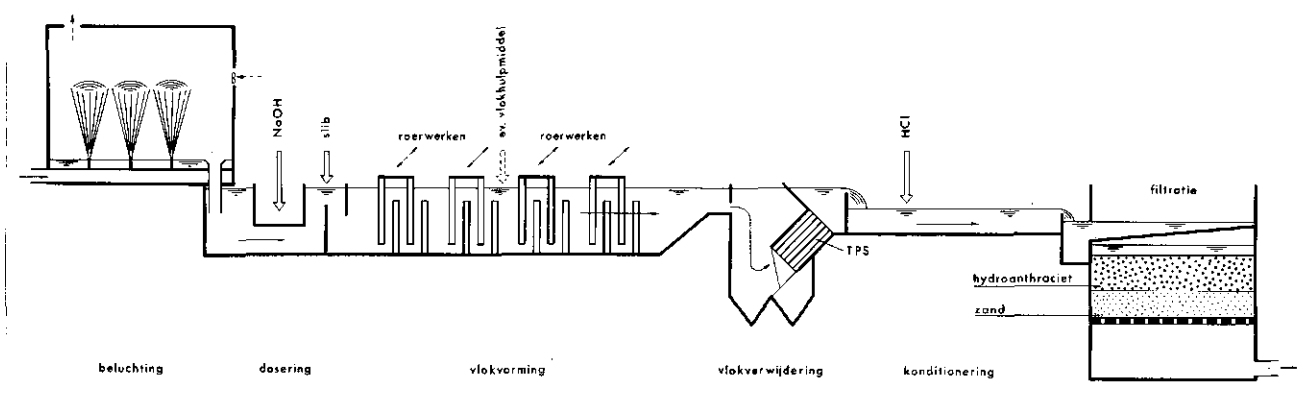


De waterzuiveringsaspecten van het pompstation Schijf



Afb. 1.

1. Inleiding

Het pompstation Schijf behoort tot de eerste installaties in Nederland, waarin op grote schaal het calcium- en bicarbonaatgehalte van grondwater wordt verlaagd. In dit licht bezien is het zinvol een beschrijving te geven van het zuiveringsproces en de bereikte zuiveringsresultaten. De productiecapaciteit van het pompstation bedraagt 10 miljoen m³ per jaar. De maximale zuiveringscapaciteit van de installatie is afgestemd op 1.500 m³/h.

2. Het uitgangspunt van de zuivering

Het te behandelen water wordt op een diepte van 100 tot 160 meter beneden maaiveld aan de bodem onttrokken uit een laag gedurende het ploceen gevormd, bestaande uit matig grof zand en schelpen en behorende tot de Zanden van Kattendijk.

Het water is anaeroob, bevat gemiddeld 8,5 mg/l Fe, 0,1 mg/l Mn, 0,9 mg/l NH₄⁺ en een totale en een HCO₃⁻-hardheid van 5,7 meq/l.

Uit de in 1969 verrichte proeven was gebleken, dat dit water tot drinkwater kon worden bereid met behoud evenwel van de hardheid door het tweemaal door een zandfilter te voeren, telkens voorafgegaan door een versproeiingsfase.

Toen besloten werd om de consequenties van een hardheidsverlaging van het Schijfse water nader te bestuderen, werd de bestaande proefinstallatie uitgebreid met een onthardingsgedeelte.

Hiermede werden vanaf januari 1970 tot oktober 1971 zuiveringsproeven verricht; de hardheidsverlaging werd met behulp van natronloogdosering bewerkstelligd.

3. Het zuiveringsproces

Op grond van de ervaringen met de proefinstallatie is voor het pompstation Schijf het volgende zuiveringsschema vastgesteld (afb. 1):

1. beluchting;

2. dosering van natronloog en retour-slib;
3. vlokvorming; eventueel dosering van een vlokhelpmiddel;
4. vlokverwijdering in een golfplatenpakket (TPS);
5. conditionering met zoutzuur;
6. neerwaartse filtratie.

3.1. Beluchting

Het anaerobe water wordt in opwaartse richting verspreid; tevens wordt er lucht in de sproeikamers toegevoerd. Ten gevolge van de beluchting vindt er een op-

name van zuurstof met een werkingsgraad van 57 % plaats.

Het verminderen van het kooldioxydegehalte is van belang, aangezien hierdoor het rendement van de natronloogdosering verbetert; zie 3.2.1. reactievl. (1).

3.2.1. Dosering van natronloog

Om de ontharding te doen plaatsvinden, dient de pH van het beluchte ruwe water te worden verhoogd; dit kan geschieden door natronloog of calciumhydroxyde te doseren. De reacties met natronloog verlopen als volgt:



Het vrije koolzuur in het ruwe water wordt eerst gebonden, zodat het bicarbonaatgehalte van het water stijgt; vergelijking (2) is de eigenlijke onthardingsreactie.

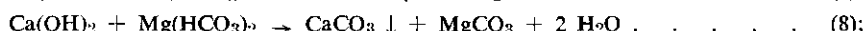
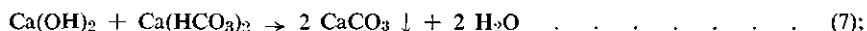
Reacties, die ook optreden, zijn:



Indien de pH hoog genoeg is, zal Mg(OH)₂ neerslaan (pH >10):



De overeenkomstige reacties voor calciumhydroxyde zijn:



De belangrijkste reacties onder de bedrijfsomstandigheden van het pompstation Schijf (pH ≤ 9; geringe hoeveelheid Mg) zijn de vergelijkingen (1), (2), (6) en (7), waarvan (2) en (7) de ontharding voorstellen.

Uitgaande van de verwijdering van 1 mol Ca uit het water kunnen de voornaamste verschillen bij ontharding door toevoeging van natronloog of kalk als volgt worden samengevat:

	dosering	
	Ca(OH) ₂	NaOH
benodigde loog	1 mol = 2 equivalenten	1 mol = 1 equivalent
daling HCO ₃ ⁻	2 equivalenten	1 equivalent
slib (CaCO ₃) productie	2 equivalenten	1 equivalent
daling Ca ⁺⁺	1 mol = 2 equivalenten	1 mol = 2 equivalenten
stijging Na	0	1 mol = 1 equivalent

Bij dit pompstation is voor natronloog-dosering gekozen.

De natronloog, dat in een 50 % oplossing in het pompstation wordt aangevoerd en opgeslagen, wordt door toevoeging van water aan het begin van de doseerleidingen sterk in concentratie verlaagd.

Zodoende behoeft uitkristallisatie, die in geval van een 50 %-concentratie reeds bij temperaturen beneden 12° C op kan treden, niet te worden gevreesd en kan verwarming van de doseerleidingen achterwege blijven.

De doseerleiding van de natronloog mondt uit in een drie meter lange verbindingsleiding tussen het sproeigebouw en het vlokformingskanaal, diameter 400 mm, alwaar de loog aan het beluchte ruwe water wordt toegevoegd.

Bij de experimenten in de proefinstallatie is gebleken, dat deze wijze van doseren de voorkeur verdient boven een dosering in een mengvat met snelroerder of in een relatief lange leiding met geringe diameter, waarin de stroomsnelheid van het water groot is; in deze laatste gevallen ontstonden er namelijk zeer harde afzettingen van CaCO_3 op respectievelijk de snelroerder en de leidingwand.

Voor de verlaging van de totale hardheid van 5,7 naar uiteindelijk 2,5 meq/l is ongeveer 100 mg/l 100 % NaOH benodigd. Hierdoor stijgt de pH van het beluchte ruwe water van $\pm 7,2$ naar $\pm 8,7$.

De natronloog, die wordt toegevoegd, komt onder de gegeven omstandigheden voor ongeveer 64 % aan de hardheidsverlaging ten goede; het overige deel wordt voor de CO_2 -binding en de carbonaatvorming gebruikt.

3.2.2. Dosering van retourslib

Het in pH verhoogde water, waarin het CaCO_3 zich in oververzadigde toestand bevindt, stroomt via een overstort en een duikschot in het vlokformingskanaal.

Er zijn zes kanalen geconstrueerd, die elk met 300 m³ water per uur kunnen worden belast. Indien de maximum productie benodigd is, zijn er vijf kanalen in bedrijf. Het zesde kanaal is hierbij in reserve.

Boven de overstort wordt over de gehele breedte van het kanaal een deel van het bij de vlokverwijdering verkregen slib gedoseerd; in de huidige omstandigheden is dat 5 m³ slib (droge stofgehalte 10 tot 15 kg/m³) voor 300 m³ water.

Het slib, dat hoofdzakelijk uit $\text{Fe}(\text{OH})_3$ en CaCO_3 bestaat, levert de kernen, die de vlokvorming moeten bevorderen.

Over de invloed van de slibdosering op het zuiveringsproces wordt bij 3.4.-vlokverwijdering teruggekomen.

3.3.1. Vlokvorming

De vlokvorming vindt plaats in het vlokformingskanaal, waarin roerwerken zich langzaam loodrecht op de stroomrichting heen en weer bewegen. De bewegings-

snelheid is niet zeer kritisch; wel moet voorkomen worden, dat het slib in het kanaal tot bezinking komt als gevolg van een te geringe snelheid, waardoor de vlokvorming zich niet over de gehele kanaallengte optimaal kan voortzetten, en anderzijds dat het met vlokken beladen water te heftig wordt bewogen, waardoor aan de vlokvorming afbreuk wordt gedaan en derhalve de vlokverwijdering wordt bemoeilijkt.

In de huidige omstandigheden bedraagt de bewegingssnelheid 7 cm/sec.

Teneinde het water goed uit te laten reageren is enige verblijftijd benodigd. Alhoewel in de proefinstallatie met kortere verblijftijden goede resultaten werden bereikt, is hier veiligheidshalve een verblijftijd van circa 14,5 minuten tot stand gebracht.

3.3.2. Eventuele dosering van een vlokhulpmiddel

De proefinstallatie heeft zowel zonder als met dosering van wispro 20 of wispro

P gewerkt in doseerhoeveelheden van 1 tot 5 mg/l.

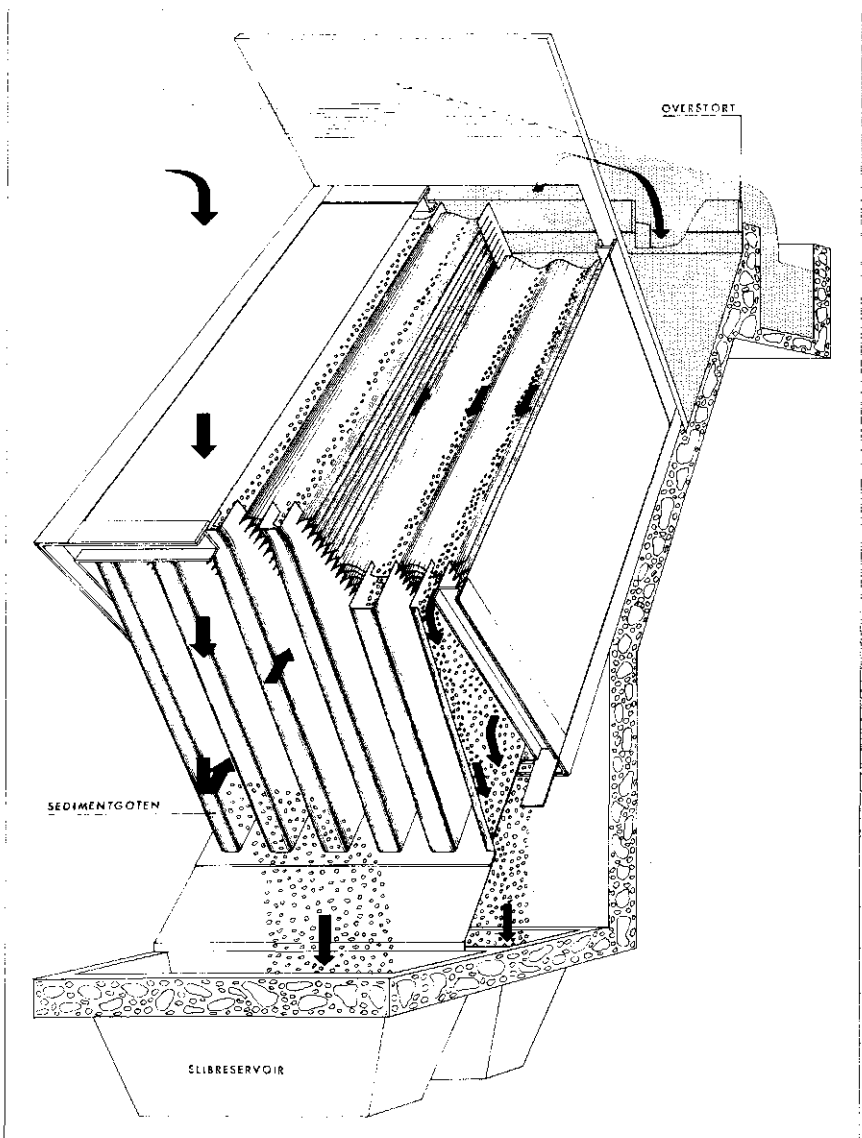
Wispro P, dat grotere vlokken geeft, leverde geen betere resultaten dan wispro 20. Bij vergelijkbare proeven met en zonder wisprodosering konden geen grote verschillen in zuiveringsresultaten worden geconstateerd. Als parameters werden hierbij beschouwd de ijzer- en de totale hardheidswaarden van de gefiltreerde watermonsters van het effluent na de vlokverwijdering.

De wispro-toevoeging heeft geen vertragend effect op de ontharding. Een nadeel van het gebruik van wispro is de slechte houdbaarheid; het is een goede voedingsbodem voor bacteriën. Wispro P bederft hierbij sneller dan wispro 20.

Het opvoeren van de pH tot 9 à 10 in de wispro-oplossing door natronloog toe te voegen beperkt de bacteriëngroei enigermate. Toch kunnen aangemaakte oplossingen slechts één à twee dagen bewaard worden.

Alhoewel een doseerinrichting voor wis-

Afb. 2 - Golfplatenpakket (T.P.S.).



pro 20 in het pompstation is opgesteld, is tot op heden met succes afgezien van dosering.

3.4. Vlokverwijdering

Aan het einde van het vlokvormingskanaal moeten de vlokken uit het water worden verwijderd. Per kanaal geschiedt dit door de vlokken tot bezinking te brengen in vier parallel geschakelde golfplatenpakketten, waarvan de handelsnaam Tilted Plate Separator, afgekort TPS, is.

Elk golfplatenpakket bestaat uit 47 golfplaten, vervaardigd van glasvezelversterkte isophthaalzure polyesterhars, die zich op onderlinge afstanden van circa 2 cm boven elkaar bevinden en een hoek van 54° met het horizontale vlak vormen. Het pakket is circa 2 m breed, 1 m hoog en heeft een lengte van 1,75 m.

Het water stroomt het golfplatenpakket aan de onderzijde binnen en wordt gedwongen onder de eerder genoemde hellingshoek van 54° in opwaartse richting te bewegen. Door de geringe bezinkhoogte komen de vlokken in de geulen van de golfplaten tot bezinking en glijden hierover omlaag, terwijl het water, ontdaan van de vlokken, uit het golfplatenpakket via een overstort wegstroomt.

Aan de instroomzijde van het pakket voor de geulen van de golfplaten bevinden zich zes sedimentgoten, waardoor de bezonken vlokken naar het slibreservoir worden gevoerd. Het slib wordt hieruit periodiek gespuid.

De sedimentgoten hebben tevens tot taak om te voorkomen, dat het instromende water rechtstreeks met het uitstromende bezinksel in contact komt.

Afbeelding 2 geeft een overzicht van de vlokverwijdering.

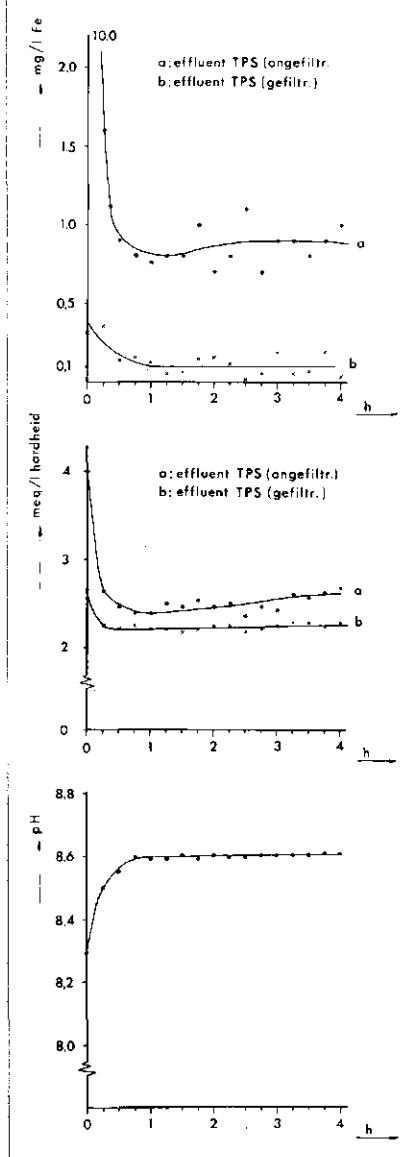
De tijdsduur, waarbinnen de vlokverwijdering in het pakket goed verloopt, anders gezegd de looptijd, is van een aantal factoren afhankelijk.

In de proefinstallatie zijn er enige onderzocht.

Het is onder meer van belang, dat het water in de vlokvormingsfase zo goed mogelijk is uitgereageerd. Hierdoor zal zich zeer weinig CaCO_3 op de golfplaten afzetten, waardoor deze gedurende lange tijd een glad oppervlak behouden. De verwijdering van de vlokken en de looptijd zijn dan optimaal.

Bij proeven met verschillende stroomsnelheden in het pakket (30, 50 en 65 m/h) bleek de vlokverwijdering in alle gevallen gedurende enige tijd goed te verlopen; de looptijden namen echter af naarmate de ingestelde stroomsnelheid groter was.

Ook de te doseren hoeveelheid retourslib is van invloed op de looptijd van het golfplatenpakket. Zonder dosering van retourslib in de vlokvormingsfase verloopt de vlokverwijdering zeer slecht; anderzijds betekent een dosering van grote hoeveelheden retourslib een voort-



Afb. 3 - Opstartproef kanaal 5.

durende zware belasting voor het golfplatenpakket, met als gevolg korte looptijden.

In de proefinstallatie zijn twee hellingshoeken van het pakket onderzocht, namelijk 45° en in tweede instantie 54°. Een grotere hellingshoek levert een grotere bezinkhoogte voor de vlokken; daarentegen bevordert een grotere hellingshoek de afvoer van de bezonken vlokken tegen de waterstroom in. Onder de beproefde omstandigheden werden met beide hellingshoeken geen opmerkelijke verschillen in de resultaten verkregen. Alhoewel in de proefinstallatie bij een stroomsnelheid in het golfplatenpakket van 50 m/h goede resultaten met het vlokverwijdering werden verkregen, is bij het ontwerpen van het pompstation van een lagere snelheid uitgegaan, omdat niet met zekerheid te voorspellen viel of de vlokken zich gelijkmatig over de vier parallel aan elkaar geschakelde golfplatenpakketten zouden verdelen. Het debiet per pakket bedraagt 75 m³/h, hetgeen neerkomt op

een stroomsnelheid in het pakket van circa 40 m/h. Inmiddels is op grond van vlokverwijderingsresultaten en looptijden gebleken, dat de golfplatenpakketten vrijwel in gelijke mate door de vlokken worden belast.

De oppervlaktebelasting is hierdoor en mede als gevolg van het grote aantal golfplaten slechts 0,8 m/h.

Tezamen met de kalkvlokken blijven circa 90 % van het ijzer en vrijwel al het mangaan in het pakket achter.

In het effluent na de vlokverwijdering kan voorts enige verlaging van het NH_4^+ , het KMnO_4 -verbruik en de kleur worden geconstateerd (tabel onder punt 7).

Het golfplatenpakket is weinig gevoelig voor debietvariaties. Ook het opstarten van de installatie verloopt, mits er retourslib wordt gedoseerd tijdens de vlokvorming, dermate goed, dat het effluent na de vlokverwijdering onmiddellijk naar de filters kan worden gevoerd.

Afbeelding 3 geeft de chemische resultaten van de vlokverwijdering tijdens een opstartproef in een vlokvormingskanaal. De looptijd van de pakketten bedraagt onder de huidige omstandigheden twee tot drie maanden. Aan het einde van de looptijd dienen de afzettingen in het golfplatenpakket te worden verwijderd. Dit geschiedt in een daartoe geconstrueerde ruimte; het pakket wordt met een 1 %-zoutzuuroplossing gereinigd.

3.5. Conditionering met zoutzuur

Uit de ervaringen met de proefinstallatie is gebleken, dat het water na de vlokverwijdering nog kalkafzettende eigenschappen bezit, indien het in contact wordt gebracht met het korrelige materiaal in de filters. Deze na-ontharding is ongewenst, aangezien dit verschijnsel een sterke aangroei van de filterkorrels te weeg brengt. Tevens kan de nitrificatie in het filter verstoord worden. De na-ontharding wordt voorkomen door de pH van het water, die na de vlokverwijdering $\pm 8,7$ bedraagt, door middel van een dosering met zoutzuur te verlagen naar de pH van het kalk-koolzuurevenwicht (circa 7,8 - 8,0). Hiervoor is circa 20 mg/l 100 % HCl benodigd.

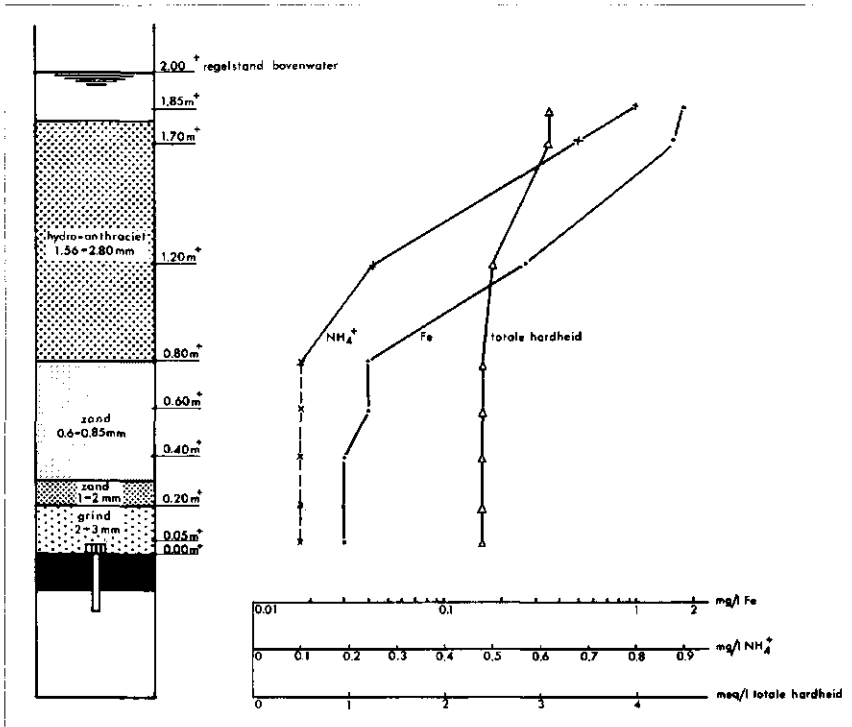
3.6. Neerwaartse filtratie

Het geconditioneerde water wordt via een verbindingskanaal naar 10 filters gevoerd, elk met een oppervlakte van ± 27 m². De opbouw van de filterinhoud van beneden naar boven is als volgt:

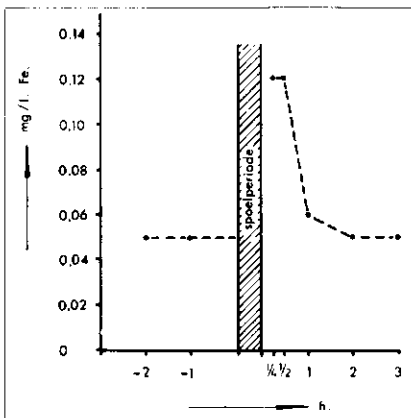
- 20 cm steunlaag grind 2 - 3,4 mm;
- 10 cm steunlaag zand 1 - 2 mm;
- 50 cm zand 0,6 - 0,85 mm; E.K. 0,625 mm; U.C. 1,215 mm;
- 100 cm hydro-anthraciet 1,56 - 2,80 mm; E.K. 1,79 mm; U.C. 1,27 mm.

De schijnbare lineaire snelheid bedraagt bij de maximale belasting van de filters 5,6 m³/m² h.

In de filters worden de kleine kalk- en ijzervlokjes, die niet in de golfplaten-



Afb. 4 - Zuivering over de hoogte van het filterbed; filter 6; filtersnelheid 3,5 m³/m² h.



Afb. 5 - Filtraat van filter 10, voor en na het spoelen.

pakketten uit het water zijn verwijderd, gevangen. Voorts vindt in het filter de nitrificatie plaats. Afbeelding 4 geeft het verloop van de zuivering over de hoogte van een filter weer.

De looptijd van het filter is afhankelijk van de filtersnelheid en het gehalte aan vlokken in het effluent na de vlokverwijdering. Bij de maximale belasting van het filter is een looptijd van circa drie dagen haalbaar; maatgevend voor het einde van de looptijd is hierbij het bereiken van onderdruk in het filter.

Het spoelproces van het filter bestaat uit de volgende fasen:

- 4 minuten met water (snelheid 50 m per uur);
- de bovenwaterstand verlagen tot ongeveer de bovenzijde van het filterbed);

- 6,5 minuten met lucht (snelheid 60 m per uur);
- 4 minuten met water (snelheid 50 m per uur).

Na het beëindigen van het spoelproces is de chemische kwaliteit dermate goed, dat het filter onmiddellijk in productie kan worden genomen (afbeelding 5).

4. Cascadebeluchting

Het filtraat wordt naar de reinwaterkelders getransporteerd. Aan het begin van de reinwaterkelder is een kleine cascade geconstrueerd, die tot taak heeft het zuurstofgehalte van het water te ver-

hogen. De werkingsgraad bij de opname van zuurstof bedraagt circa 50 %.

5. Slibverwerking

Van het slib, dat in de golfplatenpakketten wordt verzameld, wordt een gedeelte, het eerder genoemde retourslib, gebruikt in het vlokformingsproces. Het overige wordt gespuid in een bezinkvijver met een bruto inhoud van 45.000 m³. In deze vijver komt ook het water terecht, dat voor het spoelen van de filters is gebruikt.

Uit steekmonsters, die in een bij de proefinstallatie behorende kleine bezinkvijver zijn opgenomen, is gebleken, dat het slib na verloop van tijd als gevolg van de bezinking een gehalte aan droge stof inneemt van tenminste 40 %.

Op basis hiervan bestaat de verwachting, dat de vijver van het pompstation gedurende meer dan 10 jaar het slib uit de zuiveringsinstallatie zal kunnen bergen.

6. Chemicaliënkosten

Gedurende de periode, dat het pompstation in gebruik is geweest waren de kosten van de gebruikte hoeveelheden chemicaliën als volgt:

natronloog:

aanvoer 50 %-oplossing
benodigd voor ontharding
101 mg/l NaOH
kosten 3,4 ct/m³

zoutzuur:

aanvoer 30 %-oplossing
benodigd voor conditionering
17 mg/l HCl
kosten 0,6 ct/m³

totaal 4,0 ct/m³

7. Overzicht van de chemische resultaten

Tenslotte volgen hieronder de gemiddelde zuiveringsresultaten van december 1972.

Omschrijving	ruwe water	effluent na vlokverwijdering	effluent na pH-correctie	filtraat	uitgaande reine water
Kleur mgPt/l	28	15			12
pH, bepaald	7,19	8,68	8,04	7,90	7,94
KMnO ₄ -verbruik, mg/ gefilt. w.	22,0	21,2			19,9
Cl ⁻ mg/l	21,5	21,5	37,5	37,5	37,5
NO ₂ ⁻ mg/l	< 0,03	< 0,03	0	0	0
NO ₃ ⁻ mg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	2	2
SO ₄ ²⁻ mg/l	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
HCO ₃ ⁻ mg/l	345	230	260	260	260
Vrij CO ₂ mg/l	10	0	6,0	6,0	5,3
PO ₄ ³⁻ mg/l	5,68	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
NH ₄ ⁺ mg/l		0,85	0,82	< 0,1	< 0,1
Fe mg/l	5,65	1,1	1,3	0,06	0,04
Fe mg/l gefilt. water	351	0,36	0,29		
Mn mg/l	37	0	0	0	0
O ₂ mg/l	0,1	9,5	9,5	6,8	9,1
Ca ⁺⁺ mg/l	0,90	38	45	40	40
Mg ⁺⁺ mg/l	8,4	6	6	6	6
Na ⁺ mg/l		68	68	68	68
Totale hardheid, meq/l	0,11	2,40	2,75	2,50	2,50
Totale hardheid, meq/l gefilt. w.	0	2,14	2,46		
HCO ₃ ⁻ , meq/l	103	3,77	4,26	4,26	4,26
Verdampingsrest, mg/l	6				318