 m/h voor grind 1,7-2,5 mm)

Afbeelding 5 Voorspoelen zonder bedexpansie heeft in dit geval weinig rendement



### 3.2.2 Lucht-waterspoelen

De gecombineerde lucht-waterspoeling is zeer effectief voor het verwijderen van ijzer, en zorgt voor een geringe mangaanverwijdering. Zie de afbeeldingen 1-5.

De periode direct na het starten van de lucht-waterspoeling levert het grootste aandeel in de afvoer van ijzer. Lang spoelen met lucht- en water is voor het verwijderen van ijzer niet effectief, zie bijvoorbeeld afbeelding 5.

Mangaan wordt vermoedelijk losgeschuurd door de lucht-waterspoeling en dat gaat door. Er is geen sprake van een beginpiek. Lang spoelen zal daardoor plaatselijk teveel van het katalytisch actieve  $Mn_3O_4$  verwijderen, of mangaan-oxiderende bacteriën waardoor de ontmanganingscapaciteit afneemt. Lang doorspoelen met lucht en water is voor mangaan daarom niet gewenst, en tevens niet noodzakelijk. Het merendeel blijft toch in het filterbed achter.

### 3.2.3 Naspoelen met water

Afbeelding 1 toont dat naspoelen met water, in dit voorbeeld met bedexpansie, geen verhoging van de ijzerconcentratie in het spoelwater tot gevolg heeft. Elders kan dat best anders zijn. De hoeveelheid afgevoerd ijzer per tijdseenheid is korte tijd wel hoger, omdat de spoelsnelheid toeneemt tijdens het naspoelen, zie afbeelding 2. Groot voordeel van naspoelen met bedexpansie is dat het filtermateriaal loskomt én kan draaien. Daardoor komt alle ijzerslib in de stroombanen terecht en wordt het snel meegevoerd en verwijderd.

Van mangaan wordt door dit naspoelen nog maar weinig uitgespoeld tijdens de eerste tijd van het naspoelen. Al snel treedt geen verwijdering meer op, zie afbeelding 4.

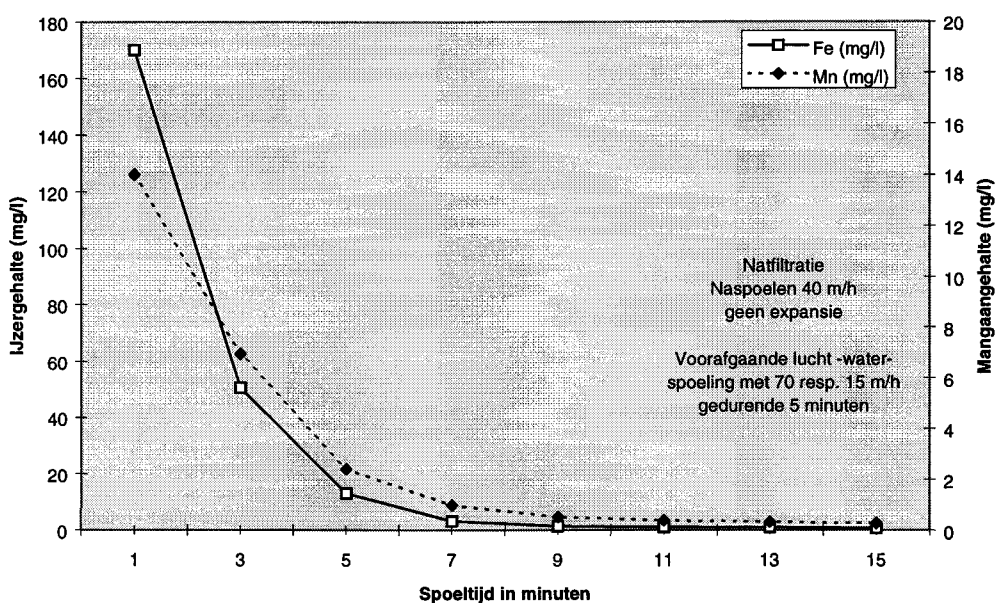
De benodigde tijd voor het naspoelen met water, tot het uitspoelrendement van ijzer nauwelijks meer toeneemt, verschilt per locatie. De grafieken van afbeelding 6 illustreren dat.

### 3.2.4 Beperking spoelwaterverbruik

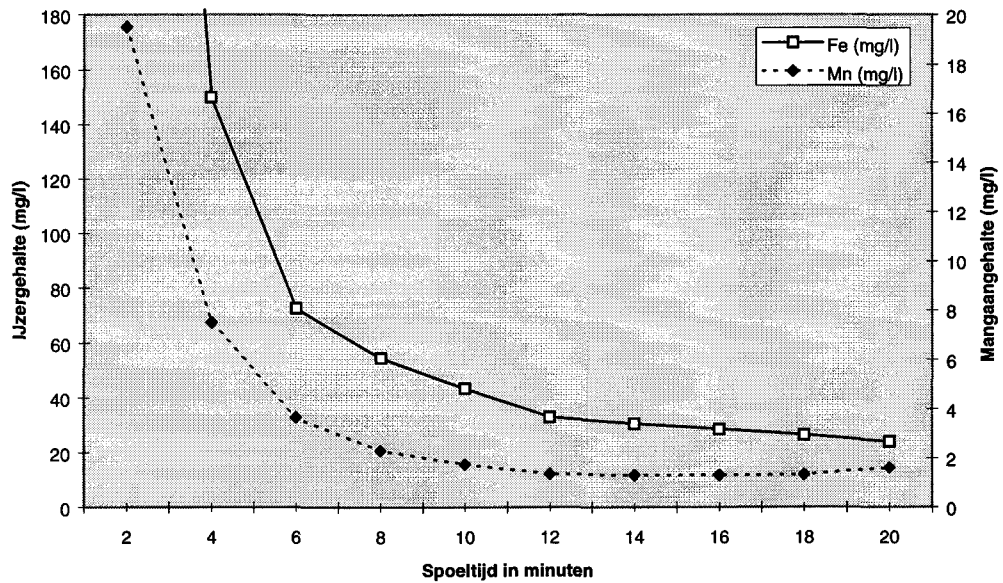
Om het spoelwaterverbruik te beperken is het zinvol elke stap van het spoelproces kritisch te beschouwen, zowel wat betreft de noodzaak en de effectiviteit daarvan als wat betreft de duur en de spoelsnelheden. Aangezien tijdens de laatste waterspoeling veruit het meeste spoelwater wordt verbruikt, zullen besparingen daar het grootste rendement opleveren.

Gedurende de laatste waterspoeling wordt bemonsterd als beschreven in hoofdstuk 3.1.1. De analyseresultaten worden grafisch weergegeven (zie afbeeldingen 6 a en b). Duidelijk blijkt dat na een aantal minuten vrijwel geen ijzer meer wordt verwijderd. In grafiek 6a (zandfiltratie, natfilter) is dat na 6 à 8 minuten, in 6b (droogfiltratie) in 8 à 10 minuten. Langer spoelen heeft nauwelijks zin. De hoeveelheid slib, die nog wordt verwijderd, is gering, terwijl elke minuut weer dezelfde hoeveelheid water wordt verbruikt als in de eerste minuten, toen veel slib werd verwijderd.

Afbeelding 6a Bepalen hoe lang naspoelen met water effectief is (natfilter)



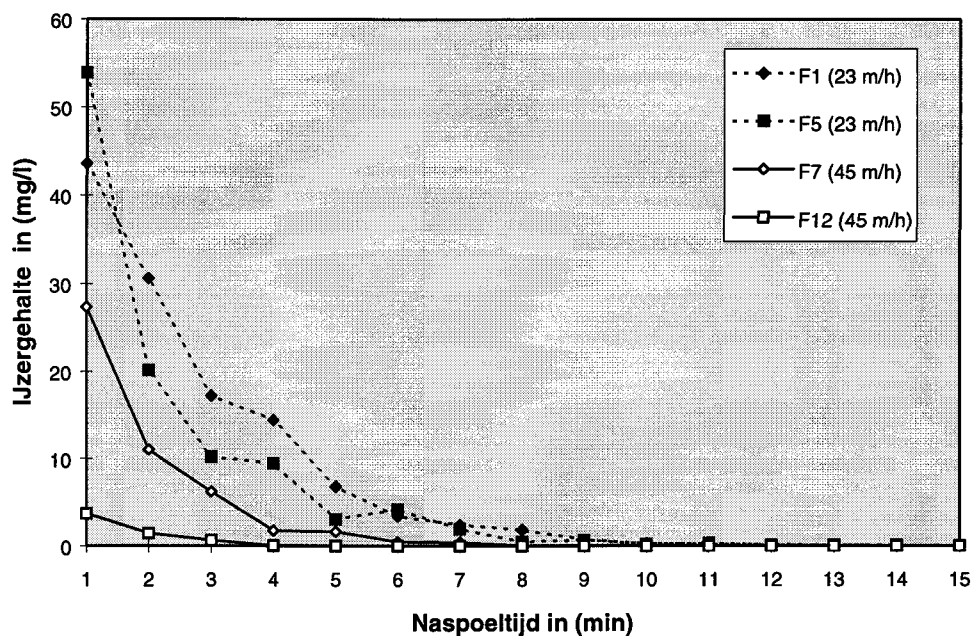
Afbeelding 6b Bepalen hoe lang naspoelen met water effectief is (droogfilter)



*Enkele ervaringen:*

- In kalksteenfilters wordt water gezuiverd, dat nauwelijks mangaan bevat. De ontijzering vindt zeer hoog in de filters plaats (max. 0,5 m). Daarna volgt direct de ontmanganing. In deze filters is de benodigde naspoeltijd kort (5 tot 7 minuten), ook als spoelsnelheden worden toegepast waarbij het filtermateriaal nog niet expandeert. Het ijzergehalte in het spoelwater is aan het eind van de spoeling extreem laag (<1 mg/l). Ook de tijd van eerste filtraatafvoer kan sterk worden beperkt.
- Droogfilters. De hoeveelheden ijzer en mangaan, per vierkante meter filterbed afgezet gedurende een looptijd, zijn doorgaans veel groter dan bij natte zand- of kalksteenfilters. Ook in droogfilters zijn de bereikbare spoelsnelheden veelal te laag om het filterbed te doen expanderen. Dat is zeker het geval als het droogfilter enige tijd in gebruik is. In droogfilters groeit het filtermateriaal namelijk relatief sterk aan, waardoor de korrelgrootte toeneemt en de benodigde spoelsnelheid voor expansie eveneens. De vervuiling dringt veel dieper in het filterbed door (diepbed-filtratie). De meetresultaten van het spoelwateronderzoek wijzen uit, dat het vrijwel constante niveau van het ijzergehalte, dat na enige minuten wordt bereikt, veel hoger ligt dan bijvoorbeeld in kalksteenfilters. In afb. 6b ligt het ijzergehalte in het spoelwater na 10 minuten nog boven 30 en na 20 minuten nog boven 20 mg/l. Toch is ook hier het rendement van de naspoeling na meer dan 10 minuten te gering om de spoeling voort te zetten.

Afbeelding 7 Invloed spoelsnelheid



- De naspoeling kan in vrijwel alle filters, die tot nu toe op deze wijze zijn doorgemeten, worden beperkt tot 10 minuten of minder. In afbeelding 7 zijn de metingen aan spoelwater weergegeven van 4 (kalksteen) filters, waarvan er 2 met 23 m/h en 2 met 45 m/h worden nagespoeld. Uit de grafiek blijkt, dat hoe hoger de spoelsnelheid is, des te korter de benodigde spoeltijd. *Een hogere spoelsnelheid heeft dus niet per definitie een groter spoelwaterverbruik tot gevolg.* Integendeel, de inkorting van de spoeltijd, die bij spoeling met hogere snelheid mogelijk is, zal in de meeste gevallen het spoelwaterverbruik doen afnemen.

### 3.2.5 Effectiviteit spoelproces

De uitspoelbalans laat lang niet altijd 100% uitspoelen van ijzer zien. Soms wordt 60% of minder bepaald. Geprobeerd kan worden meer ijzer te verwijderen door de watersnelheid tijdens de lucht-waterspoeling te verhogen. *Bij een goede proefinstallatie kan en moet naspoelen met bedexpansie worden onderzocht.*

Blijft het uitspoelrendement, ook bij naspoelen met bedexpansie, duidelijk onder 100%, dan kan het zijn dat het ijzer vast op het grind is afgezet, bijvoorbeeld door autokatalyse of ontijzering door bacteriën.

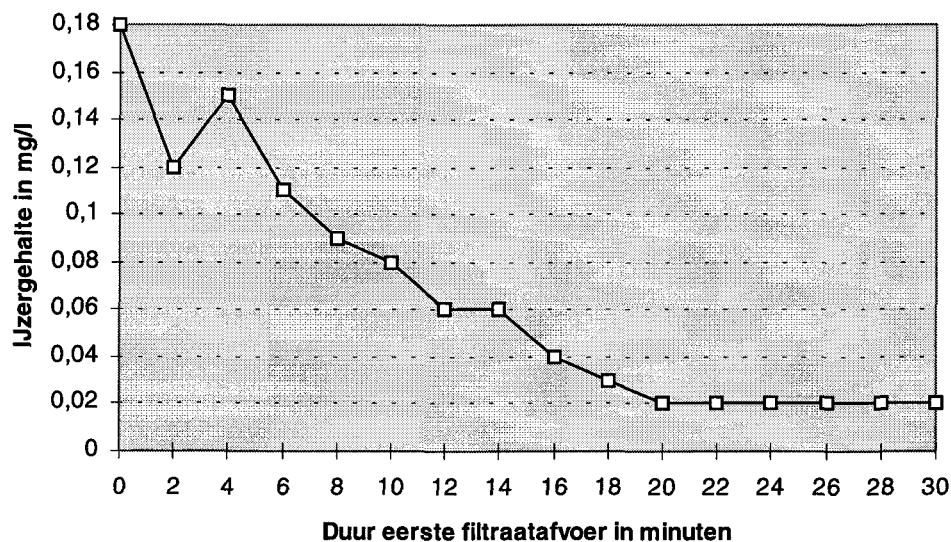
Mangaan wordt slechts voor een deel afgevoerd. Berekend kan worden dat het achterblijvende mangaan het totale bedvolume in zeer geringe mate vergroot. Zeer vele jaren (bijv 10) kan het achterblijven van mangaan zonder problemen gebeuren, mits het niet in grote mate wordt losgeschuurd, zich daarna verplaatst naar de filterbodem en voor een deel in het filtraat komt. Mangaan oxiden hebben namelijk een hoge soortelijke massa.

Behalve een teveel aan spoelwater, kan ook het afgevoerde eerste filtraat een aanzienlijk waterverlies opleveren. Dit verlies dient evenals het spoelwaterverlies tot een minimum te worden beperkt.

Inzicht in de samenstelling van het eerste filtraat kan op soortgelijke wijze via bemonstering en analyse worden verkregen als bij spoelwater.

In afbeelding 8 is het ijzergehalte van een eerste filtraat grafisch weergegeven. Op basis van een afweging tussen beperking waterverlies en acceptatie van een bepaald ijzergehalte kan worden beslist of en zo ja hoe lang het eerste filtraat wordt afgevoerd. Duidelijk is dat in het geval van dit voorbeeld langer dan 20 minuten afvoeren beslist zinloos is.

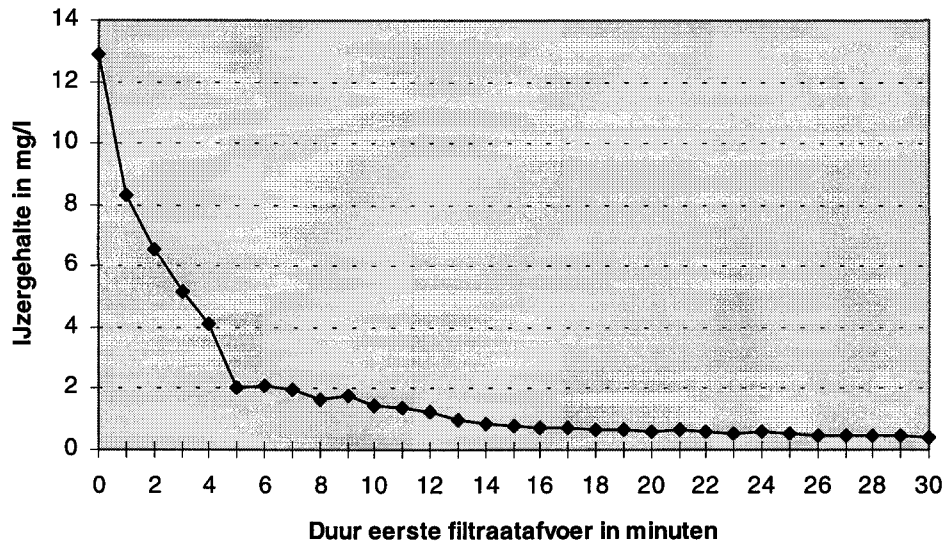
Afb. 8 Verloop ijzergehalte tijdens afvoer eerste filtraat.



Metingen van de samenstelling van eerste filtraat hebben duidelijk gemaakt, dat de gehalten aan ijzer en mangaan in filtraten heel verschillend zijn per soort filter en per locatie. Enkele ervaringen:

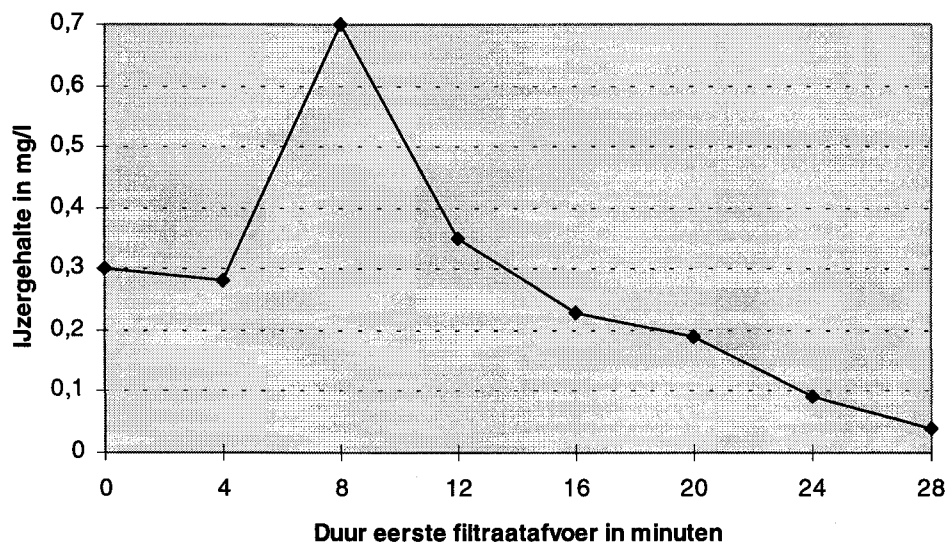
- In kalksteenfilters verloopt de ontijzering en ontmanganing zoals eerder aangegeven geheel boven in het filter. Eventueel losgeschuurd maar niet verwijderd slib heeft dus nog een lange weg door het filter af te leggen voor het de bodem bereikt. De praktijk leert dat het eerste filtraat van die filters veelal van uitstekende drinkwaterkwaliteit is. Afvoer van eerste filtraat is dan overbodig.
- Het filtraat van droogfilters blijft veel langer belast met ijzer (en mangaan). In afb. 9 is het verloop van het ijzergehalte gedurende een half uur gegeven. Zelfs na 30 minuten wordt nog ijzer in gehalten van ca. 0,4 mg/l aangetoond. Duidelijk is, dat als dit filter de laatste stap van het zuiveringsproces vormt een langdurige afvoer van eerste filtraat nodig is. Is het filter als voorfilter in bedrijf, dan kan de afvoer van eerste filtraat beperkt blijven en worden gebaseerd op acceptabele belasting en beschikbare zuiveringscapaciteit van de nafilts.

Afb. 9 IJzergehalte in eerste filtraat droogfilter



- Een bijzondere situatie vormt een piek van het ijzergehalte in het eerste filtraat na verloop van een aantal minuten (Afb. 10). De verklaring voor deze stijging is dat gedurende de eerste minuten nog uitsluitend water van onderin het filterbed en onder de spoelbodem het monsterpunt passeert. Pas na verloop van tijd, in het voorbeeld na omstreeks 8 minuten, komt het eerste water afkomstig uit de sterker vervuilde bovenlaag langs het monsterpunt en ontstaat een piek in de grafiek.

Afb. 10 Piek in ijzergehalte



Van belang is ook de wijze, waarop de eerste filtraatvoer wordt bedreven. Wordt er in voldoende mate op gelet, dat de snelheden niet hoger zijn dan tijdens normale filtratie? In de praktijk blijkt dat er soms veel hogere snelheden worden toegepast, door fouten in het ontwerp (geen goede regeling eerste filtraat) of door tijdsbesparende ingrepen, waarvan men zich de consequenties onvoldoende realiseert.

Zo moet een droogfilter na de spoeling eerst leeglopen voor het weer op eerste filtraat en vervolgens normaal in bedrijf kan. Heel aantrekkelijk uit overwegingen van tijd is het dan om de leegloop van het filter geheel te openen, het water snel af te voeren en vervolgens tot de normale bedrijfsvoering over te gaan. Het gevolg is dan echter wel dat het filter gedurende korte tijd in neerwaartse richting wordt bedreven met snelheden, die extreem hoog zijn, veel hoger dan de opwaartse snelheid tijdens de spoeling. Het transport van slib in een ongewenste richting is daarvan een gevolg, dat waarneembaar is in de waterkwaliteit van het filtraat.



**Een spoelproces is zelden volledig geoptimaliseerd**

- Een gebruikelijk spoelproces is geprobeerd;
- Het is hooguit iets aangepast.

**Onderzoek mogelijkheid verminderen spoelwater als:**

- Het spoelwaterverbruik per spoelbeurt > 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> filterbed is;
- Naspoelen met water langer dan 10 minuten duurt

**Het spoelproces is goed (genoeg) als er geen problemen zijn****Criteria:**

- Er wordt geen water verspild (zie boven);
- De verwijderingscapaciteit voor Fe, Mn en NH<sub>4</sub><sup>+</sup> neemt niet af gedurende 5-10 jaren;
- De concentratie ijzer in het eerste filtraat is na 30 minuten op de gebruikelijke laagste waarde;
- Het filtraat bevat 5-10 jaren na inbrengen nieuw grind geen Aeromonas bacteriën.

**Naspoelen met bedexpansie is weliswaar nog geen bewezen techniek, maar is veelbelovend.**

- Het is principieel gunstig voor slibafvoer;
- De kosten baten analyse is niet gemaakt.

**Advies:**

- Maak proeffilters en nieuwe filters geschikt voor spoelen met expansie.

**Spoeldoppen zijn vaak niet geschikt voor goede waterverdeling**

- Een gelijkmatige waterverdeling vergt een minimum drukval over de spoeldoppen tijdens naspoelen met water;
- Bij keuze van aantal en soort doppen wordt het aspect drukval zelden meegenomen;
- Ongelijke waterverdeling wordt meestal niet onderkend als mogelijke oorzaak voor zuiveringsproblemen, zoals langdurige ijzerdoorslag na spoelen of Aeromonas in het filtraat;
- Ongelijke waterverdeling maakt vergelijken filterprestaties moeilijk.

**Advies:**

- Gebruik de "dimensionering spoeldoppen" poster uit deze map.

**Prioriteiten moeten gesteld voor spoelonderzoek start**

- Teveel onderzoeken stranden in de veelheid aan activiteiten!
- De nodige tijd voor spoelonderzoek wordt onderschat.

**Advies:**

1. Raam de mogelijke winst in water en in geld;
2. Ken daarna prioriteit toe aan spoelonderzoek;
3. Neem de tijd die nodig is, niet de tijd die soms overblijft.

R-KFG\spoelrapport.doc

# Dimensionering spoeloppoepen

Joost Kappelhof (KIWA) en Walter van der Meer (WLF)

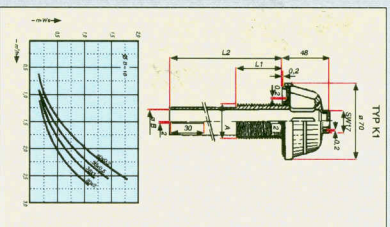
## Onderdelen en kenmerken spoeldop

| onderdeel   | kenmerk   | gemiddeld toegepast  |
|-------------|---|--|
| spoelkop    | spoelbreedte<br>speelruimte<br>aantal spleten per dop   | 0,5 - 0,8 mm<br>afhankelijk van<br>model   |
| spoelpijpje | diameter spoelpijpje<br>lengte spoelpijpje<br>hoogte boven luchtgat/<br>spleet<br>diameter luchtgat/<br>spleet<br>aantal luchtgaten of<br>lengte spleet<br>lengte pijpje onder<br>luchtgat/spleet | 16 - 21 mm<br>20 - 30 cm<br>3 - 5 cm<br>2 - 6 mm / 1 - 2 mm<br>1 - 2 / 2 - 4 cm<br>5 - 15 cm |

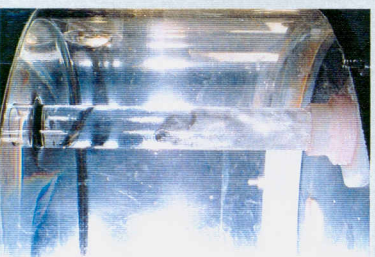
De spoelkarakteristiek wordt bepaald door de kenmerken van de spoelkop en de lengte en diameter van het spoelpijpje (leveranciers geven vaak een spoelkarakteristiek van de dop

## Algemene aspecten

De spoelbreedte in de spoel- kop wordt kleiner gekozen dan de kleinste fractie ( $D_{10}$ ) van het filtermateriaal. Voor een optimale water-verdeling worden (wanneer geen steunlaag wordt gebruikt) 36-100 doppen per m gekozen. Bij een lage spoeloppervlakte (b.v. 36 m<sup>2</sup>) worden de doppen vaak verdiept opgesteld (RID pompsituaties). De volumestroom per spoeldop is te berekenen uit het aantal spoeloppoepen per m<sup>2</sup> en de spoelstelselbreedte voor lucht en water. De benodigde spoelproceduure en spoelstelselbreedte afkomstig uit



Spoelkarakteristiek



Water- en luchtspoeling

## Aspecten m.b.t. waterspoeling

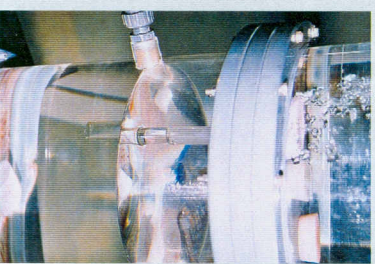
Kies een spoeldop die bij de gewenste spoelstelselbreedte voor water een weerstand van 10 - 100 cmwk heeft.  
- bij 10 cmwk is een zeer goede verdeling van het water onder de bodem vereist;  
- bij 100 cmwk is de verdeling van het water onder de bodem minder kritisch.  
Voor een goede waterverdeling moet gelden dat de drukverschillen tussen verschillende plaatsen onder de bodem kleiner zijn dan de drukval over de spoeldop:  
 $P_A - P_B < P_1 - P_2$



Waterspoeling

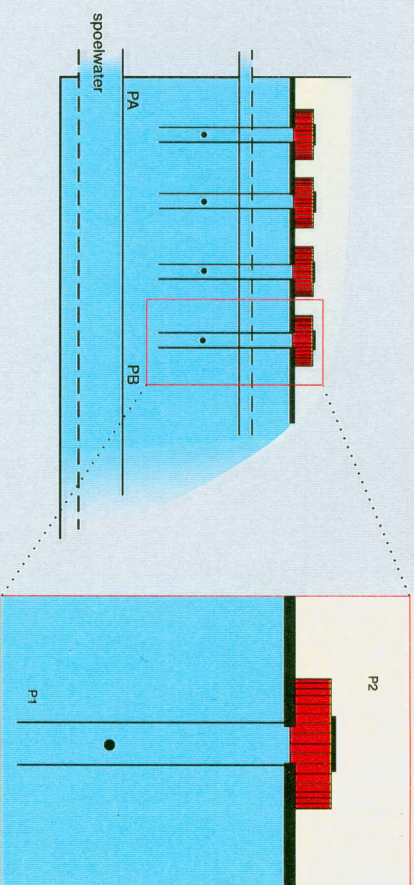
## Aspecten m.b.t. luchtspoeling

De drukval over de spoeldop wordt tijdens luchtspoeling bepaald door het oppervlak van de gaafjes (of spleten) in de dompelpijpjes, de onder de bodem heersende druk en de volumestroom lucht (Nm<sup>3</sup>/h) per spoeldop. De gaafjes worden zodanig gedimensioneerd dat de drukval (in mmk) over het gaafje kleiner is dan de afstand van het gaafje tot de onderkant van het dompelpijpje ( $P_1 - P_2 < B$ ). Het luchtkussen zal zich hierdoor instellen tussen de gaafjes en de onderkant van de dompelpijpjes.

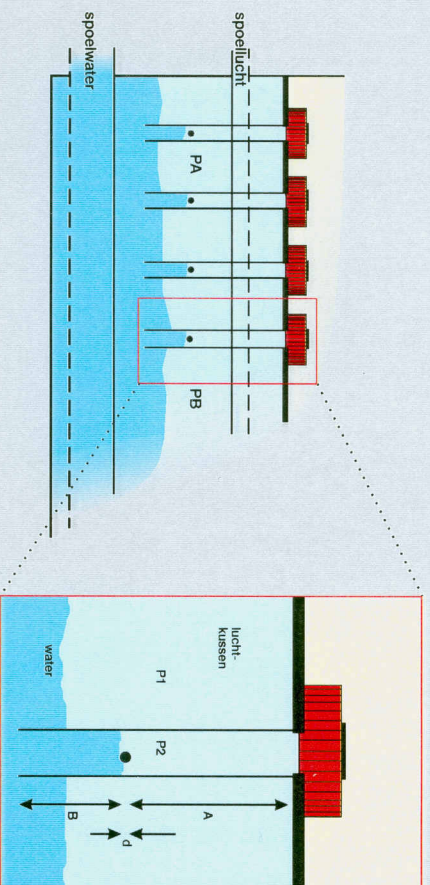


Luchtspoeling

## Waterspoeling



## Luchtspoeling



De gegevens zijn ontleend aan:

"Richtlijnen ten dienste van het ontwerpen en de behandeling van snelfilters", KIWA rapport COFICO mededeling 9, 1965.  
L. Huisman, "Rapid filtration", dictaat TU Delft nr. 753099.

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het meerjaren onderzoeksprogramma van de VEWI, de vereniging van exploitanten van waterleidingbedrijven



KIWA N.V. Onderzoek en Advies  
Nieuwegein, Nederland

