

KIWA

**Richtlijnen ten dienste van het ontwerpen en de behandeling  
van snelfilters**



## ERRATA

Mededeling nr. 9 van de Commissie

### FILTERCONSTRUCTIES VAN HET KIWA N.V.

- blz. 12 en 13. N.V. KIWA te 's-Gravenhage moet zijn:  
„KIWA N.V. te Rijswijk (Z.H.)”
- blz. 13. M. Sollmann moet zijn: „M. Sollman”
- blz. 47. In de titel: „Slilbast” moet zijn: „Sliblast”
- blz. 56. In punt 8.9 regel 3: „geslaagde” moet zijn: „gelaagde”



# Richtlijnen ten dienste van

MEDEDELING NR 9 VAN DE

# **het ontwerpen en de behandeling van snelfilters**

COMMISSIE FILTERCONSTRUCTIES (COFICO) VAN HET KIWA

KEURINGINSTITUUT VOOR WATERLEIDINGARTIKELEN N.V.  
**KIWA**



## Voorwoord

In de vele jaren gedurende welke er in binnen- en buitenland zandfilters ten behoeve van de waterzuivering zijn gebouwd en geëxploiteerd, is er op dit gebied veel ervaring opgedaan. Aan de verworven kennis is echter in het algemeen weinig bekendheid gegeven. Het is dan ook een goede gedachte van de Commissie Filterconstructies geweest, om alle gegevens, die op grond van de in de loop der jaren opgedane ervaring bij het ontwerpen van snelfilters van belang zijn gebleken, op systematische wijze te ordenen zodat ze gemakkelijk toegankelijk zouden zijn. Daarnaast meende de commissie dat het ook van belang zou zijn om te proberen algemene richtlijnen voor het behandelen van snelfilters te publiceren. Ik ben er niet zeker van of de commissie de moed had kunnen opbrengen om aan deze opgave te beginnen als zij zich van te voren had kunnen realiseren welk een omvangrijk werk er aan zou zijn verbonden.

Zoals bekend, is de filtratie in wezen een zo gecompliceerd gebeuren dat het doorgaans niet mogelijk is zonder meer bij het ontwerpen van een filterinstallatie vooraf de beste oplossing te bepalen. Zelfs een onbeduidend schijnend verschil in het watertype kan reeds tot belangrijke consequenties voor de zuiveringsmethode van het water leiden. Het is dan ook geen eenvoudige opgave geweest om het antwoord op de vragen die betrekking hebben op verschillende omstandigheden en waarbij zovele factoren van invloed kunnen zijn, samen te vatten in formuleringen van meer algemene strekking. De uitspraken gebaseerd op de verschillende ervaringen moesten veelal het karakter van een compromis krijgen en moesten doorgaans vager zijn naarmate een meer algemene geldigheid werd nagestreefd. Desondanks meen ik dat de Cofico met het gereedkomen van dit zeer uitvoerige rapport niet alleen een omvangrijk, maar ook een belangrijk stuk werk tot stand heeft gebracht.

Niet alleen de Nederlandse maar ook de in het buitenland geldende opvattingen en ervaringen, tot de meest recente, zijn er in verwerkt en voorts is er een vrij uitvoerige literatuurdocumentatie aan toegevoegd.

Uiteraard is het niet zo dat een niet filterdeskundige, gewapend met dit rapport, nu filters zal kunnen construeren en exploiteren. In de praktijk zal te allen tijde ieder geval op zich zelf moeten worden bestudeerd en bekeken.

Bij het zoeken van de juiste oplossing zullen in dit rapport aangegeven richtlijnen, naar

de Cofico hoopt, van dienst kunnen zijn. Als dit laatste inderdaad het geval is, en dat verwacht ik, dan heeft de Cofico met de totstandkoming van dit rapport belangrijk speurwerk gedaan.

Het rapport is bewerkt door ir. A. de Lathouder en M. Sollman.

G. WIJNSTRA

# Indeling

	blz.
1 Inleiding	9
2 Omschrijving van enkele aanduidingen	15
3 Grootte, aantal en vorm van open snelfilters	19
4 Open en gesloten snelfilters	23
5 Spoelsystemen	27
6 Opbouw van het filterbed en de steunlagen	38
7 Filtratiesnelheid, filterweerstand, sliblast en vervuiling	47
8 Spoelen	54
9 Aan- en afvoer van spoelwater	66
10 Aan- en afvoer van ruw water resp. filtraat	70
11 Aan- en afvoerleidingen met toebehoren	73
12 Beluchten	75
13 Regeling van de filtratie	77
14 Hygiënische aspecten	94
15 Automatisering	96
16 Opwaartse filtratie	101
17 Variabele filtratiesnelheid	103
18 Enkele opmerkingen over filtratietechnieken in andere landen	107
19 Literatuuropgave	112



# 1 Inleiding

Hoewel het principe van de waterzuivering door snelfiltratie de laatste decennia enkele nieuwe ontwikkelingen te zien heeft gegeven, zoals de droogfiltratie en de opwaartse filtratie, heeft de constructie van de snelfilters slechts geringe principiële veranderingen ondergaan. Echter kan allerm minst gezegd worden dat de technische ontwikkeling van de toegepaste zuiveringsmiddelen heeft stilgestaan of dat die ontwikkeling reeds is voltooid.

In de achter ons liggende jaren is er veel langs empirische weg bereikt, waardoor een redelijk inzicht is verkregen omtrent bepaalde kenmerkende grootheden van snelfilters, zoals de korrelgrootte van het filtermateriaal en de dikte van het filterbed, de filtratiesnelheid enz. Vooral is er de laatste jaren meer aandacht besteed aan het spoelen van filters, omdat men tot het inzicht is gekomen dat een juiste wijze van spoelen de belangrijkste voorwaarde is voor een langdurige goede werking van het filter. Bijgevolg werd ook meer belangstelling getoond voor de filterbodems die de zo belangrijke, gelijkmatige verdeling van het spoelwater en de -lucht moeten bewerkstelligen. Uiteraard heeft de ontwikkeling van de techniek ook een verdere verfijning van de constructie en de bedrijfsvoering mogelijk gemaakt. Men denke b.v. aan de enorme vlucht die de meet- en regeltechniek heeft genomen. Vaak ook wordt het proces van de snelfiltratie vereenvoudigd door een voorbehandeling van het water.

Ondanks de voortschrijdende ontwikkelingen en de opgedane ervaringen, op grond waarvan vele empirische gegevens zijn verzameld, moet worden geconcludeerd dat de fundamentele kennis over het filtratieproces betrekkelijk gering is. Het is echter verheugend dat er, ook in Nederland, de laatste jaren op het gebied van filtratie meer belangstelling voor speurwerk is ontstaan. In verschillende sectoren van het bedrijfsleven wordt dan ook gericht en fundamenteel speurwerk uitgevoerd om het filtratieprobleem nader te bestuderen. Op het gebied van de drinkwaterzuivering is door samenwerking van verschillende instituten, te weten het Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen (KIWA), het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening (R.v.D.), de Organisatie voor Toegepast Natuur-wetenschappelijk Onderzoek (TNO) en de Technische Hogeschool in Delft, met een fundamenteel onderzoek aangevangen. Dit heeft reeds belangrijke resultaten afgeworpen waardoor een aanmerkelijke ver-

dieping van het fundamentele inzicht in de ontijzering en ontmanganing heeft plaats gevonden. In overeenstemming hiermede is uit het spuurwerk op technische schaal bij andere instituten gebleken dat bijvoorbeeld de bodemconstructie van vóórfilterinstallaties van moeilijk te ontijzeren en ontmanganen water speciale voorzorgen vereist en bepaalde voorwaarden moeten worden gesteld aan de korrelgrootte, de filterbeddike en de aard van het filtermateriaal.

Het aantal factoren waarmee bij het ontwerp van een filterinstallatie moet worden rekening gehouden is veelal zó groot dat niet gegeneraliseerd kan worden en dat algemene regels nooit zonder meer mogen worden toegepast. De filterconstructie hangt nauw samen met de aard en de voorbehandeling van het te filtreren water. Naast chemische en physische problemen zullen vragen van constructieve, bedrijfstechnische, organisatorische en economische aard in het ontwerp worden betrokken. Ook de plaatselijke omstandigheden dienen in aanmerking te worden genomen. Daar het resultaat van het samenspel van al deze factoren vooraf meestal niet met voldoende zekerheid kan worden vastgesteld is het gewenst de zuiveringsmethode van te voren zo goed mogelijk te onderzoeken met behulp van een proefinstallatie. In de voorbereiding en uitvoering van een proefonderzoek, in de beoordeling van de resultaten daarvan en het trekken van conclusies dient een ervaren waterleidingchemicus te worden betrokken.

Het zal uit het voorgaande duidelijk geworden zijn dat bij het ontwerpen van een filterinstallatie gebruik zal moeten worden gemaakt van ervaringen die in de loop der tijden ten aanzien van de constructie en de bedrijfsvoering van filters zijn opgedaan. Om te beginnen is dit de eigen ervaring van het betrokken bedrijf, maar daarnaast ook de kennis die verkregen is door uitwisseling van gegevens, literatuurstudie, enz. Maar al te vaak zullen er evenwel punten zijn waarmede geen rekening werd gehouden omdat ze de ontwerper niet bekend waren of omdat men er eenvoudig niet aan dacht. Dit is mede het gevolg van het tot dusverre ontbreken van een overzicht waarin de belangrijkste ervaringen zijn samengevat. De in dit rapport gegeven richtlijnen hebben ten doel in deze leemte te voorzien. De meer algemene gegevens, die voor het ontwerpen en de behandeling van snelfilters van belang geacht worden, zijn zo goed mogelijk systematisch gebundeld tot aanwijzingen die echter niet meer bedoelen te zijn dan een leidraad voor de ontwerper. Zeer zeker mogen deze richtlijnen niet worden beschouwd als een handleiding voor het bouwen van filters. *Ze zijn overigens ook slechts bedoeld om te worden gehanteerd door ter zake deskundigen die de aanwijzingen met verstand van zaken kunnen interpreteren en toepassen.* Het klakkeloos overnemen van de gegevens heeft volstrekt geen zin; alles dient in het juiste verband, in samenhang met de speciale eisen en eigen bijzonderheden van de installatie te worden gezien. Een intensieve samenwerking tussen deskundigen op het gebied van chemische, bacte-

riologische, fysieke en bouwtechnische problemen is onontbeerlijk voor het berekenen van een hygiënische, constructieve eenheid in de opzet van een goed werkende zuiveringsinstallatie. De uitgewerkte ontwerpen dienen daartoe dan ook weer met alle deskundigen te worden besproken vóór de definitieve uitvoering. Steeds dient te worden aangestuurd op eenvoudige oplossingen; gewaagde, ingewikkelde en kwetsbare constructies moeten worden vermeden, of te voren langdurig worden beproefd.

De in dit rapport voorkomende grootheden zijn doorgaans uitgedrukt in SI-eenheden (Système International d'unités, gebaseerd op het praktische eenhedenstelsel of MKSA-stelsel). Dit internationaal aanvaarde stelsel is bij het onderwijs in Nederland reeds ingevoerd en ook in het bedrijfsleven zal men zich ermee vertrouwd moeten maken. In enkele gevallen zijn de gegeven waarden voor een goed begrip in de gebruikelijke grootheden tussen haakjes achter die in SI-eenheden vermeld.

In die gevallen waarin gebruik zou moeten worden gemaakt van de SI-seconde-eenheid in verband met de filterbehandeling werd om praktische redenen van het SI-stelsel afgeweken. Zolang in de huidige tijdrekening bij de behandeling van filters met minuten, uren en dagen wordt gerekend zou het gebruik van de seconde als tijds-eenheid slechts aanleiding geven tot onoverzichtelijke waarden voor de looptijd, de filtratiesnelheid en de spoeltijd. Voorgesteld wordt voor doeleinden van meer wetenschappelijke aard de seconde als eenheid te bezigen, maar voor de filtergrootheden desgewenst het uur (eventueel minuut of dag) als eenheid te gebruiken en dan de volgende grootheden toe te passen,

looptijd in h (of d),

snelheid in m/h,

debiet in  $\text{m}^3/\text{h} = \text{filtratiesnelheid} \times \text{oppervlak} = (\text{m}/\text{h}) \times \text{m}^2$ ,

spoeltijd in min (of h).

De volgende grootheden kunnen nu gemakkelijk uit de voorgaande worden afgeleid.

Opbrengst van het filter = debiet  $\times$  looptijd in  $(\text{m}^3/\text{h}) \times \text{h} = \text{m}^3$

Specifieke opbrengst = debiet  $\times$  looptijd: oppervlak in  $(\text{m}^3/\text{h}) \times \text{h} : \text{m}^2$

(= filtratiesnelheid  $\times$  looptijd in  $(\text{m}/\text{h}) \times \text{h}$ ).

Het soortelijk gewicht wordt uitgedrukt in  $\text{N}/\text{m}^3$  of  $\text{kN}/\text{m}^3$

( $1 \text{ kgf}/\text{dm}^3 = 9,81 \text{ kN}/\text{m}^3$ ).

Drukken worden uitgedrukt in  $\text{N}/\text{m}^2$

( $1 \text{ kgf}/\text{cm}^2 = 9,81 \times 10^4 \text{ N}/\text{m}^2$ ) of in bar (b) of millibar (mb).

Voor drukverliezen, b.v. in filters en buisleidingen, die vaak in cm of m wk werden opgegeven, is het gebruik van mb gemakkelijk omdat  $1 \text{ cm wk} = 0,981 \text{ mb} \approx 1 \text{ mb}$ .

Ten tijde van de voorbereiding van dit rapport hadden de volgende personen zitting in de Commissie Filterconstructies.



*voorzitter*

IR. K. W. H. LEEFLANG      Hoofd van de Scheikundige en Bacteriologische Dienst van het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland.

*leden*

IR. J. J. B. BIJKER      Directeur van de Gemeente Drinkwaterleiding van Rotterdam.

IR. B. G. BLEEKER      Hoofd van de Technische Afdeling van het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening te 's-Gravenhage.

DRS. H. J. BOORSMA      Hoofd van de Chemisch-Bacteriologische Afdeling van het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening te 's-Gravenhage.

DR. IR. J. E. CARRIÈRE      Oud-directeur van de N.V. KIWA te 's-Gravenhage.

IR. G. P. M. DIKÖTTER      Directeur van de N.V. Waterleiding Maatschappij „Zeeuwsch-Vlaanderen”.

IR. A. J. GURCK      Oud-directeur van de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage.

IR. H. HOLLAAR      Oud-directeur van het Gemeentelijk Waterbedrijf Haarlem.

IR. C. W. HULSBERGEN      Directeur van het Waterleidingbedrijf „Midden-Nederland”

IR. J. JÄGER      Directeur van de N.V. Tilburgsche Waterleiding Maatschappij.

DR. W. KAUFFMANN      In leven Hoofd van de Scheikundig-Bacteriologische Afdeling van de N.V. Intercommunale Waterleiding Gebied Leeuwarden.

IR. S. KRAMER      Oud-directeur van het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland.

IR. A. J. STURMAN      Directeur van de N.V. Waterleiding Maatschappij Oost-Brabant.

IR. J. THOMASSON      Oud-hoofdingenieur bij de Gemeentewaterleidingen van Amsterdam.

IR. G. WIJNSTRA      Directeur van de N.V. KIWA te 's-Gravenhage.

*secretariaat*

IR. A. DE LATHOUDER      Hoofd van de Speurwerkafdeling van de N.V. KIWA  
te 's-Gravenhage.

M. SOLLMANN              Medewerker van de Speurwerkafdeling van de N.V.  
KIWA te 's-Gravenhage.

Van de mededelingen die de commissie in de loop van haar zittingsperiode heeft gepubliceerd, is een overzicht opgenomen aan het slot van de literatuuropgave (lit. 59 t/m 66).



Filtergalerij met bedieningslessenaars in het pompstation Kolff te Waardenburg van de Waterleiding Maatschappij Gelderland. (Foto: Machinefabriek Gebr. Rossmark N.V., Almelo)



## 2 Omschrijving van enkele aanduidingen

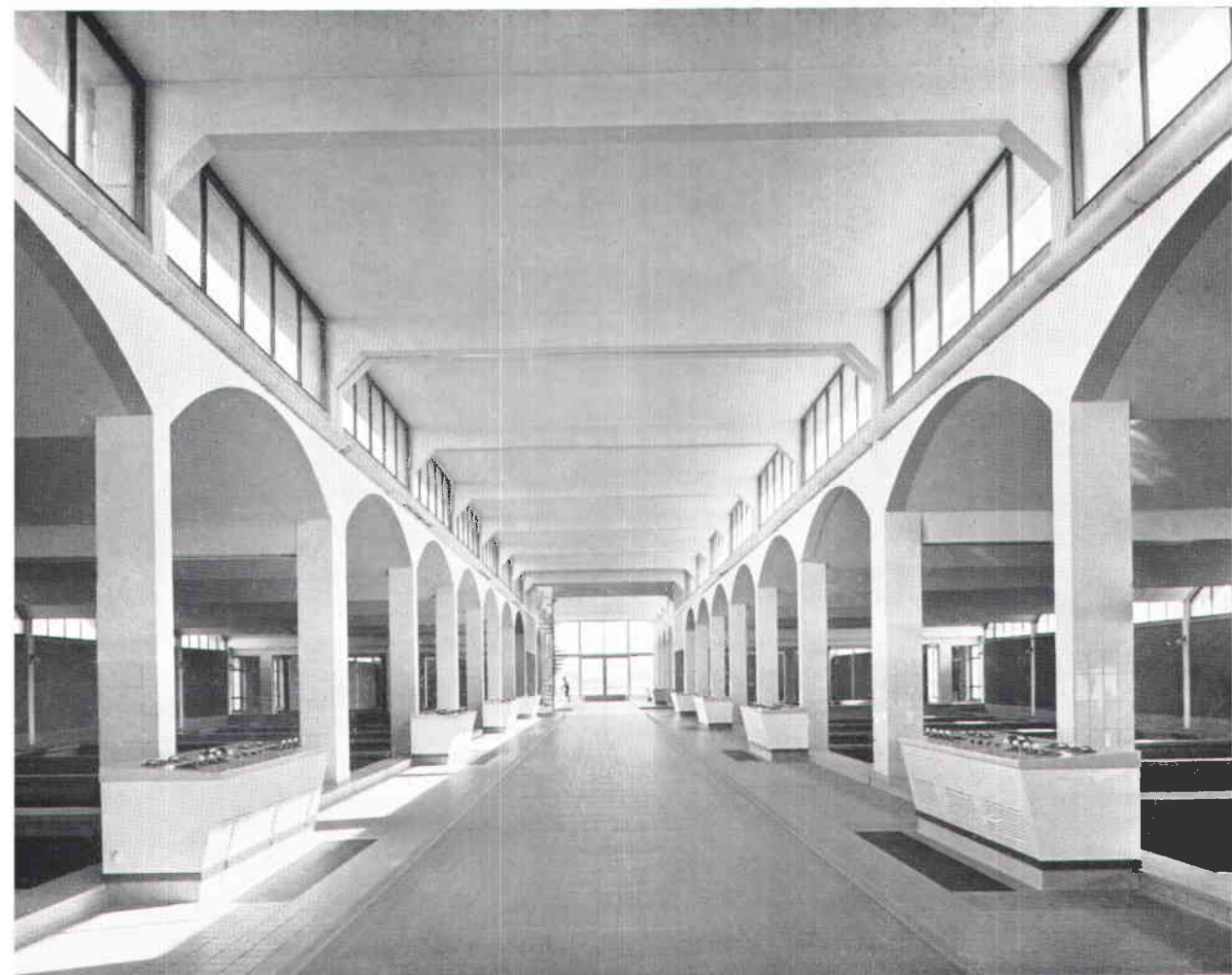
Aangroeiing (van het filtermateriaal)	de uit het ruwe water afkomstige aangegroeide vaste afzetting op het filtermateriaal, die het poriënvolume vrijwel niet beïnvloedt.
Blijvende vervuiling (van een filterbed)	de hoeveelheid slib (een gedeelte van de totale vervuiling) die niet door de gebruikelijke spoeling wordt verwijderd.
Debiet	doorgestroomde of afgeleverde hoeveelheid water of lucht in m <sup>3</sup> /h (ook levering, volumestroom).
Dieptevervuiling	vervuiling van het filter waarbij het slib over grote diepte van het filterbed verdeeld is (vergelijk oppervlaktevervuiling).
Effectieve korreldiameter	zie werkzame korreldiameter.
Filterbed	de in het filter boven de filterbodem of steunlaag aangebrachte hoeveelheid zand, bestemd voor de filtratie van het erdoor gevoerde water.
Filterdebiet	de hoeveelheid water die het filter per tijdseenheid passeert (uitgedrukt in m <sup>3</sup> /h).
Filtratieperiode	zie looptijd.
Filtratiesnelheid	de boven het filterbed in de filtratierichting gemeten snelheid van het te filtreren water, zijnde het quotiënt van het debiet en de oppervlakte van het zandbed (uitgedrukt in m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h of m/h).
Filtratieweerstand	Het drukverlies in het filterbed, uitgedrukt in millibar (1 mb = 1,02 cm wk), ten gevolge van de vloeistofstroming door het bed tijdens de filtratie. Doorgaans wordt de weerstand van bodem, drains of spoelkoppen in dit drukverlies begrepen.
Gecombineerde spoeling	gelijktijdige spoeling met water en lucht.
Gelijkvormigheidscoëfficiënt	quotiënt van de gemiddelde en de werkzame (effectieve) korreldiameter (zie afb. 6).

Gemiddelde korreldiameter	die korreldiameter van een bepaalde hoeveelheid filtermateriaal, waarvoor geldt dat 60% (gewichtsprocenten) van het beschouwde filtermateriaal een kleinere diameter heeft (60%-grenswaarde, zie afb. 6).
Granulometrie	zie korrelgrootteverdeling.
Korrelgrootteverdeling van een filtermateriaal	frequentieverdeling van de verschillende diameters van de korrels van een filtermateriaal. Deze wordt verkregen uit een zeefanalyse, waarbij een hoeveelheid zand in een aantal fracties van verschillende korreldiameter wordt verdeeld (zie afb. 6).
Levering	zie debiet.
Looptijd	periode tussen twee opeenvolgende filterspoelingen.
Luchtdrains	zie spoelluchtnet.
Opbrengst	zie specifieke wateropbrengst.
Oppervlaktevervuiling	vervuiling van het filter waarbij het slib in hoofdzaak in de bovenste laag van het filter voorkomt (vergelijk dieptevervuiling).
Poriënvolume (van het filtermateriaal)	de ruimte tussen de korrels van een hoeveelheid filtermateriaal, uitgedrukt in % van het totale volume (materiaal en poriën).
Soortelijk gewicht van het filtermateriaal	het gewicht van het volle materiaal, dus gerekend zonder poriën, per eenheid van volume uitgedrukt in $\text{kN/m}^3$ ( $\text{kgf/dm}^3$ ) Opm.: het gestorte gewicht is belangrijk lager en bedraagt b.v. bij een poriënvolume van 40%, 60% van het soortelijk gewicht.
Specificatie van een filtermateriaal	aanduiding van een filtermateriaal met twee korreldiameters die de bovenste en onderste grenswaarde vormen waarboven resp. waaronder 5% (gewichtsprocenten) van het filtermateriaal is gelegen (5%-95% grenswaarde).
Specifieke wateropbrengst van een filter	hoeveelheid gedurende een filtratieperiode (looptijd) gefiltreerd water in $\text{m}^3$ per $\text{m}^2$ filteroppervlak (= product van looptijd en filtratiesnelheid).
Specifieke sliblast van een filter	de gedurende één filtratieperiode per eenheid van filteroppervlak tegengehouden hoeveelheid slib (vuil) (uitgedrukt in $\text{kg}$ droge stof per $\text{m}^2$ ).
Spoelkoppen	van spleten voorziene elementen, die op regelmatige afstanden in de filterbodem zijn aangebracht, bestemd



Interieur van het snelfiltergebouw te Jutphaas van de N.V. Watertransport maatschappij Rijn-Kennemerland. (Foto: Gemeentewaterleidingen Amsterdam)





Snelfilters in het filtergebouw te Jutphaas van de n.v. Watertransport maatschappij Rijn-Kennemerland. (Foto: Gemeentewaterleidingen Amsterdam)

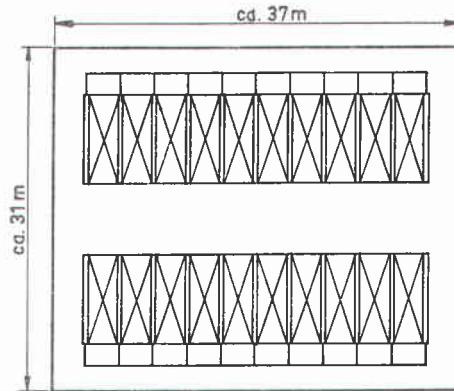
	voor de afvoer van het filtraat en de verdeling van de onder het filterbed toegevoerde hoeveelheden spoelwater en -lucht (zie afb. 5).
Spoelluchtnet	Onder in het filter aangebrachte geperforeerde buizen voor de verdeling van spoellucht onder het filterbed.
Spoelluchtverbruik	zie verbruik spoellucht.
Spoelsnelheid	de boven het zandbed in de spoelrichting gemeten snelheid van het spoelmedium (uitgedrukt in $m^3/m^2h$ of $m/h$ en voorzover het lucht betreft gerekend bij atmosferische druk).
Spoelwaternet	Onder in het filter aangebrachte geperforeerde buizen voor de afvoer van het filtraat en de verdeling van het spoelwater onder het filterbed.
Spoelwaterverbruik	zie verbruik spoelwater.
Spoelweerstand	het drukverlies in het filterbed, uitgedrukt in mb (1 mb = 1,02 cm wk), ten gevolge van de stroming van het spoelmedium door het bed. Veelal wordt de weerstand van de spoeelementen in dit drukverlies begrepen.
Steunlagen	de op de filterbodem aangebrachte overgangslagen van grof materiaal, waarop het eigenlijke filterbed steunt.
Tijdelijke vervuiling (van een filterbed)	de hoeveelheid slib (een gedeelte van de totale vervuiling) die door de gebruikelijke spoeling wordt verwijderd.
Totale vervuiling (van een filterbed)	de hoeveelheid slib (vuil) op en in een filterbed, eventueel uit te drukken in kg gedroogd slib per $m^3$ filtermateriaal. Het slib tussen de korrels van het filtermateriaal alleen mee te rekenen voorzover dit het poriënvolume beïnvloedt (dus geen korrelaangroeiing).
Uniformiteitscoëfficiënt	zie gelijkvormigheidscoëfficiënt.
Verbruik spoellucht	de voor één filterspoeling nodige hoeveelheid spoel- lucht, uitgedrukt in $m^3$ .
Verbruik spoelwater	de voor één filterspoeling nodige hoeveelheid spoel- water, uitgedrukt in $m^3$ of in % van de opbrengst gedurende de filtratieperiode.
Vervuiling (van een filterbed)	zie totale, blijvende, tijdelijke, oppervlakte- en diepte- vervuiling.
Volumebergang	zie dieptevervuiling.

Volumestroom	zie debiet.
Waterdrains	zie spoelwaternet.
Weerstand in mb	weerstand in millibar (1 mb = 1,02 cm waterkolom).
Werkzame korreldiameter	die korreldiameter van een bepaalde hoeveelheid filtermateriaal, waarvoor geldt dat 10% (gewichtsprocenten) van het beschouwde filtermateriaal een kleinere diameter heeft (10%-grenswaarde, zie afb. 6).

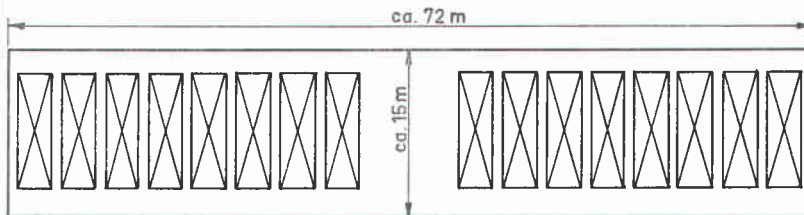
### 3 Grootte, aantal en vorm van open snelfilters

- 3.1 In het algemeen vertonen de investerings- en exploitatiekosten, b.v. gerekend per m<sup>2</sup> filteroppervlak, in een ruim gebied van filterafmetingen slechts betrekkelijk kleine verschillen. Om een goede filtratie te bewerkstelligen heeft geen voorkeur te worden gegeven aan een bepaalde filtergrootte. In de praktijk treft men dan ook een vrij grote variatie in het oppervlak per filtereenheid aan (ca 5-70 m<sup>2</sup>).
- 3.2 Een extreme verhouding tussen aantal en grootte dient te worden vermeden, in dien zin dat noch een klein aantal zeer grote, noch een groot aantal zeer kleine filters gewenst is. Beide uitersten leiden tot een oneconomische oplossing (zie de punten 3.3 en 3.4).
- 3.3 Zeer grote filteroppervlakken zijn niet aan te bevelen indien een beperkt aantal eenheden wordt toegepast. Tijdens het spoelen wordt dan nl. òf de totale opbrengst sterk verminderd òf de andere filters worden sterk overbelast. Bouwt men reserve-eenheden in verband met onderhoud, bedrijfsstoornis of voor wassen van het zand door overheveling, dan worden deze duur wegens hun grote afmetingen. Bovendien vereisen grote eenheden grote spoelpompen en -leidingen. Grote pompen geven op hun beurt weer kans op grote pieken in de belasting van het elektrische net.
- 3.4 Zeer kleine filteroppervlakken zijn evenmin aan te bevelen indien een groot aantal eenheden wordt toegepast, omdat vele eenheden een dure installatie en dus een grote investering vergen. Ook het aantal bedieningsuren voor spoelen zou onevenredig groot worden. Bovendien is een mogelijke storende invloed van de wand op de filtratie voor kleine filters groter dan voor grote.
- 3.5 Bij de keuze van aantal en grootte van de filtereenheden dient rekening te worden gehouden met een zodanige opzet, dat een efficiënte personeelsbezetting c.q. automatisering mogelijk is.

**AFB.1 GROEPSGEWIJZE OPSTELLING VAN FILTERS**



**AFB. 1a OPSTELLING VOOR- EN NAFILTERS IN HET POMPSTATION  
NOORDBERGUM VAN DE N.V. INTERCOMMUNALE WATERLEIDING  
GEBIED LEEUWARDEN  
FILTER AFMETINGEN: 7,92 x 2,53 m<sup>2</sup>**



**AFB. 1b OPSTELLING VAN DE FILTERS VOOR ENKELE OF DUBBELE  
FILTRATIE IN HET POMPSTATION TE CASTRICUM VAN HET  
PROVINCIAAL WATERLEIDINGBEDRUF VAN NOORDHOLLAND  
FILTER AFMETINGEN: 10,40 x 3,00 m<sup>2</sup>**

- 3.6 Er bestaat voor elk object een bepaald verband tussen de grootte en het aantal van de filters. Indien tijdelijk een opbrengstverlies resp. snelheidsverhoging van b.v. maximaal 10% (wegens spoelen) toelaatbaar wordt geacht moet het aantal filters ten minste 10 resp. 11 zijn. Bij kleine bedrijven zal, omdat een dergelijk aantal filters tot onaantrekkelijk kleine eenheden leidt, genoeg moeten worden genomen met een kleiner aantal filters, waarbij hetzij een grotere verhoging van de filtratiesnelheid tijdens het spoelen, hetzij een tijdelijke opbrengstvermindering zal moeten worden geaccepteerd.
- 3.7 Nog afgezien van de gewenste reservecapaciteit waarop met het oog op de toekomst dient te worden gerekend (zie onder punt 3.8) moet bij het bepalen van de maximale opbrengst per uur rekening worden gehouden met de tijd die nodig is voor onderhoud, spoelen en controle van de filters. Bij de berekening van de grootte van de filters dient er van te worden uitgegaan dat deze niet gedurende het volle etmaal in bedrijf zullen zijn, maar b.v. ten hoogste 20 à 22 uur.
- 3.8 Vooral met het oog op de toekomst moet bij het ontwerpen van de installaties met enige reservecapaciteit worden rekening gehouden. Het kan riskant zijn te trachten bij de filterbouw op betonwerk en leidingen te besparen. Zo is b.v. enige reserve in de hoogte van de expansieruimte boven het zandbed (zie echter ook punt 9.13), in de breedte en diepte van de spoelgoten en in de leidingdiameters gewenst.  
In verband met controle en reparatie is een goede toegankelijkheid (b.v. tot het filterbed en onder de spoelkoppensbodems) gewenst. Indien de opzet van de installatie zich daartoe leent is het gewenst er op te rekenen dat een filtergroep later op eenvoudige wijze met een aantal eenheden kan worden uitgebreid.
- 3.9 In de „Aanbevelingen” van de VEWIN wordt gesteld dat het leveringsvermogen van het productiebedrijf en van het pompbedrijf bij defect aan enig onderdeel daarvan niet mag dalen beneden 120% van het gemiddelde verbruik per etmaal. Dat houdt dus in dat bij een maximaal verbruik van 1,5 maal het gemiddelde dagverbruik 80% van de gevraagde hoeveelheid kan worden geleverd (zie ook punt 13.1).
- 3.10 In het algemeen dient voor betonnen filters aan een rechthoekige vorm de voorkeur te worden gegeven boven een ronde. Voor een rechthoekige vorm



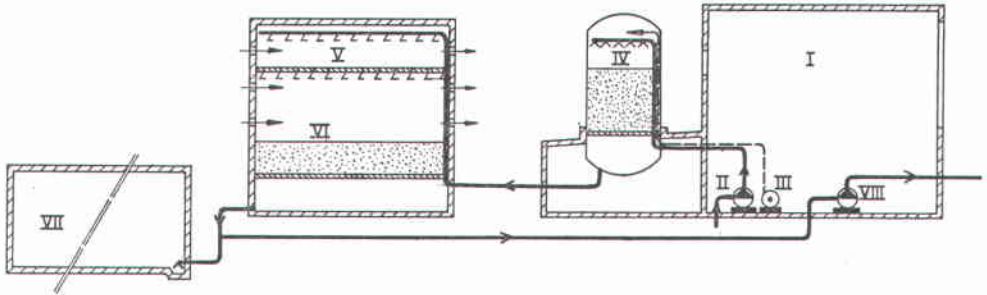
is de betonconstructie eenvoudiger, terwijl de filters in dat geval met minder oppervlakteverlies op elkaar kunnen aansluiten dan bij toepassing van andere grondvormen. In afb. 1 zijn enkele voorbeelden van groepsgewijze opstelling van filters gegeven. Zeer lange smalle filters met toevoer van ruw water aan één korte zijde zijn met het oog op het verkrijgen van een gelijkmatige verdeling van het slib over het filteroppervlak ongunstig (zie punt 10.5).

- 3.11 Voor filters met ronddraaiende sproeiërs verdient een cirkelvormige filterdoorsnede uit het oogpunt van een goede filtratie de voorkeur. Bij uitvoering van de filterbakken in beton kan het echter op grond van constructie-overwegingen aanbeveling verdienen in een dergelijk geval een benaderde cirkelvormige doorsnede (regelmatige veelhoek) toe te passen.

## 4 Open en gesloten snelfilters

- 4.1 Indien drukfilters niet speciaal vereist zijn, dient, in overeenstemming met de „Aanbevelingen” van de VEWIN, in het algemeen de voorkeur te worden gegeven aan open filters, opgesteld in een gesloten gebouw. Een vaste regel is hiervoor niet te geven. In bepaalde gevallen kunnen de omstandigheden dan ook zeker tot het gesloten filtertype doen besluiten. In ieder geval behoort zowel bij open als gesloten filters te worden gezorgd voor een goede mogelijkheid tot inspectie van het filterbed.
- 4.2 De inspectie en de controle van het filterbed kunnen in een open filter gemakkelijker worden uitgevoerd dan in een gesloten filter. De eenvoudige controlemogelijkheid van het spoelproces door visuele beoordeling in een open filter is waardevol. Voor een gesloten filter kan de mogelijkheid tot visuele controle soms worden verkregen door het aanbrengen van een patrijspoort.
- 4.3 Het gesloten systeem leent zich, vooral indien dit geplaatst is achter de hogedrukpompen, minder goed tot het uitvoeren van grote eenheden. Druk-ketels van grote afmetingen zijn nl. vrij kostbaar.
- 4.4 Voor kleine hoeveelheden kunnen eenvoudige gesloten ketels worden toe-gepast. Mede met het oog op de hygiëne wordt daarom bij kleinere bedrijven en particuliere voorzieningen soms de voorkeur aan gesloten filters gegeven. Uiteraard dienen bij toepassing van metalen ketels de nodige voorzorgen tegen corrosie te worden genomen en mogelijkheden (mangaten) voor in-wendige inspectie aanwezig te zijn.
- 4.5 Bij gebruik van open filters is de kans op verontreiniging, in het bijzonder bij toepassing van niet afgesloten ruimten voor sproeibeluchting boven de filters, groter dan bij gesloten filters.
- 4.6 De filtratiesnelheid kan worden begrensd door de eis dat de vervuiling met het oog op de kwaliteit van het filtraat en een goede spoelwerking niet te

**AFB. 2 SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN DUBBELE FILTRATIE MET GESLOTEN VOORFILTRATIE, TOEGEPAST IN HET POMPSTATION BEILEN VAN DE N.V. WATERLEIDINGMAATSCHAPPU „DRENTHE“**



- I POMPGEBOUW
- II POMP VOOR TOEVOER VAN RUWWATER
- III COMPRESSOR VOOR TOEVOER VAN LUCHT
- IV GESLOTEN DROOGFILTER, SNELHEID 20 à 25 m<sup>3</sup>/h
- V ONTZURINGSRUIMTE, DUBBELE SPROEIING
- VI NAFILTER, SNELHEID ca. 9 m<sup>3</sup>/h
- VII REINWATERKELDER
- VIII REINWATERPOMP

diep in het filter mag doordringen. Indien de kwaliteit van het filtraat en de vervuiling van het bed bij open filtratie geen directe beperking aan de filtratiesnelheid stellen, wordt de snelheid beperkt door de toelaatbare bovenwaterstand of de toelaatbare filterweerstand in verband met de kans op te grote onderdruk in het filterbed.

- 4.7 Hoge filtratiesnelheden kunnen in het bijzonder in gesloten filters (drukfilters) gerealiseerd worden. In die gevallen waar het toepassen van hoge filtratiesnelheden geen nadelige invloed op de kwaliteit van het filtraat en de spoelwerking heeft, kan daarom veelal met voordeel van gesloten filtratie gebruik worden gemaakt.
- 4.8 Een dergelijk filter met hoge filtratiesnelheid biedt het voordeel van een klein filteroppervlak (ruimtebesparing) en opent bovendien de mogelijkheid tot opstelling buiten een gebouw (besparing bouwruimte). In dat geval dienen echter, speciaal bij toepassing van metalen filters, de nodige maatregelen tegen atmosferische invloeden (corrosie, vorst) te worden genomen.
- 4.9 Bij open filtratie met beluchting boven het filter kunnen de gassen vrij ontwijken waardoor een eventuele ontzuring gemakkelijker en sneller kan verlopen dan bij gesloten filtratie. Ook de ontijzering kan hierdoor in gunstige zin worden beïnvloed.
- 4.10 Bij gesloten filtratie kan de ontzuring vóór of/en na de filtratie worden bewerkstelligd in een afzonderlijke ontzuringruimte. Een voorbeeld van gesloten filtratie toont afb. 2.
- 4.11 Als er voor de zuivering veel lucht nodig is kan het gesloten filter voordeel bieden omdat de nodige lucht dan in de gewenste hoeveelheid met een pomp of compressor kan worden toegevoerd. Uiteraard impliceert een dergelijke geforceerde luchttoevoer een hoger energieverbruik. Gemakkelijk te zuiveren watertypen kunnen soms in gesloten filters worden behandeld zonder bijzondere maatregelen voor de beluchting.
- 4.12 Het open filter kan niet worden opgenomen in een circuit dat onder druk staat. Een systeem onder druk kan van voordeel zijn indien men een bepaald drukniveau voor en achter het filter met één pompinstallatie wenst te handhaven of indien b.v. reeds van nature een hoge voordruk aanwezig is.

- 4.13 Staat het gesloten systeem onder druk dan behoeft de waterbehandeling, b.v. de toevoeging van chemicaliën onder druk, niet tot bijzondere complicaties te leiden. Onder bepaalde omstandigheden kan de dosering zelfs beter constant worden gehouden bij aanwezigheid van tegendruk.
- 4.14 Indien boven open filters wordt gespreid, moet met de hierdoor veroorzaakte onvermijdelijke vochtigheid in het filtergebouw rekening worden gehouden. Bij gesloten filters bestaat er doorgaans weinig gevaar voor een te hoge vochtigheidsgraad van de omgeving.
- 4.15 Bij toepassing van open filters is het nuttig de instrumenten en de elektrische installatie alsmede de pompen en buisleidingen onder te brengen in afzonderlijke ruimten, waarvan de lucht desgewenst kan worden gedroogd. Om de vochtigheidsgraad te verlagen worden veelal automatisch werkende luchtdrooginstallaties gebruikt.

## 5 Spoelsystemen

5.1 In principe kunnen de volgende spoelsystemen worden toegepast:

*a Systemen met geperforeerde buizen (drains)*

Dit vaak toegepaste systeem bestaat uit evenwijdig aan elkaar liggende buizen voorzien van gaatjes. Zij worden toegepast in combinatie met uit grind van verschillende korrelafmetingen opgebouwde steunlagen. Bij toepassing van een spoeling met water en lucht zijn gescheiden lucht- en waternetten noodzakelijk (zie ook punt 5.5).

*b Systemen met spoelkoppen*

De toepassing van spoelkoppen waarbij een extra bodem wordt toegepast, waaronder zich een ruimte bevindt voor de afvoer van het filtraat en de toevoer van spoelwater en -lucht, wint steeds meer veld. Steunlagen zijn hierbij in het algemeen overbodig.

*c Systemen met spleet- of cirkelvormige openingen in de bodem*

1e Spleetbodems zijn opgebouwd uit balken met er tussen gelegen doorgaande spleten van b.v. 5 à 10 mm breedte. Op dergelijke bodems worden steunlagen aangebracht (o.a. Bamagtype, zie afb. 3a).

2e De in de U.S.A. veel toegepaste Wheelerbodem heeft omgekeerd pyramidevormige sparingen met een doorgang van 20 mm diameter naar de ruimte onder de bodem. Deze sparingen zijn gevuld met bollen van vrij grote diameter. Boven de bodem zijn steunlagen aangebracht (zie afb. 3b).

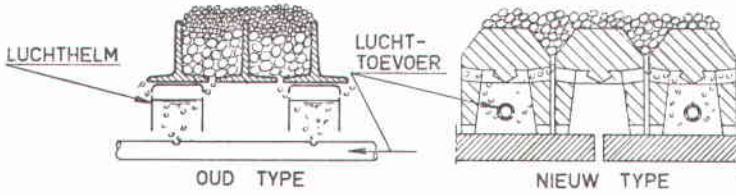
3e Bodems, met op kleine onderlinge afstand aangebrachte gaatjes van 5 à 10 mm diameter en één of meer steunlagen (geperforeerde bodems). De grote kans op verzanding met als gevolg verstopping en het corrosiegevaar bij toepassing van metalen onderdelen hebben tot gevolg gehad dat dit type niet tot uitgebreide toepassing is gekomen.

4e Holle blokken voorzien van spleten of gaten met een wijde van ca. 5 mm worden toegepast in de systemen van Wagner resp. Leopold. In de U.S.A. wordt dit bodemtype veel gebruikt (zie afb. 3c).

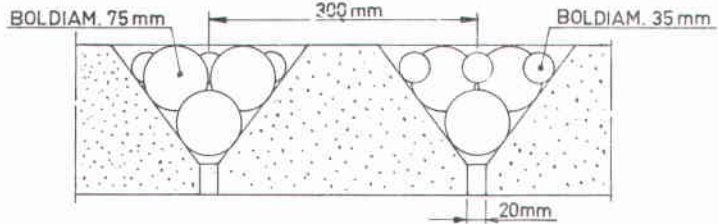


**AFB. 3 ENKELE BUZONDERE BODEMTYPEN**

**AFB. 3a BAMAGBODEM**

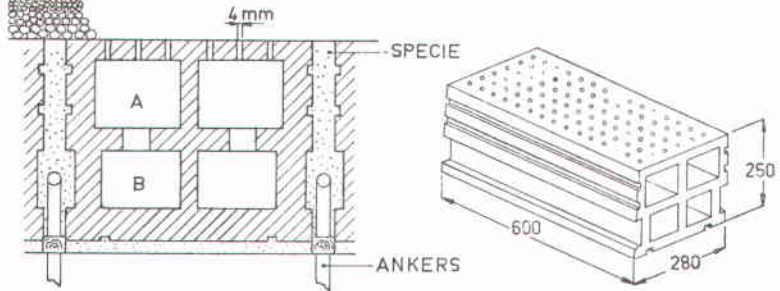


**AFB. 3b WHEELERBODEM**



**STEUNLAGEN**

**AFB. 3c LEOPOLDBODEM**



VERTIKALE DOORSNEDE OVER EEN  
„LEOPOLD“ BLOK IN DE FILTERBODEM

„LEOPOLD“ BLOK MET GATEN

A = VERDEELKANAAL

B = DOORGAAND KANAAL MET CENTRALE TOE- EN AFVOER

5e Poreuze bodems, gemaakt van gesinterd of keramisch materiaal, hebben vaak aanleiding gegeven tot verstoppingen die moeilijk op te heffen zijn. Zij vinden daarom in Nederland weinig of geen toepassing.

- 5.2 In principe bestaat er bij toepassing van spoелеlementen zoals drains en spoelkoppen, die voorzien zijn van nauwe openingen in de vorm van spleten of ronde gaten, gevaar voor verstopping door dichtslibben of aankoeken van afzettingen uit het water zoals algen, ijzer- en mangaanverbindingen. Dit is vooral van belang voor voorfilters waarvan het filtraat nog onreinheden bevat, b.v. door onvolledige ontmanganing. De spoelopeningen dienen dan ook zo groot te worden gekozen dat het gevaar voor verstopping zo klein mogelijk is. Anderzijds mag, indien de primaire weerstanden (toevoerweerstand) niet voor alle plaatsen gelijk zijn, de weerstand van de uitstroomopeningen voor lucht en water niet te klein zijn (d.w.z. de openingen niet te groot), ten einde een gelijkmatige verdeling van het spoelwater en vooral van de spoellucht te bewerkstelligen. Zouden de openingen wegens de gewenste weerstand te klein uitvallen dan kan, zo dit op grond van andere overwegingen geen bezwaar oplevert, de spoelsnelheid groter worden gekozen dan strikt noodzakelijk is. Op deze wijze kunnen de openingen onder behoud van een redelijke weerstand dan toch iets worden vergroot (zie ook punt 5.7).
- 5.3 Er moet naar gestreefd worden dat het spoelsysteem zowel gecombineerde als afzonderlijke spoeling met water en lucht mogelijk maakt.
- 5.4 Voor een regelmatige reiniging en controle van de spoелеlementen, in het bijzonder met het oog op verstoppingen, is het gewenst dat deze van buitenaf bereikbaar zijn. Hiertoe zouden, indien de constructie zich ervoor leent, bij een drainstelsel de buizen door de filterwand moeten worden gevoerd, opdat zij kunnen worden doorgeraagd en doorgespoten. Bij toepassing van spoelkoppen wordt aanbevolen onder de bodem een kruipruimte van 0,80 à 0,90 m hoogte te maken, zodat de spoelkoppen van onderen af bereikbaar zijn. Door de vereiste stahoogte in de buizenkelder is de verwezenlijking van deze extra filterhoogte doorgaans zonder noemenswaardige kostenverhoging van het bouwwerk mogelijk (zie punt 5.18).
- 5.5 Voor moeilijk te behandelen water en voor onbehandeld oppervlaktewater kan de toepassing van geperforeerde buizen (gescheiden water- en luchtnet) de voorkeur boven spoelkoppen verdienen. Het is dan mogelijk het luchtnet tijdens de filtratieperiode met chloorwater gevuld te houden om verstopping door de groei van plankton, bryozoën en andere organismen tegen te gaan.

Voor speciaal behandeld oppervlaktewater kan worden verwezen naar punt 5.15.

- 5.6 In de praktijk worden voor het waternet van drainstelsels o.a. de volgende materialen gebruikt: koper, gietijzer, beton, asbest-cement, plastic. Voor het luchtnet werd tot dusverre veelal koper gebruikt, doch ook de andere genoemde materialen worden toegepast.  
Ter voorkoming van aantasting verdient uitvoering in corrosievast materiaal de voorkeur. Met het oog hierop vindt plastic tegenwoordig meer en meer toepassing. Bestandheid tegen erosie en corrosie, b.v. door chloor, blijven echter ook in dit geval speciale aandacht vragen.
- 5.7 Uit de hydrodynamica volgt dat een spoelbuizensysteem (drains) strikt genomen slechts voor één toestand een gelijkmatige verdeling van het spoelmedium over alle verdeelpunten kan bewerkstelligen. Om een voldoende gelijkmatige verdeling voor verschillende spoelsnelheden te waarborgen dienen de drains ruim te worden gedimensioneerd en de uitstroomopeningen niet te groot gekozen te worden (zie ook punt 5.2). Wegens de kans op verstopping mogen de gaten echter niet te klein zijn.
- 5.8 Over de bepaling van de diameter en de onderlinge afstand van gaten in buizen op zodanige wijze dat een zo regelmatig mogelijk verdeelde uitstroming wordt verkregen, zijn door verschillende onderzoekers experimentele en theoretische onderzoeken gedaan, die in de literatuur bekend zijn onder de naam „manifold”-probleem (lit. 17, 39, 42).
- 5.9 Bij toepassing van drains is het, wegens de grootte van de erin aangebrachte gaten, nodig tussen het zandbed en de drains één of meer z.g. steunlagen van grind aan te brengen.
- 5.10 Uit de Amerikaanse literatuur volgen voor het ontwerpen van drains enige aanwijzingen die erop neerkomen dat het oppervlak van de dwarsdoorsnede van de waterdrains 2 à 4 maal zo groot moet zijn als het totale oppervlak van de erin aangebrachte gaatjes, terwijl het oppervlak van de gaatjes  $\leq 0,7\%$  van het filteroppervlak moet zijn. Deze regels moeten slechts worden gezien als een ruwe oriëntatie, omdat steeds aan de in de punten 5.7 en 5.8 genoemde voorwaarde (gelijkmatig verdeelde uitstroming) moet worden voldaan. In ieder geval geeft een groot aantal kleine gaatjes een betere verdeling dan een klein aantal grotere gaten.
- 5.11 De afmetingen van het spoelwaternet variëren in de praktijk tussen ruime

grenzen; dit o.a. als gevolg van de grote variaties in de steunlagen, het zandbed, het watertype en de grootte van het filter. Mede aan de hand van een door de COFICO gehouden enquête kunnen voor de afmetingen de volgende richtlijnen worden gegeven: onderlinge afstand van de drains = 100 à 150 tot 250 à 300 mm; buisdiameter 50 tot 100 à 125 mm; afstand tussen de gaten = 100 tot 200 à 250 mm; diameter van de gaten 5 tot 15 mm. De gaten liefst te maken in twee rijen onder een hoek van 45° met de vertikaal naar beneden.

- 5.12 Het spoelluchtnet wordt als regel op zo kort mogelijke afstand boven het waternet geplaatst, om de hoogte van het spoelsysteem zoveel mogelijk te beperken. Met het oog op de z.g. schaduwwerking mag de buisdiameter niet te groot worden gekozen. Voor een goede verdeling van de lucht mag de diameter van de luchtbuizen daarentegen ook weer niet te klein zijn. Bij gelijke drukverschillen en gelijke debieten spoellucht en -water kan het oppervlak van de luchtgaten in beginsel ca. 1/30 van dat der wateropeningen worden gekozen.
- 5.13 De in de praktijk voorkomende maten van het spoelluchtnet zijn: buisafstand = 100 tot 200 à 300 mm; buisdiameter = 20 tot 50 à 100 mm; afstand gaten = 100 tot 150 mm; diameter gaten = 1 tot 3 mm. De gaatjes moeten, om een zo gelijkmatig mogelijke luchtverdeling te verkrijgen, onder in de buis worden aangebracht. Dit kan hier eveneens in twee rijen onder een hoek van 45° met de vertikaal naar beneden geschieden. Opdat tijdens het filtratieproces geen luchtbellen in het filterbed komen is het gewenst het spoelluchtnet aan de bovenzijde te voorzien van enkele kleine gaten die na het spoelen automatisch een ontluchting bewerkstelligen.
- 5.14 Bij toepassing van spleetbodems (o.a. Bamag) en andere bodems waarbij de lucht onder minimale weerstand tot het filterbed toetreedt, moet grote zorg worden besteed aan een horizontale afstelling van die delen van de bodemconstructie waardoor de lucht in het water onder de filterbodem uitreedt.
- 5.15 Voor grondwater en zodanig voorbehandeld oppervlaktewater dat geen nagroei meer kan optreden, kan vrijwel steeds gebruik worden gemaakt van een spoelkopen- of een spleetbodem. Voor onbehandeld oppervlaktewater kan de in punt 5.5 gegeven oplossing gewenst zijn.
- 5.16 Aanvankelijk werden de spoelkopen veelal van phenolharsen vervaardigd. Deze spoelkopen waren weliswaar vormvast maar vertoonden een vrij sterke erosie. Porseleinen kopen zijn vormvast en bestand tegen zuren en

de erosiewerking van het filterzand. Zij zijn evenwel breekbaar en de nauwkeurigheid van afwerking is niet altijd bevredigend. Spoelkoppen van metaal worden vrijwel niet toegepast. Tegenwoordig worden verschillende soorten kunststoffen toegepast die goed bestand zijn tegen erosie en corrosie en geen of een minimale hoeveelheid water opnemen waardoor de vormvastheid gewaarborgd is. Bij regelmatig gebruik van chloor moet er bijzondere aandacht aan worden besteed dat de spoelkoppen hiertegen bestand zijn. Kunststoffen met een zekere mate van elastische vervormbaarheid hebben het voordeel dat ze vrijwel onbreekbaar zijn.

- 5.17 Bij toepassing van spoelkoppen verdient het in het algemeen geen aanbeveling steunlagen toe te passen. In bepaalde gevallen kan een steunlaag echter nuttig zijn om verstopping te voorkomen. Hiervoor zij verwezen naar punt 6.5.
- 5.18 Het spoelkoppensysteem in combinatie met een zandbed van gelijkvormig materiaal stelt, wat betreft de verstoring van het bed, geen grenzen aan de toe te passen water- en luchtspoelsnelheden. Door de afwezigheid van verschillende lagen behoeft de verplaatsing van het filtermateriaal door het bed tijdens het spoelen in dit geval namelijk geen bezwaar te zijn. Genoemde combinatie heeft bovendien het voordeel van een lagere filterbouwhoogte door de afwezigheid van steunlagen. Dit voordeel komt bij het maken van een kruipruimte onder de spoelkoppensbodemploeg echter te vervallen (zie echter ook punt 5.4).
- 5.19 De spoelkoppen moeten zodanig gevormd en opgesteld zijn dat een regelmatige verdeling van het spoelmedium over het filter wordt gewaarborgd. Het door de spoeling veroorzaakte op- en neerwaartse transport van het filtermateriaal kan de reiniging ten goede komen (zie afb. 4). Hierbij mogen geen onwerkzame gebieden voorkomen, noch direct boven de spoelkop (schaduwwerking) noch direct boven de bodem (dode hoeken bij te grote spoelkopafstand).
- 5.20 Het kan raadzaam zijn spoelkoppen verzonken in de bodem aan te brengen. Bij verdiepte opstelling in kegelvormige sparingen wordt de kans op „dode” gebieden op of nabij de bodem verkleind, terwijl de betere geleiding van de stroming tot beperking van het aantal spoelkoppen leidt. De kans op beschadiging ten slotte wordt bij verdiepte opstelling verminderd. Er moet evenwel rekening mee worden gehouden dat een vermindering van het aantal spoelkoppen aanleiding geeft tot een grotere bodemploeg.



Pompgebouw met voorfilters te Beilen van de N.V. Waterleiding Maatschappij Drenthe.  
(Foto: N.V. Waterleiding Maatschappij Drenthe)

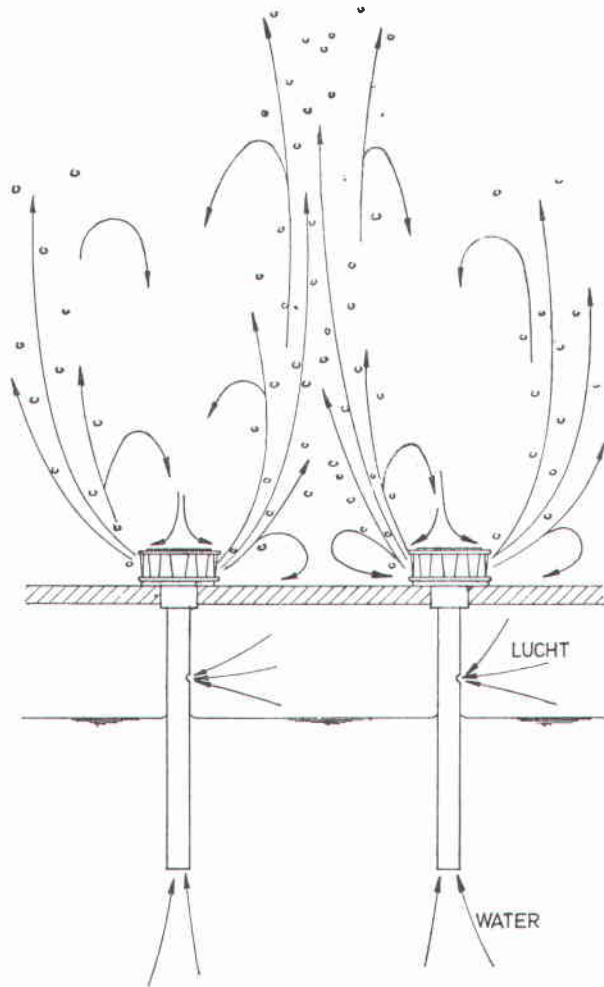


Spelwatertoren van de snelfilters van het Pompstation Leiduin der Gemeentewaterleidingen van Amsterdam. (Foto: Gemeentewaterleidingen Amsterdam)



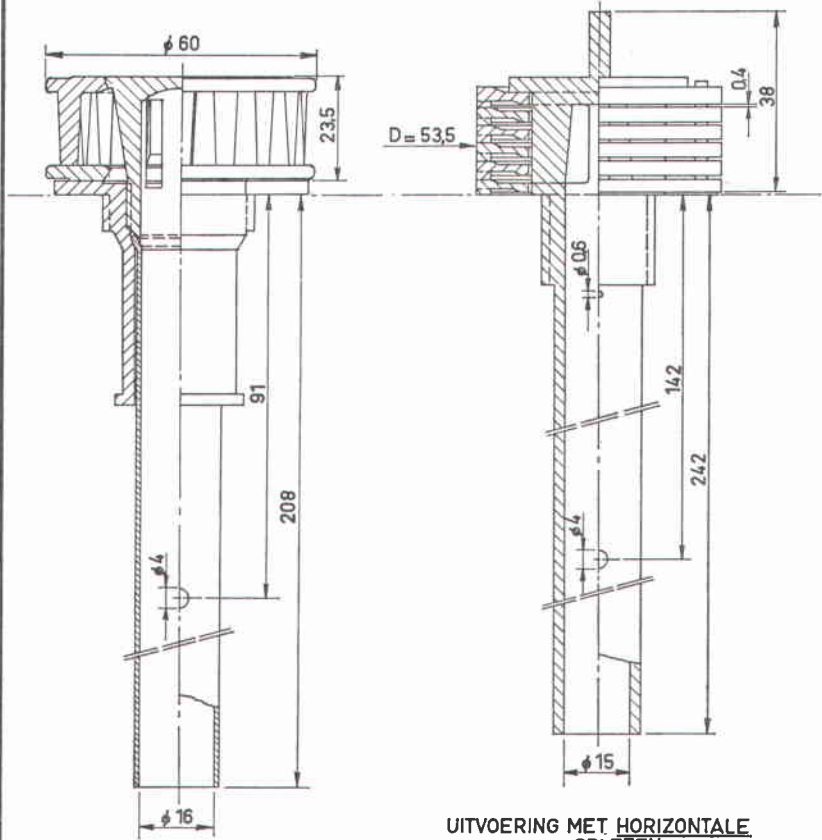
- 5.21 Voor de luchtspoeling zijn de spoelkoppen voorzien van z.g. dompelpijpjes die een inwendige diameter hebben van 15 à 20 mm. In deze pijpjes is een luchtspleet of zijn één of meer luchtgaatjes aangebracht. De luchtspleten hebben een lengte van 40 à 60 mm en een breedte van ca. 1 mm. Meestal echter wordt aan gaatjes de voorkeur gegeven omdat de luchtverdeling dan minder gevoelig is voor onnauwkeurigheden in de afstelling, de kans op verstopping kleiner is en de fabricage iets eenvoudiger is. De gaatjes hebben een diameter van 3 à 5 mm. Bij een gegeven diameter van de gaatjes wordt de maximaal toelaatbare luchtspoelsnelheid bepaald door de lengte van de dompelpijpjes onder de spoelluchtgaatjes. Om een goede gecombineerde spoeling door spoelkoppen te waarborgen is een berekening of experimentele bepaling van de gaatjes in de dompelpijpjes gewenst (lit. 26).
- 5.22 Ten einde bij het spoelen een rustig waterniveau onder de bodem te waarborgen moet de toevoer van de spoellucht boven dit waterniveau plaats vinden. Om bepaalde nadelen, verbonden aan een plaatselijke invoer van grote hoeveelheden spoellucht onder de spoelkoppensbodem te vermijden, wordt vaak een verdeelpijp en soms ook wel een verdeelnet voor de spoellucht onder deze bodem gemonteerd. Indien de bodem goed horizontaal is afgesteld, kunnen de spoelkoppen zonder verdere voorzorgen in de bodem worden geschroefd. De spoelluchtgaatjes dienen uiteraard zo goed mogelijk in een horizontaal vlak te liggen (bij twee of meer onder elkaar gelegen gaatjes uiteraard in twee of meer horizontale vlakken). Met het oog hierop dient doorbuigen van de spoelkoppensbodem door directe belasting of verschillen in waterdruk te worden vermeden.
- 5.23 Het aantal spoelkoppen bedroeg tot voor enkele jaren meestal omstreeks 70-90 per m<sup>2</sup>. Sinds geruime tijd worden echter met dichtheden van 60 en minder spoelkoppen per m<sup>2</sup> gunstige resultaten bereikt. De kleinste waarde die momenteel in de praktijk veelvuldig wordt toegepast is 36 koppen/m<sup>2</sup> in verdiepte opstelling (zie het slot van punt 5.20).  
Bij toepassing van een klein aantal spoelkoppen per m<sup>2</sup> dient er speciaal op te worden gelet dat de verdeling van het spoelmedium over de filterdoorsnede voldoende regelmatig is.
- 5.24 Een praktische oplossing voor de constructie van de spoelkoppensbodem wordt verkregen door deze op te bouwen uit vierkante of rechthoekige platen die in de hoekpunten worden ondersteund en bevestigd ofwel op geprofileerde steunbalken worden opgelegd en vastgezet.

AFB. 4 STROMING IN HET FILTERBED TJDENS SPOELN



- 5.25 De wijidte van de spleten in de spoelkoppes wordt met het oog op verstopping niet kleiner dan 0,5 mm gekozen. De maximale spleetwijdte wordt bepaald door de korrelgrootte van de fijnste fracties van het filtermateriaal waarin de spoelkop zich bevindt. Deze bedraagt voor de gebruikelijke uitvoeringen niet meer dan 0,8 mm, maar met het oog op de toepassing van grof filtermateriaal of filtermateriaal op steunlagen zijn ook spoelkoppes met spleten van 1,2 mm verkrijgbaar.
- Indien na verloop van tijd ten gevolge van herhaald spoelen in het bed een zekere scheiding naar korrelgrootte (ontmenging) heeft plaatsgevonden (lit. 65), liggen de fijnste zandfracties boven in het filterbed. Dan zal dus niet de kleinste korrel van het filtermedium bepalend zijn voor genoemde spleetwijdte. Opgemerkt zij dat de ontmenging slechts optreedt indien het bed tengevolge van de spoeling voldoende expandeert.
- 5.26 Het totale spleetoppervlak (doortocht) is niet voor alle typen spoelkoppes gelijk, maar beweegt zich tussen wijde grenzen (100-350 mm<sup>2</sup>). Als richtlijn wordt wel aanbevolen voor het totale spleetoppervlak van de spoelkoppes ca. 1% van het filteroppervlak aan te houden. Afb. 5 toont toepassingen zowel met vertikale als horizontale spleten.
- 5.27 De weerstand van de filterbodem wordt in belangrijke mate beïnvloed door de filtratie- en de spoelsnelheid (zie punt 7.5 resp. 8.24), het type van de spoelkop en het aantal koppes per m<sup>2</sup>. Verder zijn van invloed de zandkorrelgrootte, de zandbeddikte en de samendrukking (inklinking) van het bed. Als gevolg van deze factoren lopen de weerstanden vrij ver uiteen. Tijdens filtreren ligt de weerstand doorgaans tussen 2 en 10 à 15 mb (2 en 10 à 15 cm wk). Tijdens het spoelen, waarbij hogere snelheden worden toegepast, bedraagt de weerstand veelal 5 tot 10 à 30 mb (5 tot 10 à 30 cm wk) (lit. 61).
- 5.28 Met het oog op een mogelijke grote opwaartse druk op de spoelkoppesbodem als gevolg van verstoppingen of spoelwater- of spoelluchtstoten, is het nodig de bodemplaten stevig te verankeren. Theoretisch is de maximale druk onder de bodem gelijk aan de persdruk van de spoelpomp, aannemende dat deze op dezelfde hoogte is geplaatst.
- 5.29 De reiniging of vervanging van spoelkoppes in geval van verstopping of breuk kan met succes geschieden door het filterzand over te pompen naar een reservebak of – indien de mogelijkheid daartoe bestaat – naar een naastgelegen filter, zodat dan de spoelkoppesbodem vrijkomt (lit. 23). Deze

**AFB. 5 ENKELE UITVOERINGEN VAN SPOELKOPPEN**



**UITVOERING MET VERTICALE SPLETEN**

KOP: 2 KRANSEN MET ELK 16  
VERTIKALE PENNEN OP AFSTAND  
VAN ca 9,8 mm  
SPLEETWJDTE ca 0,5 mm  
BUITENDIAMETER OVER DE  
KRANSEN 54,5 mm  
SPLEETOPP. ca 230 mm<sup>2</sup>

**UITVOERING MET HORIZONTALE SPLETEN**

KOP: 6 HORIZONTALE RINGSCHIJVEN  
DOOR NOKJES OP 0,4 mm AFSTAND  
GEHOUDEN  
SPLEETWJDTE 0,4 mm  
BUITENDIAMETER SCHIJVEN 53,5 mm  
SPLEETOPP. ca 340 mm<sup>2</sup>

MATEN IN mm

methode komt tegemoet aan het bezwaar dat de werkzaamheden verbonden aan het leegscheppen van het filter veel tijd vergen.

Pogingen om verstopte spoelkoppen met speciale vloeistoffen van onderen af te reinigen en door te spoelen, hebben tot dusverre geen bevredigend resultaat opgeleverd. In verband met het gevaar voor verstopping wordt de aandacht speciaal op de in punt 5.5 genoemde mogelijkheden gevestigd.

- 5.30 De ervaring heeft geleerd dat niet alleen het aanbrengen van een steunlaag (punt 5.17) maar ook een vergroting van het aantal spoelkoppen per m<sup>2</sup> de kans op verstopping soms kan verminderen. In dit opzicht is de toepassing van wijde spoelkopspleten uiteraard ook gunstig. Moet echter een steunlaag worden toegepast, dan gaat hiermee een voordeel van het gebruik van spoelkoppen verloren.

## 6 Opbouw van het filterbed en de steunlagen

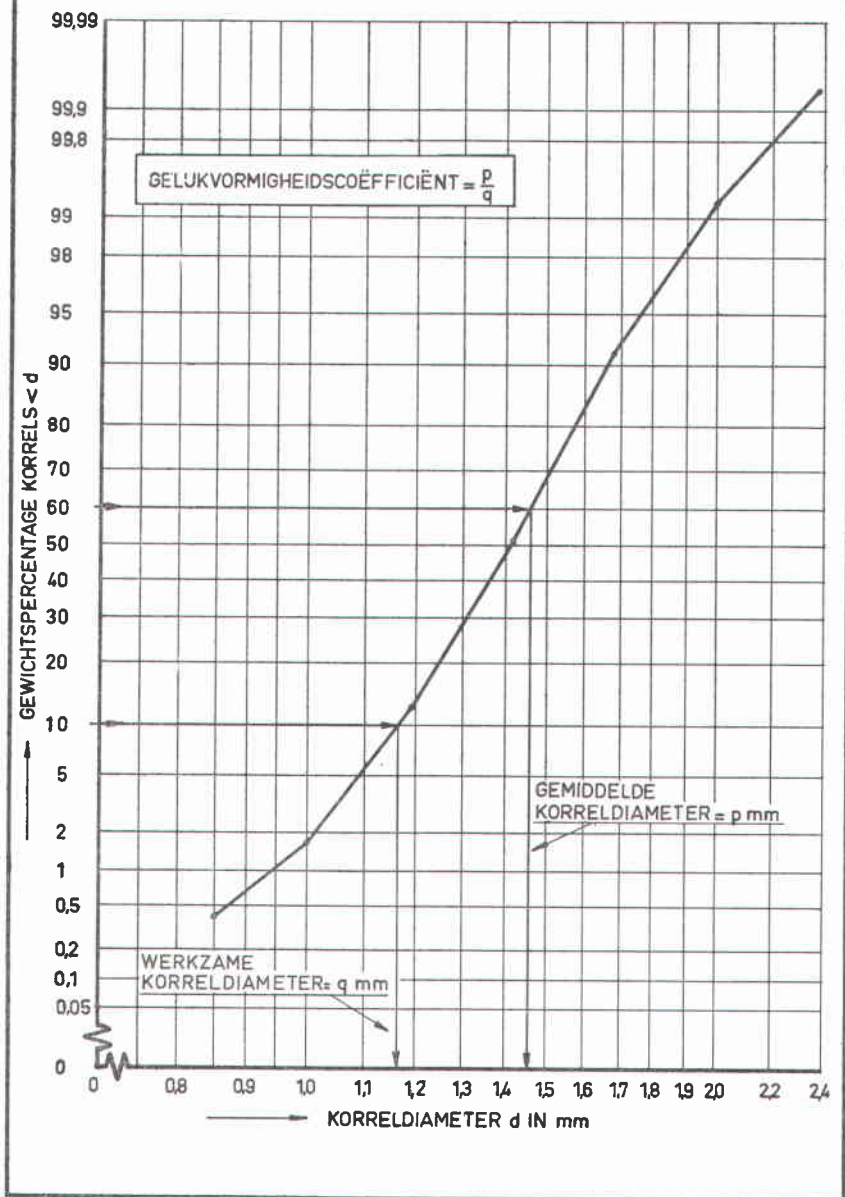
- 6.1 Bij de opbouw van het filterbed moet worden gestreefd naar de toepassing van bestendig materiaal met een groot korreloppervlak. Als materiaal voor steunlagen en filterbed worden in de regel grind en zand toegepast. Het soortelijk gewicht hiervan bedraagt ca.  $26000 \text{ N/m}^3 = 26 \text{ kN/m}^3$  ( $= 2,65 \text{ kgf/dm}^3$ ). Het gewicht van  $1 \text{ m}^3$  zand wordt vaak op  $15.500 \text{ N} = 15,5 \text{ kN}$  ( $\approx 1600 \text{ kgf}$ ) gesteld, hetgeen betekent dat bij het genoemde s.g. wordt gerekend met een poriënvolume van ca 40% (zie punt 6.15). Zand en grind zijn betrekkelijk goedkoop en slijtvast en in Nederland in voldoende mate voorhanden. Nieuw filtermateriaal behoort vrij te zijn van verontreiniging. Behalve van zand en grind wordt ook wel van anthraciet gebruik gemaakt (zie punt 6.24 e.v.).
- 6.2 De korrelgrootte van het filtermateriaal kan worden vastgelegd in een korrelverdelingsdiagram dat door middel van een zeefanalyse wordt bepaald. Afb. 6 toont een voorbeeld van een dergelijk diagram.
- 6.3 Voorkeur moet worden gegeven aan een filterbed bestaande uit één korrelgrootte zonder steunlagen. Een filterbed van uniform materiaal schept de mogelijkheid hoge lucht- en watersnelheden bij de reiniging van het filter toe te passen. Afwijking van het voorgeschreven spoelschema, b.v. door onervaren personeel of een storing in de apparatuur, heeft doorgaans minder ernstige gevolgen indien geen steunlagen aanwezig zijn.
- 6.4 De ervaring die o.a. in verschillende publicaties is vastgelegd, leert dat het gebruik van steunlagen bepaalde voor- en nadelen met zich meebrengt. Steunlagen worden gebruikt bij filters met drains en bij spleetbodems om te voorkomen dat het filtermateriaal de spoelorganen tijdens de filtratie passeert of verstopt. Bij gebruik van betrekkelijk fijn filtermateriaal kan het echter ook bij toepassing van andere bodemtypen wel eens nodig zijn een steunlaag aan te brengen (zie punt 6.5). Gedurende de spoelperiode komen de steunlagen de verdeling van het spoelwater onder het zandbed ten goede. De vol-

gende nadelen kunnen worden genoemd. Steunlagen leiden tot een vergroting van de filterhoogte wegens de vereiste dikte van deze lagen. In de toepassing van steunlagen schuilt het gevaar van vermenging onderling en met het filtermedium, hetgeen tot onregelmatigheden in de filtratie en de spoeling kan leiden. Eén en ander kan ontoelaatbare (plaatselijke) vervuilingen veroorzaken die niet door verhoging van de spoelsnelheden kunnen worden verwijderd. De begrensde spoelsnelheid moet dan ook als een bezwaar worden gezien. Overschrijding van een bepaalde snelheid zou ernstige verstoring van de steunlagen en vermenging met het bed kunnen teweegbrengen. De toepassing van steunlagen kan derhalve slechts worden aanbevolen indien dit om bepaalde redenen werkelijk nodig is.

- 6.5 Het is bij een spoelkoppensbodempool meestal niet nodig steunlagen toe te passen (zie punt 5.17). Bij gebruik van fijn filtermateriaal en bij filtratie over gebroken of niet slijtvast materiaal zoals anthraciet en magno kan ook bij toepassing van spoelkoppenspool het gebruik van een steunlaag echter gewenst zijn om het verstoppingsgevaar van de spoel-elementen te verminderen. In die gevallen wordt een enkele steunlaag met een dikte van 0,10 à 0,20 m voldoende geacht (zie o.a. lit 38).
- 6.6 Bij een gelijkmatig verdeelde toevoer door de spoelorganen bewerkstelligen de steunlagen, zoals in punt 6.4 reeds werd opgemerkt, indien deze schoon zijn en een volkomen regelmatige opbouw hebben, een goede verdeling van het spoelmedium onder het filterbed. Plaatselijke vervuilingen in de steunlagen kunnen echter ernstige verstoringen teweegbrengen omdat het spoelmedium zich in de steunlagen gemakkelijk een weg baant door de weinig weerstand biedende, schonere delen en aldaar tot snelheidsvergrotingen aanleiding geeft. Ook kunnen dergelijke snelheidsvergrotingen optreden tengevolge van te grote aanvangsnelheden bij het spoelen, waardoor plaatselijke doorbraken in het zandbed ontstaan. Er kunnen zich dan kraters in de steunlaag vormen die gepaard gaan met een geconcentreerde straalwerking („jet-action”), hetgeen leidt tot vermenging van de steunlagen onderling en met het zandbed. Het is dus zaak vervuiling en beweging van de steunlagen te vermijden door zorgvuldig beheerste spoel- en filtratiesnelheden, hetgeen gecontroleerd dient te worden door regelmatig onderzoek van het filterbed.
- 6.7 De opbouw van de steunlagen moet, evenals die van het filterbed, proefondervindelijk worden vastgesteld. De ervaring heeft geleerd dat bij toepassing van op elkaar aansluitende steunlagen, waarvan de overgangen geen



**AFB. 6** KORRELVERDELINGSDIAGRAM VAN EEN MONSTER FILTERZAND



grote sprongen vertonen, gunstige resultaten worden verkregen. De kans dat zich bij een betrekkelijk continue overgang ongerechtigheden op het scheidingsvlak afzetten is gering. Voor de overgang van de bovenste steunlaag naar het zandbed gelden echter andere maatstaven (zie punt 6.9).

- 6.8 De steunlagen hebben als regel een totale dikte van 0,40 tot 0,70 m en zijn dan opgebouwd uit 4 tot 6 lagen van elk 0,10 à 0,15 m. Doorgaans komt de afmeting van de grootste korrels van een steunlaag overeen met de kleinste korreldiameter van de eronder liggende steunlaag, of overlappen de korrelgrootten elkaar enigszins. De grootste korreldiameter van een steunlaag wordt ongeveer 1,5 à 2,5 maal zo groot gekozen als de kleinste van diezelfde laag. Een op bovenomschreven wijze opgebouwde steunlaagcombinatie kan er dus als volgt uitzien: 3-5 mm; 5-10 mm; 10-20 mm; 20-40 mm; 40-60 mm; of 4-10 mm; 8-20 mm; 15-25 mm; 25-50 mm.
- 6.9 De voor de bovenste steunlaag toe te passen korreldiameter hangt nauw samen met de korrelgrootte van het filterbed en de spoelsnelheid of de expansie. De korrelafmeting van deze steunlaag moet enerzijds zo groot zijn dat hij niet tot expansie komt, waardoor kans op vermenging met het zandbed zou ontstaan. Anderzijds kiese men de afmeting echter weer niet zo groot dat het zand in de steunlaag wegzakt. Een juiste keuze van de verhouding tussen de korrelgrootten van bovenste steunlaag en zandbed is dan ook van het grootste gewicht. Naarmate tijdens het spoelen een grotere expansie van het zandbed, dus voor een gegeven korrelgrootte een grotere spoelsnelheid, wordt toegepast, moet deze verhouding groter worden gekozen. Aanbevolen wordt de korrelgrootte-verhouding tussen steunlaag en zandbed niet kleiner dan 4 : 1 te kiezen en zowel voor het bed als de bovenste steunlaag een zo gelijkmatig mogelijk materiaal toe te passen. Men moet er op rekenen dat de steunlaag bij een grote spreiding in korrelgrootte (grote gelijkvormigheidscoëfficiënt), maar ook als gevolg van de doorgaans optredende plaatselijke snelheidsvergrotingen en spoelluchtconcentraties eerder in beweging komt dan men op grond van de theorie, uitgaande van een uniforme korrelgrootte en een gelijkmatige verdeling van het spoelmedium, mag verwachten.
- 6.10 De korrelafmetingen van de onderste steunlaag hangen samen met de grootte van de openingen in de spoelorganen. De diameter van het fijnste grind van deze laag is doorgaans 2 à 3 maal zo groot als de diameter van de opening. Dit leidt in de praktijk bij toepassing van drains tot onderste steunlagen waarvan de kleinste korrelafmetingen 20 tot 40 mm bedragen.

- 6.11 In de U.S.A. is met steunlagen grote ervaring opgedaan. De in de Amerikaanse Standard Specifications No B 100 (lit. 56) gegeven richtlijnen voor de opbouw van de steunlagen komen in grote trekken overeen met de in Nederland gebruikelijke wijze van opbouw. Bij de beoordeling en vergelijking moet er echter rekening mee worden gehouden dat in Amerika bij het merendeel van de bedrijven alleen waterspoeling wordt toegepast.
- 6.12 De Amerikaanse richtlijnen adviseren steunlagen toe te passen waarvan de grootste korrel 2 tot maximaal 3 maal zo groot is als de kleinste. Voor de onderste steunlaag wordt aanbevolen een korreldiameter  $> \frac{3}{4}$ " (19 mm) te kiezen. Geadviseerd wordt de steunlagen dikker dan 0,05 m te maken met een totale steunlaagdikte boven de drains die groter is dan 0,30 m. Hierbij dient echter weer te worden bedacht dat in Amerika in het algemeen coagulatie en hoge spoelwatersnelheden worden toegepast.
- 6.13 In Amerika (lit. 2) is men er, bij de daar gebruikelijke spoelwatersnelheden bij toepassing van steunlagen niet in geslaagd het probleem van de vermenging der verschillende lagen op te lossen. Wel wordt getracht verbetering te verkrijgen door toepassing van een bovenste steunlaag of deklaag van grover materiaal („Sperrschicht”). Ook in andere landen wordt deze werkwijze wel toegepast (b.v. door Bamag). De grove deklaag komt minder gemakkelijk tot expansie, terwijl eventueel hierin wegzakkend filtermateriaal wordt opgevangen door de eronder gelegen fijnere steunlaag. Wordt dit materiaal – en mogelijk door de deklaag passerend slib – tijdens de spoelfase slechts gedeeltelijk weer naar boven afgevoerd, dan zouden op den duur verstoppingen onder de deklaag kunnen optreden. Blijkens de tot dusverre verkregen gegevens zijn de ervaringen niet ongunstig.
- 6.14 De korrelgrootte van het zandbed hangt nauw samen met de samenstelling en de filtreerbaarheid (lit. 4 en 19) van het ruwe water, de filtratiesnelheid en de dikte van het bed. De korrelgrootte moet in combinatie met de andere genoemde grootheden proefondervindelijk zodanig worden gekozen, dat een goed filtraat wordt verkregen. Gestreefd dient te worden naar een compromis waarbij een zo goed mogelijk filtraat gepaard gaat met een zo lang mogelijke looptijd, een redelijk hoge filtratiesnelheid, een kleine weerstand en een laag spoelwaterverbruik. Hieruit blijkt dus dat een hoge specifieke wateropbrengst moet worden nagestreefd.

- 6.15 De hier te lande toegepaste korreldiameter is doorgaans groter dan 0,5 mm. Gebruikelijke waarden zijn 0,5 tot 1,5 à 2 mm, maar ook komen korreldiameters tot zelfs 4 mm voor, b.v. in droogfilters. Bij laatstgenoemde korrelgrootte is echter geen sprake meer van expansie tijdens het spoelen. Bij dubbele snelfiltratie van grondwater wordt in de voorfilters meestal grover materiaal gebruikt dan in de nafilts.
- Het poriënvolume is onafhankelijk van de korrelgrootte, maar hangt af van de mate van samendrukking en de vorm van het filtermateriaal. Bolvormig materiaal heeft bij de dichtste stapeling een poriënvolume van 26%, bij de ruimste 48%, terwijl het gemiddelde poriënvolume 37% bedraagt. Het poriënvolume van het gebruikelijke, doorgaans enigszins afgeronde, zand bedraagt 40 à 45%, van ruw hoekiger zand 45 à 50%. Voor zeer kantig materiaal kan het poriënvolume zelfs 55% bedragen.
- 6.16 Bij toepassing van fijner filtermateriaal wordt veelal een betere filtratie verkregen. Dit gaat echter gepaard met een grotere weerstand en een kortere looptijd (snellere verstopping), dus een kleinere specifieke opbrengst van het filter.
- 6.17 Bij toepassing van grover materiaal bestaat de mogelijkheid (wegens de kleinere weerstand) hogere snelheden toe te passen. De vervuiling dringt dan echter dieper in het bed waardoor het schoonspoelen minder gemakkelijk is en de kans op „doorslag” van het slib groter wordt. Voor een bed van grover materiaal zal daarom veiligheidshalve als regel een grotere dikte worden gekozen dan voor een fijnkorrelig bed. Een grove korrel – tot een grootte van enkele mm – kan van voordeel zijn voor filtratie van water dat rijk is aan algen of reeds gevormde vlokken.
- 6.18 Voor oppervlaktewater dat al naar gelang van het jaargetijde een sterk wisselende samenstelling kan hebben, is de keuze van het zandbed veelal een gecompliceerd vraagstuk dat noodzakelijkerwijze leidt tot een compromis, gebaseerd op een gemiddeld watertype.
- 6.19 Er is, in het bijzonder bij grondwaterfiltratie, een tendens om dikkere filterlagen toe te passen dan tot dusverre gebruikelijk was. Met name voor moeilijk ontijzerbaar water is een dik filterbed aan te bevelen. De dikte bedraagt thans veelal 1 m tot 1,40 m. Bedden van 2 m dikte zijn echter geen zeldzaamheid.

- 6.20 Bij filtratie van oppervlaktewater voorafgegaan door een goede vlokvorming en bezinking kunnen in het algemeen filterbedden van beperkte dikte worden toegepast, b.v. van 0,60 à 0,80 m. Ook indien bij dubbele filtratie van grondwater ontmanging in het voorfilter niet gewenst wordt, is het niet nodig en meestal zelfs ongewenst, dikke filterlagen toe te passen. De dikte van het zandbed moet echter steeds zodanig zijn, dat geen vervuiling van het bed in de omgeving van de spoelorganen is te duchten.
- 6.21 In verband met de directe afhankelijkheid van de kwaliteit van het filtraat van de beddikte, is, met het oog op een mogelijke verslechtering van de kwaliteit van het ruwe water, enige reserve in de dikte van de filterlaag gewenst. Deze reserve is mede gewenst om de mogelijkheid tot verhoging van de filtratiesnelheid te behouden. De extra kosten hiervoor zijn niet hoog in verhouding tot het risico dat hierdoor wordt ondervangen.
- 6.22 Naarmate een filterbed uit zand van meer uiteenlopende afmetingen bestaat, dus een grotere gelijkvormigheidscoëfficiënt (uniformiteitscoëfficiënt) heeft, zal de weerstand van het zandbed groter zijn omdat de weerstand kwadratisch met de korrelgrootte verandert (zie punt 7.6) en omdat de kleine korrels de poriën tussen de grotere kunnen opvullen. In het bed zal echter, indien de spoeling met enige expansie samengaat, een zekere ontmenging gaan optreden waardoor de kleinste deeltjes in de bovenste laag van het bed terecht komen. Hierdoor wordt de kans op een meer geconcentreerde vervuiling bovenin, eveneens gepaard gaande met een extra weerstandsverhoging, groter. Zijn de fijne zandfracties eenmaal in de bovenste lagen terecht gekomen, dan kan de weerstand zo nodig worden verlaagd door de fijne deeltjes af te scheppen of weg te spoelen.
- 6.23 Het filtergebouw moet zo zijn ingericht dat het filtermateriaal gemakkelijk in de filters kan worden gebracht en kan worden afgevoerd. Dit is in het bijzonder van belang voor de verwijdering van filterzand met het doel dit buiten het filter te reinigen of om de spoelorganen schoon te maken of te controleren.
- 6.24 In bepaalde gevallen wordt in plaats van – of tezamen met – zand ook wel anthraciet als filtermateriaal toegepast. De voor- en nadelen zijn door diverse onderzoekers belicht (lit. 8, 23, 33, 35, 49, 56). Anthraciet, dat voor dit doel ook aangeduid wordt als anthrafil, is doorgaans hoekiger dan zand, waar-

door het poriënvolume iets groter is dan van zand met dezelfde afmetingen. Anthraciet is onoplosbaar in zuren en alkaliën, groeit wel aan doch minder dan zand.

- 6.25 Door zijn lage soortelijk gewicht van ongeveer  $15 \text{ kN/m}^3$  (ca.  $1,5 \text{ kgf/dm}^3$ ) kan anthraciet bij een bepaalde spoelsnelheid tot grotere expansie worden gebracht dan zand van gelijke afmetingen. Dit betekent dat bij toepassing van dezelfde afmetingen voor anthraciet kan worden volstaan met ongeveer tweederde van de spoelsnelheid voor zand om een zelfde expansie te bewerkstelligen. Onder bepaalde omstandigheden kan dit een beperking van het spoelwaterverbruik betekenen. Een nadeel van anthraciet is dat het minder slijtvast is dan zand en op den duur vergruist. Bovendien is het duurder dan zand. Men dient er rekening mee te houden dat het voordeel van het lage soortelijk gewicht kan worden verkleind door aangroeiingen van hoger soortelijk gewicht.
- 6.26 Gezien de in het vorige punt vermelde eigenschappen kan het gebruik van anthraciet voordeel bieden indien de spoelsnelheid beperkt is en toepassing van grof materiaal en/of een grote expansie gewenst is. Door de gemakkelijke expansie is het doorgaans goed schoon te spoelen hetgeen speciaal bij sterke vervuiling onder in het bed van voordeel is.
- 6.27 Een bijzondere toepassing is die waarbij anthraciet als grofkorrelige bovenlaag op een zandbed van fijner materiaal is aangebracht. Door deze bovenlaag van grofkorrelig materiaal kan het slib dieper in het bed doordringen, waardoor de vorming van een fijne sliblaag met hoge weerstand op het filterbed wordt tegengegaan. Bij een juiste combinatie van de korrelafmetingen en van de dikte van de anthracietlaag en de zandlaag zijn in een aantal gevallen langere looptijden en een beter filtraat verkregen. Speciaal bij filtratie van water dat de fijnere bovenlaag van een filter snel doet dichtslibben (algen, uitgevlokt ijzer), kan deze oplossing voordeel bieden. In principe kunnen uiteraard meerdere lagen filtermateriaal van in stromingsrichting afnemende korrelgrootte en toenemend soortelijk gewicht worden toegepast, om doorstroming in de richting van grof naar fijn te verkrijgen.
- 6.28 Bij toepassing van een gecombineerd zand-anthracietbed is het gewenst de korrelverhouding van anthraciet tot zand niet groter dan 2 à 3 te kiezen opdat

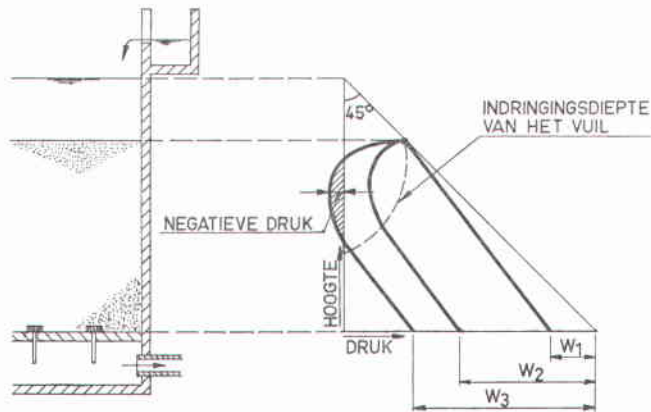
vermenging van de materialen bij expansie tijdens het spoelen wordt vermeden. Gunstige resultaten zijn bereikt met een anthracietlaag van ca. 0,20 m dikte.

## 7 Filtratiesnelheid, filterweerstand, slibast en vervuiling

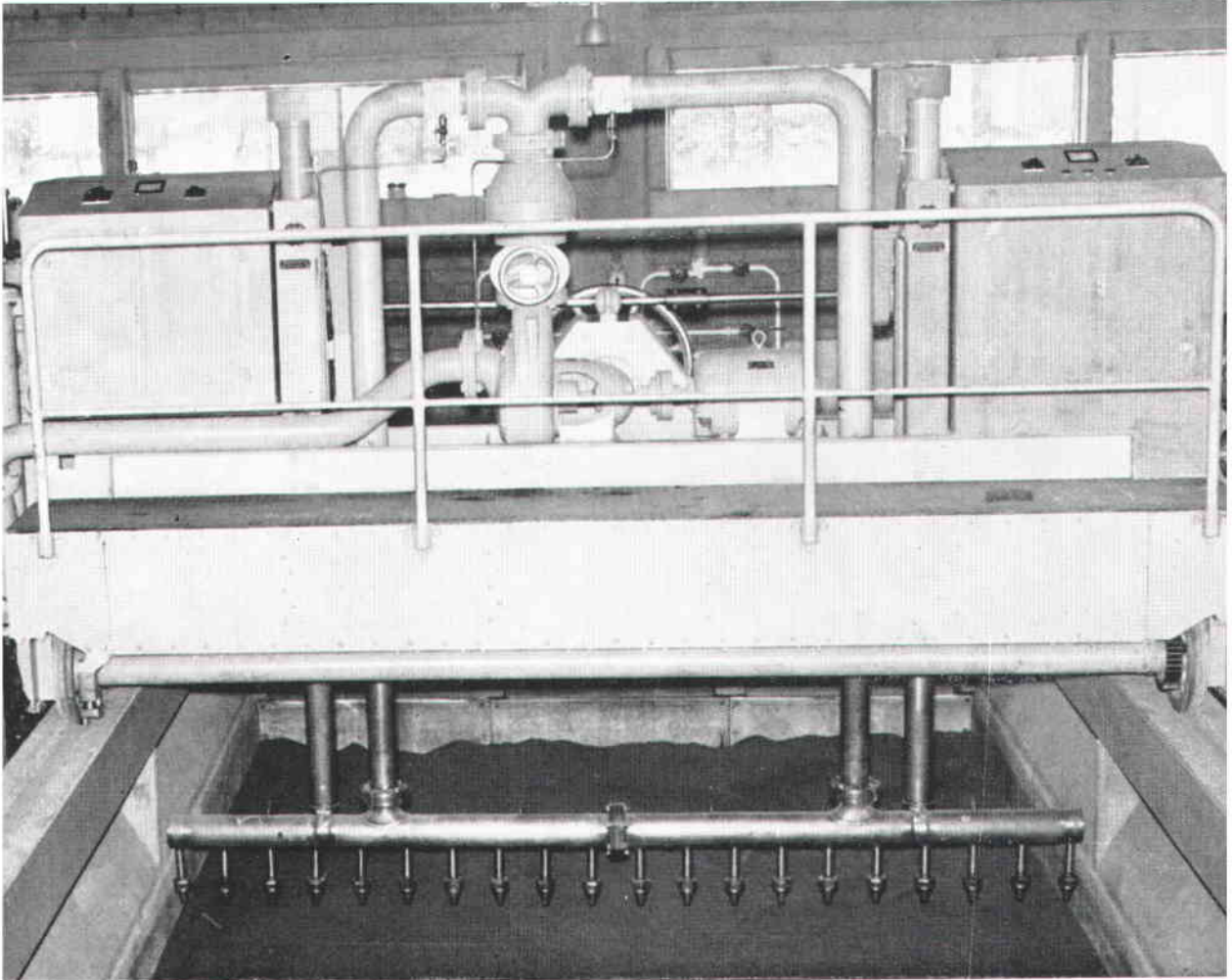
- 7.1 Volgens de „Aanbevelingen” van de VEWIN dient de filtratiesnelheid onafhankelijk van de filterweerstand te kunnen worden geregeld en behoren de snelheden bij filtreren en spoelen zowel als de filterweerstand op eenvoudige wijze te kunnen worden bepaald. Grote variaties in de filtratiesnelheid dienen te worden vermeden. Door plotselinge snelheidsvergroting kunnen namelijk ongewenste hoeveelheden slib, die zich reeds in het bed hadden afgezet, dieper in het bed dringen of zelfs door het filtraat worden meegevoerd (doorslaan).
- 7.2 Om een bepaalde filtratiesnelheid te bereiken moet een zekere weerstand in het filterbed worden overwonnen. Deze weerstand mag niet zo hoog oplopen dat er ontoelaatbare onderdrukken in het filterbed optreden (lit. 59). Een indruk van het drukverloop in een filterbed geeft afb. 7.
- 7.3 De toelaatbare filtratiesnelheid en de optredende filterweerstand hangen nauw samen met de dikte van het zandbed, de korrelgrootte van het filtermateriaal, de mate en aard van de vervuiling en de gewenste veiligheid tegen doorslaan (kwaliteit van het filtraat).
- 7.4 In het algemeen leidt een afzetting van het slib aan de oppervlakte (oppervlaktevervuiling) sneller tot verstopping en bijgevolg tot grotere weerstand dan een dieper doordringende vervuiling (dieptevervuiling of volumeberging). Bij een afzetting van het slib over grotere diepte is het gevaar voor onderdrukken kleiner terwijl de vuilberging (specifieke slibast, zie punt 7.14) en de looptijd hierdoor kunnen worden vergroot. Het schoonspoelen vereist echter meer zorg naarmate het bed dieper vervuild is.
- 7.5 De filtratiesnelheid bedraagt veelal 4 tot 8 m/h. Niet zelden worden echter grotere snelheden b.v. tot 10 à 15 m/h toegepast, vooral bij voorfiltratie en in gesloten filters.



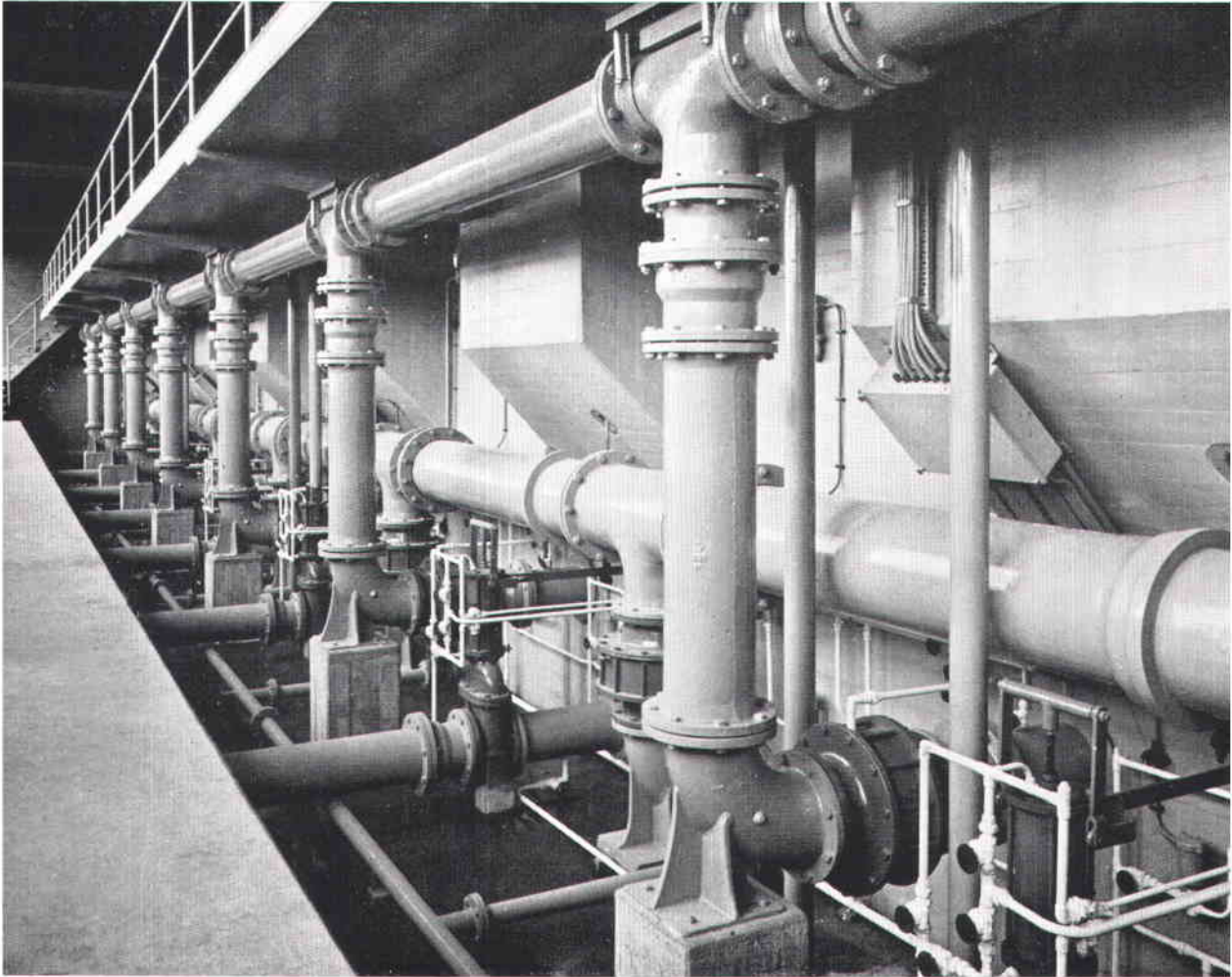
AFB. 7 VERLOOP VAN DE DRUK (WEERSTAND) IN EEN FILTERBED



$w_1$  = WEERSTAND VAN HET SCHONE FILTER  
 $w_2$  = TOENEMENDE WEERSTAND TUDENS DE FILTRATIEPERIODE  
 $w_3$  = WEERSTAND VAN HET VUILE FILTER



Over de filters verrijdbare spoelbrug voor oppervlakte-spoeling in het filtergebouw te Castricum van het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland. (Foto: Prov. Waterl. bedr. van Noord-Holland)



Buizengalerij langs de snelfilters in het filtergebouw te Castricum van het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland. (Foto: Prov. Waterl. bedr. van Noord-Holland)

- 7.6 De weerstand  $W$  van het schone filterbed is volgens Darcy evenredig met de filtratiesnelheid  $v$  en de dikte  $D$  van het bed. Bovendien is de weerstand, o.a. volgens Hazen, omgekeerd evenredig met het kwadraat van de korrel-diameter  $d$ . Door de meeste onderzoekers wordt met de effectieve korrel-diameter gewerkt. Ten slotte blijkt de weerstand een functie van de temperatuur  $t$  en het vrije poriënvolume  $p$  te zijn. De weerstand kan derhalve geschreven worden in de vorm

$$W = C_1 \frac{v \cdot D}{d^2} \varphi(t, p)$$

Hierin is  $C_1$  een factor die langs experimentele weg kan worden bepaald en die constant is voor een bepaalde installatie indien de kwaliteit van het ruwe water constant is.

- 7.7 Van de formules van de gedaante als omschreven onder punt 7.6 worden in de literatuur verscheidene varianten aangetroffen. Zij kunnen voor de prognoses en bij het wijzigen van installaties een bruikbaar hulpmiddel zijn. Uitdrukkelijk moet er echter op worden gewezen dat het niet toelaatbaar is de constante  $C_1$  zonder meer uit de in de literatuur vermelde formules of uit proeven met andere installaties of ander water over te nemen.

Uit de in punt 7.6 vermelde formule blijkt dat de korrelafmeting van grote invloed op de weerstand is, zodat wijziging hiervan een effectief middel is om de weerstand te wijzigen, hetgeen uiteraard enerzijds niet ten koste van de kwaliteit van het filtraat mag gaan en anderzijds het effect van het spoelen niet ongunstig mag beïnvloeden (zie punt 8.4).

- 7.8 De invloed van de vervuiling kan theoretisch, b.v. als verkleining van het poriënvolume, in de weerstandsformule worden geïntroduceerd. De diepte van indringing en de aard van de vervuiling hebben echter zo'n belangrijke invloed, dat het niet mogelijk is de weerstand in een eenvoudige hanteerbare formule als functie van de vervuiling uit te drukken. Ook in dit geval is een proefondervindelijke bepaling van het verband dat men wenst te kennen de aangewezen weg.

- 7.9 De beginweerstand van het gespoelde bed behoort bij de gebruikelijke filtratiesnelheid slechts enkele tientallen mb (cm wk) te zijn, doch ligt al te vaak in de orde van 60-100 mb (cm wk). De beginweerstand, gedeeld door de bijbehorende filtratiesnelheid, vormt een geschikte controlewaarde op de mate

van blijvende vervuiling (zie punt 7.16) van het filterbed. Een lagere beginweerstand betekent een langere filtratieperiode.

- 7.10 De toelaatbare eindweerstand van het bed, die behalve met de filtratiesnelheid, de dikte en de korrelgrootte van het zandbed uiteraard nauw samenhangt met de aard, de hoeveelheid en de verdeling van het in het bed verzamelde slib, bedraagt veelal 100 à 150 mb (cm wk). Soms wordt gefiltreerd tot eindweerstand van 200 mb (cm wk) en hoger.
- 7.11 Tegen het einde van een filtratieperiode neemt de weerstand in verhouding tot de opbrengst snel toe. Het is, zowel met het oog op de bouwkosten als in verband met de exploitatiekosten oneconomisch, de filtratie voort te zetten tot in een zeer steil gedeelte van de weerstandskromme. Overigens is het, indien de omstandigheden zulks toelaten, gewenst filtratieperioden van gelijke duur toe te passen.
- 7.12 Uit het in punt 7.11 gestelde volgt, dat de looptijd van een filter doorgaans zal worden bepaald door de maximale weerstand die op grond van economische en technische overwegingen toelaatbaar wordt geacht. Echter mag de looptijd nimmer zo lang zijn dat het filter wegens te grote of te diepe vervuiling niet meer behoorlijk kan worden schoongespoeld.
- 7.13 Uit door verschillende onderzoekers verrichte proefnemingen is bekend dat de looptijd  $L$  van een filter volgens een exponentiële vergelijking toeneemt met toenemende korrelgrootte  $d$  en afnemende filtratiesnelheid  $v$ . De algemene gedaante van dit verband is

$$L = C_2 \frac{d^n}{v^m}$$

Hierin zijn  $C_2$ ,  $n$  en  $m$  langs proefondervindelijke weg te bepalen grootheden die slechts voor een bepaalde installatie, gevoed met water van een onveranderlijke samenstelling, constant zijn.

$n$  = exponent die meestal tussen 1,25 en 2,5 ligt,

$m$  = „ „ „ „ 1 en 1,5 ligt.

Zijn de coëfficiënt  $C_2$  en de exponenten proefondervindelijk vastgesteld dan kunnen prognoses worden gemaakt omtrent de variatie van de looptijd in geval van wijziging van de korreldiameter en de snelheid. De grootheden  $C_2$ ,  $n$  en  $m$  mogen niet zonder meer worden ontleend aan formules uit de litera-

tuur of aan vergelijkingen die gelden voor andere omstandigheden, zoals een ander filter, een ander watertype enz. De waarde van  $C_2$  b.v. is sterk afhankelijk van het verstoppend vermogen (clogging tendency) van het ruwe water (lit. 19), alsmede van de eindweerstand en het poriënvolume, welke laatste grootheden door sommige auteurs dan ook in de formule worden betrokken (lit. 4).

- 7.14 De specifieke sliblast – dit is de hoeveelheid slib in droge toestand, die aan het einde van een filtratieperiode per  $m^2$  oppervlakte van het filterbed is tegengehouden – hangt af van het watertype, de filtratiesnelheid, de korrelgrootte en de looptijd en kan derhalve sterk variëren. Deze grootte, die dus ook kan worden berekend uit de verschillen tussen de bestanddelen in het ruwe water en het filtraat, bedraagt normaal 1 tot 5  $kg/m^2$ . De specifieke wateropbrengst – dit is de opbrengst per periode per  $m^2$  oppervlak – ligt veelal tussen de 150 en 300  $m^3/m^2$ . Bij toepassing van een filterbed van grof materiaal kunnen deze waarden hoger liggen. Bij filterbedden van fijn materiaal (b.v. 0,5 mm) is de sliblast gering als gevolg van de spoedige verstopping. De specifieke sliblast en opbrengst zijn dan vaak kleiner dan 1  $kg/m^2$  resp. 150  $m^3/m^2$ .
- 7.15 De specifieke sliblast zal bij een ingewerkt, goed functionerend filter onder gelijkblijvende condities steeds ongeveer een zelfde waarde hebben, die gelijk is aan de z.g. tijdelijke vervuiling per  $m^2$  filteroppervlak; dit is de hoeveelheid slib die tijdens het spoelen per  $m^2$  uit het filter wordt verwijderd.
- 7.16 Is de tijdelijke vervuiling kleiner dan de specifieke sliblast, dan neemt de hoeveelheid slib die na het spoelen in de poriën van het filterbed achterblijft (blijvende vervuiling) toe. In dit geval zal de beginweerstand van het filter langzamerhand toenemen en is het zaak de spoelmethode te verbeteren (zie ook punt 7.9). Ten einde een goed inzicht in de blijvende vervuiling van het filter te verkrijgen is het nodig de weerstand van het schone filter bij ingebruikneming vast te stellen.
- 7.17 Behalve de afzettingen van slib in de poriën – dit zijn de blijvende en tijdelijke vervuiling in het filterbed die de weerstand verhogen – kan zich ook slib hechten aan het oppervlak van het filtermateriaal (ijzer- en mangaanoxiden en calciumcarbonaten) waardoor dit door een huidje wordt omgeven. Door deze korrelaangroeiing kan in de loop der jaren een belangrijke vergroting

van de korreldiameter ontstaan (tot 0,5 à 1 mm). Als gevolg hiervan nemen de afmetingen van de poriën en de dikte van het bed toe, terwijl de weerstand en de expansie bij gelijkblijvende snelheden afnemen. Bovendien veranderen het soortelijk gewicht en de samenstelling van de korrel. Genoemde veranderingen zullen uiteraard van invloed zijn op het filtratieproces, hoewel eventuele veranderingen slechts over langere perioden bezien merkbaar zullen zijn.

- 7.18 Ofschoon aan de korrelaangroeiing in het algemeen weinig aandacht wordt besteed omdat deze zich meestal langzaam en daarom onopgemerkt voltrekt, kunnen de gevolgen belangrijk zijn. Een regelmatige controle van de korrelgrootte is derhalve gewenst. Ongewenste gevolgen van aangroeiing kunnen zijn het ontstaan van te grote schilfers (losspringende huidjes) en het te diep doordringen van slib in de vergrote poriën. In beide gevallen zou een – tussentijdse – spoeling met verhoogde capaciteit het euvel wellicht tijdig kunnen verhelpen. Er moet echter rekening worden gehouden met hetgeen in punt 8.5 is opgemerkt.
- 7.19 Door een éénmalige forse spoeling met verhoogde capaciteit kan de aangroeiing veelal gedeeltelijk van de korrel worden verwijderd. Dit losgemaakte materiaal wordt door één spoeling vaak niet volledig afgevoerd en zet zich dan voor een deel als slib in de poriën af. Het is dan ook zeer wel mogelijk dat een eenmalige spoeling met verhoogde capaciteit een (tijdelijke) verhoging van de weerstand te zien geeft. Bij een wijziging van de spoeling dient men er zich derhalve van bewust te zijn dat er zich eerst na een aantal spoelingen wederom een evenwichtstoestand instelt. Gelukt het niet de aangroeiing op de hier geschetste wijze te verwijderen, dan kan het beoogde doel worden bereikt door vervanging van het filtermateriaal, een doorgaans nogal bewerkelijke operatie.
- 7.20 Ter controle van het verloop van de filtratie en de weerstand over de diepte van het filterbed kan het nuttig zijn op verschillende hoogten in de filterwand enkele aftap- en meetpijpjes van kleine diameter aan te brengen, die ten minste ca. 100 mm in het filter steken. De uitwendige diameter moet liefst niet groter zijn dan 5 mm; de inwendige diameter niet kleiner dan 2 mm. De gaatjes of spleetjes in deze pijpjes worden eventueel met metaalgaas tegen het binnendringen van filtermateriaal afgeschermd. De pijpjes mogen zowel de stroming als elkaars werking zo min mogelijk verstoren. Ze dienen daarom versprongen ten opzichte van een verticale lijn te zijn aangebracht.

- 7.21 Langs de wanden kunnen in het filterbed verhoogde snelheden optreden als gevolg van daar heersende lage weerstanden (lit. 29). Dit verschijnsel doet zich in mindere mate voor naarmate de wanden ruwer zijn. Het wordt dan ook niet raadzaam geacht de wanden over de hoogte van het filterbed glad uit te voeren. Boven het filterbed verdient een gladde uitvoering de voorkeur (esthetische en hygiënische voordelen, zie punt 14.8).
- 7.22 Doorgaans wordt er naar gestreefd de filtratiesnelheid gedurende de looptijd van het filter constant te houden. Het kan gewenst zijn hiervan af te wijken ten behoeve van de regeling van het filter (punt 13.9 onder 3°) of om het debiet aan te passen aan een variabel gebruik (punt 13.10 onder 1°, b). Variatie van de filtratiesnelheid in verband met de kwaliteit van het filtraat wordt in de punten 17.1 en 17.2 nader besproken.
- 7.23 Slibballen („mudballs”) en spleten in het filterbed moeten zo veel mogelijk worden voorkomen. Slibballen, die door samenballing van compact slib – soms gemengd met filtermateriaal – ontstaan, moeten worden verwijderd of fijngezeven en zo mogelijk met intensievere spoeling (eventueel oppervlaktespoeling) worden tegengegaan. Slibballen die zich boven in het filter hebben gevormd, hebben soms de neiging in het bed omlaag te zakken waardoor verstoppingen kunnen ontstaan. Het kan echter ook gebeuren dat de slibballen zich onder in het bed vormen door samenklontering van slib, dat door neerwaartse secundaire stromingen wordt meegesleept, of op andere wijze diep in het filter is doorgedrongen. Spleten kunnen optreden als het bed door de vervuiling samendrukbaar wordt. Als gevolg van de filtratiedruk wordt het bed samengedrukt waardoor dit kan scheuren. Ook hier kan een intensievere spoeling (dus minder slib) verbetering geven (lit. 23).



## 8 Spoelen

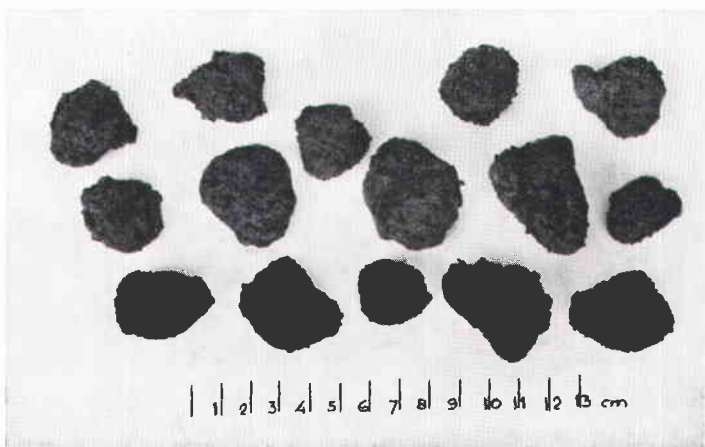
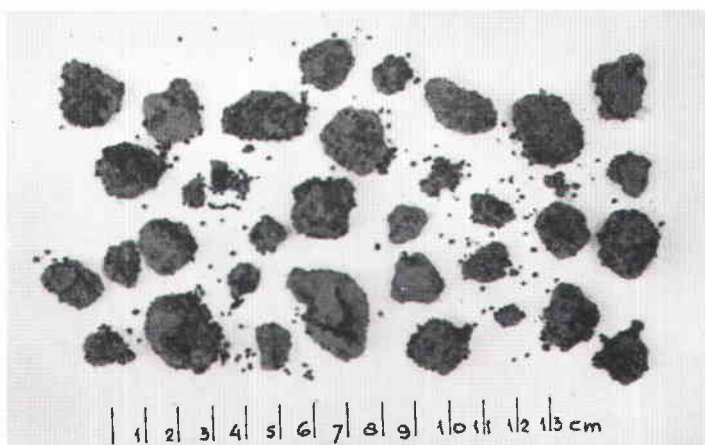
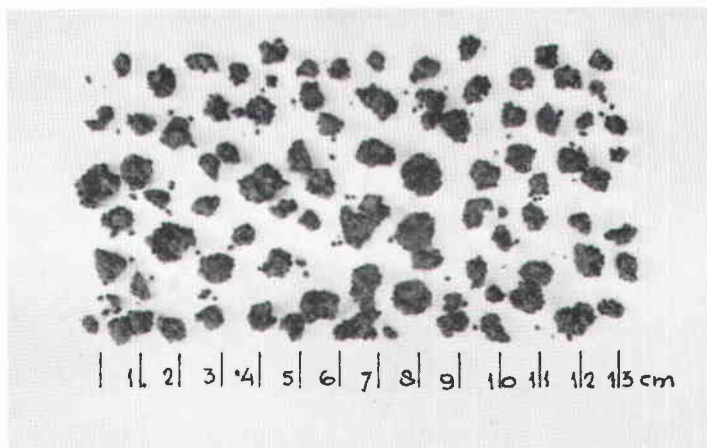
- 8.1 Met betrekking tot het spoelen van snelfilters worden in de „Aanbevelingen” van de VEWIN de volgende regels gesteld.
- a* Het spoelen behoort zo lang en met zodanige snelheden te geschieden dat een effectieve reiniging van het filterbed wordt verkregen.
  - b* De spoelsnelheden behoren regelbaar te zijn, hetgeen dus de aanwezigheid van regelorganen veronderstelt.
  - c* Het spoelen behoort met water van ten minste dezelfde kwaliteit als het filtraat te geschieden.
  - d* Het ontstaan van plaatselijke slibopeenhopingen of scheuren in de filterbedden dient te worden voorkomen.
- 8.2 In de hier te lande toegepaste wijze van spoelen blijken, afhankelijk van het watertype, de zuiveringsmethode, de filteropbouw en persoonlijke inzichten, vrij grote variaties te bestaan. Aanbevolen wordt de spoelorganen zodanig uit te voeren dat zowel afzonderlijke als gecombineerde water- en luchtspoeling mogelijk is. Bij de Nederlandse filters wordt doorgaans een gecombineerde spoeling toegepast, die wordt voorafgegaan en gevolgd door een afzonderlijke waterspoeling. Hoewel soms ook wordt begonnen met afzonderlijke luchtspoeling (zie 8.11), wordt geadviseerd deze lucht zo mogelijk met een weinig water te combineren omdat door afzonderlijke luchtspoeling water uit het bed wordt gedreven waardoor het zand minder gemakkelijk beweegt, terwijl de kans op vorming van luchtkanalen dan groter is. Bovendien is combinatie met water gunstig voor de luchtverdeling (punt 8.10) en de afvoer van het slib uit het filterbed (punt 8.12).
- 8.3 Een gelijkmatige toevoer van de spoelmedia in het filterbed is van het grootste belang. Voor een effectieve, regelmatig verdeelde luchtspoeling is een nauwkeurige horizontale afstelling van de luchtopeningen nodig.

- 8.4 Het tijdstip waarop moet worden gespoeld hangt niet uitsluitend af van de filterweerstand, maar ook van de voorwaarde dat het filter nog goed moet kunnen worden schoongespoeld en na het spoelen een lage beginweerstand heeft. Deze voorwaarde hangt weer nauw samen met de aard, de hoeveelheid en de diepte van de vervuiling. De gehele filterinstallatie moet zodanig zijn ingericht en zoveel overcapaciteit bezitten dat het spoelschema voor de filters op economische wijze in het bedrijfsschema past. Voor zover de omstandigheden zulks toelaten, dient te worden gestreefd naar een vast spoelschema en een vaste spoelmethode.
- 8.5 Door een filterbed schoner of intensiever te spoelen wordt niet altijd een gunstiger effect bereikt. De ontmanging kan er b.v. door verminderen. Vooral tijdens de inwerkperiode kan het gewenst zijn het filterbed niet geheel schoon te spoelen, dit ten einde de rijping te bevorderen.
- 8.6 Het spoelwater dat zich aan het einde van de spoelperiode in het bed bevindt, bevat als regel nog resten van het losgemaakte maar niet afgevoerde slib. Wordt dit in het begin van de volgende filtratieperiode niet voldoende tegengehouden dan zou het filtraat aanvankelijk een te hoog slibgehalte kunnen verkrijgen. Is er geen volgende filtratie dan is het in het algemeen noodzakelijk dit eerste filtraat gedurende een bepaalde aanlooptijd niet te gebruiken (zie punt 8.14).
- 8.7 Een goede spoeling kan slechts worden bereikt, indien behalve een gelijkmatige toevoer onder het bed ook de verdeling van de spoelmedia over de horizontale doorsnede van het bed regelmatig is. Om dit te bereiken kan het in het bijzonder bij toepassing van steunlagen gewenst zijn de spoelsnelheid bij de aanvang van het spoelen slechts langzaam te verhogen, opdat het bed, alvorens te expanderen, gelijkmatig kan worden losgewerkt. Door een ontijdig doorbreken van het filterbed zou de regelmatige verdeling van het spoelmedium in gevaar worden gebracht met de kans dat plaatselijk het slib niet voldoende wordt weggespoeld. Dit zou aanleiding kunnen geven tot toenemende slibconcentraties die ten slotte ook tot in de steunlagen zouden kunnen doordringen. Blijkens praktijkervaringen kan plaatselijke doorbraak van het bed worden vermeden door de toevoer van het spoelwater zo te regelen dat de spoelweerstand in het begin van de spoelperiode de eindweerstand van de filtratieperiode niet overtreft en het gewicht van het zandbed onder water niet te boven gaat.

- 8.8 Doorgaans geeft de inleidende spoelmanoeuvre minder zorg naarmate de daarna volgende maximale spoelsnelheid minder beperkt is en het bed tot grotere expansie kan worden gebracht. Eventuele onregelmatigheden in het bed kunnen dan door een krachtige spoeling worden opgeheven. In dit opzicht biedt een bed zonder steunlagen meer vrijheid dan een bed waaronder steunlagen aanwezig zijn.
- 8.9 De luchtspoeling draagt in belangrijke mate bij tot het verder loswerken van slib in het filterbed. Secundaire circulatiestromingen van het filtermateriaal worden erdoor bevorderd. In geslaagde filterbedden moet luchtspoeling echter met de nodige voorzichtigheid worden toegepast om verstoring en vermenging van de verschillende lagen te voorkomen. Vooral in de eerste fase van de luchtspoeling moet voorzichtig te werk worden gegaan omdat de lucht aanvankelijk een bepaalde hoeveelheid water uit de luchtverdeellicingen of uit de ruimte onder de spoelkoppenbodemp verdringt, waardoor tijdelijk een verhoogde watersnelheid optreedt (lit. 64). Wordt een spoelperiode ingezet met waterspoeling, dan dient men zich derhalve te realiseren dat het vervolgens inschakelen van de spoellucht gedurende de eerste fase kan leiden tot belangrijk hogere watersnelheden dan bedoeld zijn. Juist in de aanvang van de spoelperiode kunnen dergelijke hoge spoelsnelheden riskant zijn in verband met plaatselijke doorbraak, oplichten van het bed, straalwerking en steunlaagvermenging.
- 8.10 Gezien de neiging van de uit de spoelopeningen tredende luchtbellen, zich vertikaal omhoog te bewegen, dient bijzondere aandacht te worden besteed aan een goede horizontale verspreiding van de lucht. Een vergroting van de spreiding kan worden bevorderd door vergroting van de horizontale uit-treesnelheid van de lucht zowel als van het spoelwater. Ook de vergroting of het aanbrengen van een steunlaag kan in dit opzicht gunstige resultaten geven.
- 8.11 Bij luchtspoeling vertonen de boven elkaar opstijgende luchtbellen neiging zich in het filterbed tot grote bellen bijeen te voegen. Deze grote bellen hebben een krachtige min of meer stotende werking. Zij veroorzaken grote plaatselijke watersnelheden waardoor het reinigende effect wordt bevorderd. Om het filterbed los te maken wordt dan ook wel met een luchtspoeling begonnen. In het bijzonder in geval van een door de vervuiling sterk samenklarend filterbed kan het vooraf „losrammelen” met lucht voordelen bieden. Daar de lucht gemakkelijker door het bed breekt dan water en eerder scheuren en



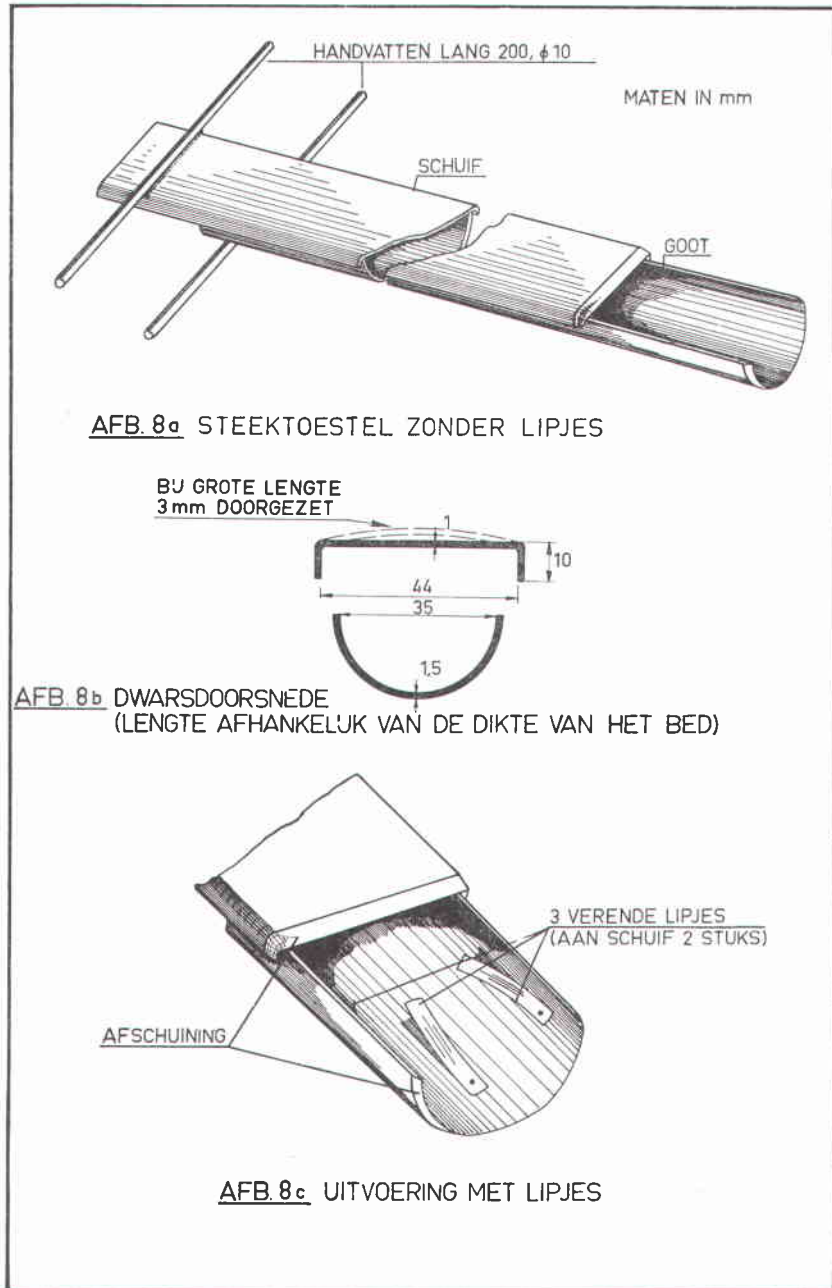
Bedieningslessenaar en filters met cascades in het filtergebouw te Noord Bergum van de n.v. Intercommunale Waterleiding Gebied Leeuwarden.  
(Foto: n.v. Intercommunale Waterleiding Gebied Leeuwarden)



Slibballen („Mudballs“) uit filter van het Gemeentelijk Waterbedrijf Haarlem op 2 nov. 1959, 18 nov. 1959 en 16 jan. 1960. (Foto: ir. H. Hollaar)

kanalen doet ontstaan, is een dergelijke spoeling slechts toelaatbaar indien eventuele hierdoor ontstane onregelmatigheden bij de volgende fase van de spoelperiode weer volledig kunnen worden opgeheven.

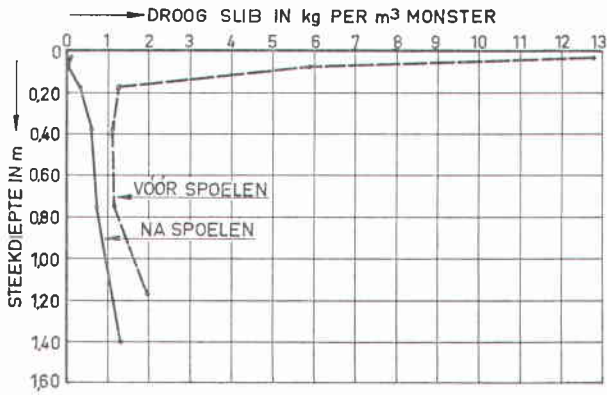
- 8.12 Door luchtspoeling vindt geen vuilafvoer uit het filter naar de afvoergoot plaats. Hoewel de lucht zelf in het filter nagenoeg geen slib transporteert zullen door de lucht circulatiestromingen van water worden veroorzaakt die wel enig vuiltransport in het filterbed veroorzaken. Voor een goed opwaarts transport is het, zoals in punt 8.2 reeds werd opgemerkt, gewenst ook bij luchtspoeling althans een kleine spoelwatersnelheid te onderhouden. Tevens worden dan de luchtbellen door deze spoelwateraanvoer beter in horizontale richting verspreid (punt 8.10). Na een gecombineerde spoeling is in ieder geval tot besluit van de spoelperiode alleen waterspoeling gewenst om de lucht alsmede de laatste slibresten uit het bed te drijven. Het is bij filterbedden met een steunlaag en hoge spoelsnelheden gewenst de spoelperiode te beëindigen met een langzaam afnemende spoelsnelheid, opdat eventueel omhoog gespoelde grove korrels uit de steunlaag de gelegenheid krijgen door het bed omlaag te zinken. Tevens zal het fijnere materiaal zich dan boven in het bed verzamelen, zodat dit niet in de steunlaag kan wegzakken. Het bovenste laagje van fijn materiaal kan, indien dit niet wordt weggespoeld en een ongewenste weerstandsverhoging veroorzaakt, worden afgeschept.
- 8.13 De ervaring heeft geleerd dat verhoging van de luchtsnelheid boven een bepaalde waarde bij gecombineerde spoeling niet altijd de verwachte vergroting van het reinigende effect teweegbrengt. Losmaken van het slib door de luchtspoeling betekent n.l. nog niet dat het ook wordt afgevoerd. Een verdubbeling van de watersnelheid kan daarom soms effectiever zijn dan een verdubbeling van de luchtsnelheid.
- 8.14 In punt 8.6 werd reeds vermeld dat het – wegens een te hoog gehalte aan verontreinigingen (ijzer, zwevende delen) in het filtraat gedurende het begin van de filtratieperiode – soms niet mogelijk is het eerste filtraat als rein water te gebruiken. Men kan het dan gedurende enige tijd op andere wijze afvoeren, of de filtratiesnelheid gedurende de aanlooperperiode verlagen (zie punt 17.4). De methode van spoelen moet echter steeds in samenhang met de genoemde maatregelen en de samenstelling van het water worden vastgesteld.



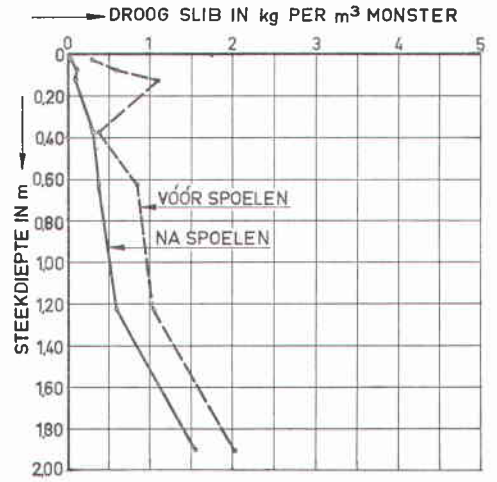
- 8.15 Voor een goede werking van het filter is het spoelen volgens een schema uiterst belangrijk. Het spoelschema, dus de looptijd, de snelheid en de verhouding van water en lucht, dient proefondervindelijk in de praktijk te worden bepaald en regelmatig te worden beoordeeld aan de hand van de vervuiling van het filter. Dit kan o.a. geschieden door controle van de beginweerstand van het filterbed. Deze weerstand moet, gerekend per eenheid van snelheid (dus  $W/v$ , zie punt 7.9), nagenoeg constant blijven. Verder is het voor een goede controle gewenst het bed regelmatig met het speciaal hiertoe ontworpen steekapparaat te onderzoeken (lit. 28 en 60). In afb. 8 is dit apparaat schematisch weergegeven. Afb. 9 toont enkele met behulp van het steekapparaat bepaalde vervuilingsskrommen.
- 8.16 Er moet bij oppervlaktewater rekening mee worden gehouden dat de temperatuur van invloed is op de viscositeit van het water. Bij toenemende temperatuur wordt de viscositeitscoëfficiënt kleiner, dus de valsnelheid van deeltjes in het water (wet van Stokes) groter en bijgevolg de expansie bij een bepaalde spoelsnelheid kleiner. Het kan soms nodig zijn de spoelsnelheid bij een stijging van de temperatuur van het water van  $10^{\circ}\text{C}$  met 20 à 25% te verhogen om een zelfde spoel-effect te behouden.
- 8.17 In het algemeen zal de spoelcapaciteit groter moeten zijn naarmate de vervuiling intensiever is en dieper in het bed is doorgedrongen en naarmate de kleefkracht van de slibdeeltjes onderling en aan het filtermateriaal groter is. Zo is b.v. colloïdale klei moeilijk te verwijderen. Niet alleen een intensievere spoeling maar ook een verlenging van de spoeltijd heeft een gunstige invloed op de verwijdering van diep in het filter doorgedrongen slib. Indien steunlagen worden toegepast is men, om verstoring daarvan te vermijden, beperkt in de intensiteit van de spoeling, hetgeen kan noodzaken tot een beperking van de vervuiling. Dit kan een beperking van de filtratiesnelheid en/of de looptijd betekenen.
- 8.18 Het zandbed kan door middel van waterspoeling tot expansie worden gebracht. Wordt gelijktijdig luchtspoeling toegepast dan veroorzaakt deze geen vergroting, maar er kan zelfs een – zij het kleine – vermindering van de expansie optreden (lit. 62). De minimale hoogte (expansie) van het zandbed kan worden verkregen door te spoelen met lucht in combinatie met een kleine watersnelheid. Het filtermateriaal krijgt dan de nodige bewegingsvrijheid om tot een dichtere stapeling in te klinken. Indien de spoelfase met een water-



AFB.9 SLIBGEHALTE ALS FUNCTIE VAN DE DIEPTE VAN HET FILTERBED (SLIBKROMME)



AFB. 9a SLIBKROMMEN VAN EEN SNELFILTER VÓÓR EN NA HET SPOELEN, VOOR IN DE DUINEN GEINFILTREERD RIVIERWATER.

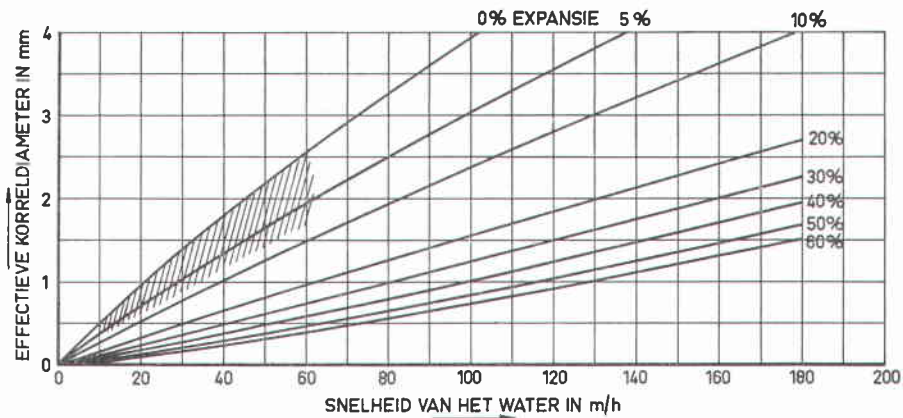


AFB. 9b SLIBKROMMEN VAN EEN SNELFILTER VÓÓR EN NA HET SPOELEN, VOOR GRONDWATER.

spoeling wordt afgesloten, wordt de minimale hoogte van het zandbed niet bereikt.

- 8.19 Om een goede reiniging te verkrijgen is het, zeker bij het ontbreken van luchtspoeling, gewenst het zandbed tot expansie te brengen. Eerst een kleine om het slib door de schurende werking van het zand los te maken, daarna soms een grotere om het slib af te voeren. Het effect van de expansie is dus hierin geleden dat de korrels door de expansie van het bed gelegenheid krijgen t.o.v. elkaar te bewegen, zodat het slib gemakkelijker kan worden losgewerkt en – door de grotere ruimte tussen de korrels – beter kan worden afgevoerd. Naarmate het filtermateriaal grover is moet de spoelsnelheid voor het bereiken van een bepaalde expansie groter zijn. Om grofkorrelig materiaal tot ruime expansie te brengen zouden, zoals uit afb. 10 blijkt, zeer hoge spoelsnelheden nodig zijn. Men vergelijkte echter ook het slot van punt 6.9, waar er reeds op werd gewezen dat het materiaal onder bepaalde omstandigheden reeds onder de snelheid die als maatstaf voor het begin van expansie geldt, in beweging komt.
- 8.20 Door de grotere schurende werking die bij het spoelen met lucht optreedt, kan bij toepassing van gelijktijdige water- en luchtspoeling in het algemeen met een kleinere expansie, dus een kleinere spoelwatersnelheid, worden volstaan dan bij waterspoeling alleen. Een expansie van enkele procenten blijkt in de praktijk soms alreeds voldoende te zijn om met waterspoeling alleen een goede reiniging te bewerkstelligen. Een algemene regel kan hiervoor uiteraard niet worden gegeven omdat b.v. ook de diepte en de kleeftkracht van de vervuiling alsmede de duur van de spoeling van invloed zijn. Bij 16°C begint de expansie voor een zandsort met een effectieve korrel-diameter van 1 mm bij een spoelwatersnelheid van ca. 20 m/h. Bij een watersnelheid van ca. 30 m/h wordt een expansie van 5% bereikt (zie afb. 10). Een grotere expansie zal weliswaar de afvoer van het slib ten goede komen, maar door de grotere onderlinge afstand van de korrels vermindert de schurende werking.
- 8.21 Bij toepassing van steunlagen kan het, om de kans op verstoring hiervan te vermijden, gewenst zijn nagenoeg geen expansie toe te passen. In dit geval kan het effect van de luchtspoeling, die met de nodige voorzichtigheid moet worden toegepast om vermenging te voorkomen, beslissend zijn voor de reiniging van het filter.

**AFB. 10** EXPANSIE VAN EEN FILTERBED ALS FUNCTIE VAN DE KORRELDIAMETER EN DE WATERSNELHEID VOOR EEN WATERTEMPERatuur VAN 16°C EN ZONDER LUCHTSPOELING, GEMETEN AAN ENKELE SOORTEN IN DE PRAKTIJK TOEGEPAST FILTERZAND.



GEBUIKELIJK GEBIED VAN SPOELWATERSNELHEDEN

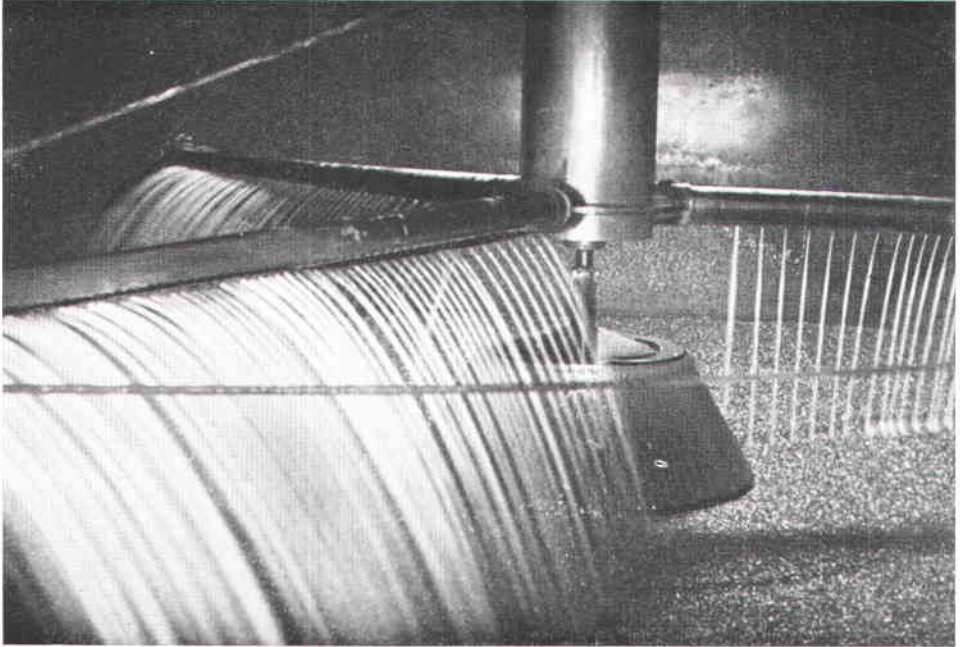
- 8.22 Bij een zandbed zonder steunlagen kunnen hoge water- en luchtsnelheden worden toegepast. De snelheden zijn bij de aanvang van de spoeling echter wel beperkt in verband met het gevaar dat het gehele bed door een plotselinge hoge druk wordt opgelicht of dat er doorbraak optreedt en dat filtermateriaal over de rand van de spoelwatergoot wordt weggespoeld.
- 8.23 Indien het zandbed uit materiaal van sterk uiteenlopende korrelgrootte is opgebouwd (grote gelijkvormigheidscoëfficiënt), moet er rekening mee worden gehouden dat het grovere materiaal zich als regel in de onderste lagen bevindt en dat deze eerst in expansie komen bij een watersnelheid die hoger is dan die welke nodig is om de bovenlaag tot expansie te brengen. Het is daarom gewenst filtermateriaal van zo gelijkmatig mogelijke korrelgrootte toe te passen en dus gezeefd materiaal te gebruiken.
- 8.24 De spoelwatersnelheden liggen als regel tussen 10 en 50 m/h (zie het gearceerde gebied in fig. 10). Als laagste snelheid, betrekking hebbende op kleine korrelafmetingen (0,5 à 1,0 mm effectief) kan – de aanvangsnelheid buiten beschouwing gelaten – een spoelsnelheid van ten minste 15 à 25 m/h als algemene richtlijn worden aanbevolen. Voor oppervlaktewater worden echter 's winters wel lagere spoelsnelheden toegepast. Voor grotere korrelafmetingen, b.v. 1,5 à 2,0 mm effectief, kan een snelheid van 40 à 50 m/h als richtlijn worden aanbevolen. De opgegeven watersnelheden beogen alle enige expansie te geven. Zij zullen bij toepassing van gecombineerde waterluchtspoeling misschien nog iets lager kunnen liggen, maar voor de kleinste korrelafmeting niet kleiner dan 10 m/h zijn. Ook hier zij echter weer uitdrukkelijk vermeld dat de spoelsnelheid in samenhang met andere factoren zoals de spoeltijd, de aard, diepte en hoeveelheid van vervuiling, de temperatuur van het water (viscositeit), de dikte van het filterbed en de luchtspoeling, maar mede in verband met eventuele beperkingen (steunlagen), proefondervindelijk moet worden vastgesteld. Zo zal de spoelwatersnelheid in het algemeen lager kunnen zijn naarmate krachtiger met lucht wordt gespoeld.
- 8.25 Bij het ontwerpen van de waterspoeling is het gewenst op enige reservecapaciteit te rekenen, althans voorzover het delen van de installatie betreft, die later moeilijk kunnen worden gewijzigd. Zo zou men voor korrelgrootten van 1 mm b.v. op een reserve tot 40 m/h kunnen rekenen. Het is echter niet gezegd dat hoge spoelsnelheden steeds het verwachte resultaat opleveren. Ook zij er op deze plaats nogmaals op gewezen dat verhoging van de spoel-

snelheid het filtratieproces wel eens in ongunstige zin kan beïnvloeden (zie hiervoor punt 8.5). Het is dan ook zaak om een voorgenomen spoeling met hogere snelheid eerst op zijn effect te onderzoeken.

- 8.26 De luchtsnelheden variëren gewoonlijk tussen de 30 en 60 m/h, doch liggen niet zelden in de buurt van 100 m/h en hoger. Evenals bij waterspoeling is het gewenst op enige reservecapaciteit te rekenen. Ook voor lucht hangt de spoelsnelheid nauw samen met andere factoren en zullen de gekozen waarden in de praktijk moeten worden getoetst, o.a. op het reinigende effect en de gelijkmatigheid van de verdeling.
- 8.27 Hoewel als regel een gecombineerde water-luchtspoeling wordt toegepast (zie punt 8.2), kunnen in bepaalde gevallen, zoals bij oppervlaktevervuiling en bij gebruik van fijn filtermateriaal, gunstige resultaten worden bereikt met uitsluitend waterspoeling.
- 8.28 Bij afzonderlijke water- of luchtspoeling gevolgd door een gecombineerde spoeling, varieert de duur van deze voorafgaande spoeling in de praktijk veelal tussen 2 en 8 minuten. De gecombineerde lucht- en waterspoeling vraagt in de meeste gevallen een spoeltijd die ligt tussen de 5 en de 10 minuten. De afsluitende waterspoeling die het resterende losse slib en de achtergebleven lucht uit het bed verwijdert duurt meestal 2 tot 6 minuten. Bij een goed ingericht filter wordt met een totale spoeltijd van minder dan 20 minuten een voldoende reiniging verkregen. In ieder geval moet de spoeltijd zo lang zijn dat de blijvende vervuiling in het filter op den duur niet toeneemt, waarbij vooral aandacht aan de dieptevervuiling moet worden geschonken.
- 8.29 Zowel voor water als voor lucht is doorgaans een hoeveelheid spoelmedium nodig die ligt tussen 2 en 8 m<sup>3</sup> per spoeling per m<sup>2</sup> filteroppervlak. Het spoelwaterverbruik bedraagt meestal 0,5 à 3% van de totale wateropbrengst van het filter, maar kan bij moeilijk te behandelen water hoger liggen.
- 8.30 Oppervlaktespoeling zoals die in Amerika in combinatie met waterspoeling zonder luchtspoeling wordt toegepast, wordt in Europa weinig gebruikt, omdat de gecombineerde water-luchtspoeling een voldoende reinigend effect geeft. De oppervlaktespoeling werkt overigens, in het bijzonder in geval van oppervlaktevervuiling met b.v. slibconglomeraten, zeer effectief. Volgens deze methode worden uit een aantal vaste of draaiende sproeijs, die onge-



Drains met eerste grindvulling in een filter te Bergambacht van de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage.  
(Foto: Duinwaterleiding van 's-Gravenhage)



Draaisprocier boven een droogfilter in het pompstation van het Gemeente waterleidingbedrijf Ridderkerk. (Foto: Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening)

veer ter hoogte van het geëxpandeerde bed zijn opgesteld, krachtige waterstralen in het bed gespoten. De sproeiers kunnen uiteraard ook met een ruimere vrijheid van beweging boven het filterbed worden opgesteld. Een elegante oplossing in deze richting is door het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland bij wijze van extra voorzorg te Castricum toegepast. De sproeiers zijn daar in hoogte verstelbaar gemonteerd op een wagen die op rails in dwarsrichting verrijdbaar is langs alle filters en zich in langsrichting over elk filter kan verplaatsen. Op deze wijze wordt het gehele filteroppervlak bestreken terwijl de toegankelijkheid van het filter gewaarborgd blijft.

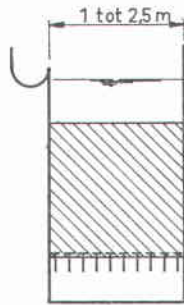


## 9 Aan- en afvoer van spoelwater

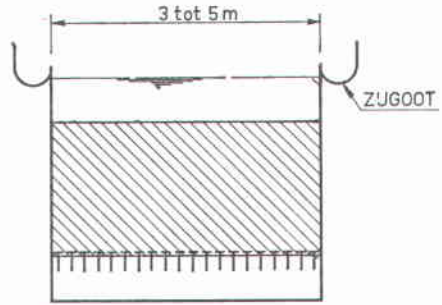
- 9.1 Het spoelwater wordt vaak direct uit de filtraatkelder aangevoerd. Dit geschiedt dan door middel van een spoelwaterpomp. Indien deze pomp de gewenste hoeveelheid water direct naar het filter levert komt men voor grote filters op betrekkelijk grote vermogens. Wordt er, met inbegrip van de aanbevolen reserve, b.v. gerekend op een spoelwatersnelheid van 40 m/h, dan is voor een filter van 25 m<sup>2</sup> reeds een pompcapaciteit nodig van 1000 m<sup>3</sup>/h.
- 9.2 Door het spoelwater uit een hooggelegen reservoir aan te voeren kan de capaciteit van de spoelwaterpomp, in dit geval dus de vulpomp van het reservoir, tot een minimum worden gereduceerd. Het reservoir dient zo hoog boven het filter te worden geplaatst dat de toevoer uit dit reservoir naar het filter zonder pomp kan geschieden. Een bijkomstig voordeel van deze oplossing is, dat niet plotseling grote hoeveelheden spoelwater aan de filtraatkelder behoeven te worden onttrokken. Bij spoelwateraanvoer uit een hogedrukleiding of onder groot verval uit een reservoir is het noodzakelijk dit via een reduceer-toestel te doen geschieden.
- 9.3 Over de keuze tussen directe onttrekking van het spoelwater aan de filtraatkelder en aanvoer uit een hooggelegen reservoir, welke keuze veelal mede bepaald wordt door de plaatselijke omstandigheden, kan het volgende worden opgemerkt. Naar mate het aantal filters groter is, maar de filtereenheden en de spoelsnelheden kleiner zijn, wordt de voorkeur voor direct aangesloten spoelpompen groter. Er kan dan een economischer gebruik van de pompen worden gemaakt omdat zij minder vermogen hebben en gedurende langere tijd werken.
- 9.4 De spoelwater- en de spoelluchtsnelheid dienen steeds goed controleerbaar en regelbaar te zijn opdat het gewenste spoelschema gemakkelijk realiseerbaar is en men de spoelweerstand in de hand heeft. Het is gewenst dat de spoelsnelheden of -hoeveelheden dáár kunnen worden geregeld en afgelezen, waar ook het filter in het oog kan worden gehouden.

- 9.5 Bij toepassing van twee aan de lange zijden van het filter aangebrachte spoelgoten is de afstand van deze goten een bepalende factor voor de breedte van het filter. Deze mag, indien geen bijzondere hulpmiddelen worden toegepast, blijkens de ervaring 3 tot 5 m bedragen, zodat de horizontale afstand van enig punt tot de goot 1,5 à 2,5 m bedraagt. Bij eenzijdige spoelwaterafvoer zal de filterbreedte dan 1,5 tot 2,5 m kunnen bedragen. Bij toepassing van z.g. zwevende spoelgoten boven het filterbed is zowel het aantal als de onderlinge afstand van de goten bepalend voor de filterbreedte. Zo zou bij toepassing van twee zwevende goten boven het bed met een onderlinge afstand van 3 tot 5 m en wandafstanden van 1,5 tot 2,5 m de afstand van wand tot wand 6 tot 10 m kunnen zijn. In afb. 11 is een en ander verduidelijkt.
- 9.6 Behalve de veelvuldig toegepaste spoelwaterafvoer aan een of twee lange zijden van het filter wordt ook wel gespoeld met waterafvoer over één van de korte zijden van het filter. Combinatie met de onder punt 9.9 genoemde „waterbezem” is dan aan te bevelen.
- 9.7 Voor het afvoeren van het spoelwater, dat aan het einde van de spoelperiode boven het zandbed achterblijft, kan in bepaalde gevallen met succes een klepconstructie worden toegepast. De overstort wordt gevormd door een verticale in de wand aangebrachte klep. Door aan het einde van de spoelperiode de juist boven het zandbed gelegen klep neer te laten wordt de overstort voor de afvoer van het spoelwater verlaagd. Het restant spoelwater dat zich dan nog boven het bed bevindt kan hierdoor grotendeels met vrij grote snelheid wegstromen onder medevoering van vrijwel al het slib dat nog boven het bed was achtergebleven. In principe kan ook een hevel worden toegepast, die tegen het einde van de spoelperiode in werking wordt gesteld en het water boven het bed weghevelt.
- 9.8 De onder punt 9.7 genoemde oplossing heeft als bijkomstig voordeel dat het bed na de spoeling nagenoeg droogvalt, hetgeen een betere inspectie van de oppervlakte van het filterbed mogelijk maakt.
- 9.9 Ook de toepassing van een z.g. „waterbezem” geeft gunstige resultaten. Hierbij wordt water aan de ene zijde op geringe hoogte boven het bed over de volle breedte van het filter toegevoerd en aan de andere zijde onder medeneming van het naar boven gespoelde slib afgevoerd.

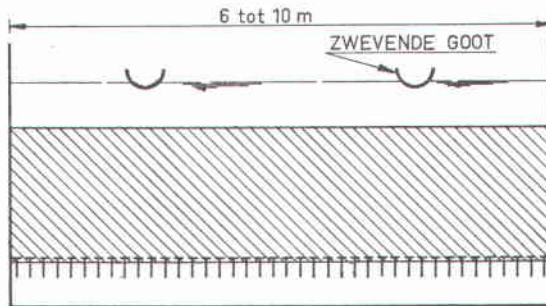
**AFB. 11 AFSTAND TUSSEN DE FILTERWANDEN ALS FUNCTIE VAN HET AANTAL SPOELGOTEN**



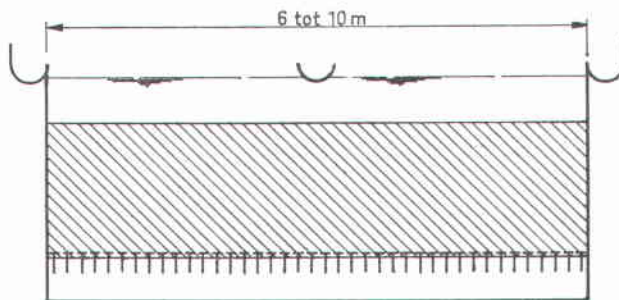
**AFB. 11a FILTER MET 1 ZUGGoot**



**AFB. 11b FILTER MET 2 ZUGGOTEN**



**AFB. 11c FILTER MET 2 ZWEVENDE GOTEN**



**AFB. 11d FILTER MET 2 ZUGGOTEN EN 1 ZWEVENDE Goot**

- 9.10 In geval van eenzijdige spoelwaterafvoer, in het bijzonder bij spoeling over een korte zijde van het filter, kan een goede afvoer van het slib worden verkregen door combinatie van de onder 9.7 en 9.9 genoemde oplossingen. Een dergelijke methode is door de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage toegepast te Bergambacht. Door deze speciale oplossing is men niet meer gebonden aan de in punt 9.5 genoemde voorwaarde, dat de horizontale afstand van enig punt van het bed tot de goot ten hoogste 1,5 à 2,5 m mag zijn.
- 9.11 De vorm en de plaats van de afvoergoten boven het bed moeten zodanig zijn dat de waterverdeling tijdens het filtreren niet op ongunstige wijze wordt beïnvloed en het ruwe water dus gelijkmatig verdeeld boven het bed kan worden toegevoerd.
- 9.12 De goten moeten op een zodanige hoogte boven het bed worden aangebracht dat een ongestoorde spoelwaterafvoer, ook uit de eventueel onder de goten gelegen delen van het geëxpandeerde bed, gewaarborgd is en dat bij de te verwachten maximale expansie en eventuele beroering door luchtspoeling, geen filtermateriaal wordt weggespoeld.
- 9.13 Met inachtneming van het in de punten 9.11 en 9.12 gestelde dient niettemin te worden gestreefd naar een beperkte hoogte van de spoelgoten boven het bed. Dit is gewenst om de slibafvoer te bevorderen, de bouwhoogte te beperken, de opvoerhoogte van het spoelwater niet groter te maken dan strikt noodzakelijk is en om de hoeveelheid spoelwater te beperken.
- 9.14 De overstortranden van de afvoergoten dienen zuiver in een horizontaal vlak te liggen opdat het water gelijkmatig wordt afgevoerd.
- 9.15 De afvoergoten moeten zo ruim bemeten zijn dat de overstortranden bij de te verwachten maximale spoelcapaciteit als volkomen overlaat werken.
- 9.16 Bodemloze zwevende spoelgoten, in de vorm van boven het filterbed lopende leidschotten die het spoelwater naar het punt van afvoer leiden, kunnen in bepaalde gevallen een verbetering van de slibafvoer bewerkstelligen. Een dergelijke oplossing is toegepast in het pompstation St. Jansteen van de Waterleiding Maatschappij „Zeeuwsch-Vlaanderen”.

## 10 Aan- en afvoer van ruw water resp. filtraat

- 10.1 De opstelling en de uitvoering van de pompinstallatie voor de toevoer van het ruwe water naar de filters hangen nauw samen met de wijze van waterwinning enerzijds en de regeling van het debiet anderzijds.
- 10.2 Het is gebruikelijk het ruwe water via een gemeenschappelijk toevoerkanaal of een gemeenschappelijke toevoerleiding naar de filters te leiden (zie punt 13.6 onder a). De wijze waarop het water op de filters wordt gebracht hangt o.a. af van de filterregeling (b.v. met constante of wisselende bovenwaterstand, zie punt 13.10 onder 2°) en de wijze van beluchting (sproeien, overstort in de vorm van cascades).
- 10.3 Bij aanvoer van het ruwe water via een gemeenschappelijk kanaal moeten de afmetingen van dit kanaal zodanig gekozen worden dat de weerstand, over het deel waaruit de filters worden gevoed, verwaarloosbaar klein is. Indien het water niet boven de filters wordt gesproeid kan de toevoer geschieden:
- a* door één of meer aan elkaar gelijke, volkomen overstorten boven de filters;
  - b* door één of meer aan elkaar gelijke openingen van beperkte doorlaat in de kanaalwand, gelegen boven het hoogste waterniveau van de filters;
  - c* door één of meer aan elkaar gelijke openingen van beperkte doorlaat, gelegen onder de laagste bovenwaterstand van de filters (niveaunderschil tussen kanaal en filters);
  - d* door open verbinding tussen kanaal en filters (nagenoeg geen niveaunderschil tussen kanaal en filters).
- 10.4 Bij toepassing van een toevoer als genoemd in 10.3 onder *a* en *b* kan de bovenwaterstand binnen ruime grenzen variëren. In deze gevallen is dus een regeling van het debiet met stijgende bovenwaterstand bij vergroting van de filterweerstand mogelijk (zie punt 13.9 onder 1e). De andere in punt 10.3 genoemde gevallen bieden deze mogelijkheid niet omdat de bovenwaterstanden daar bij gelijkblijvende kanaalwaterstand nagenoeg constant zullen zijn om een constante toevoer te handhaven.

- 10.5 Bij een niet gelijkmatig over het filter verdeelde aanvoer van het ruwe water en in het bijzonder bij toevoer aan één korte zijde of op één punt boven het filterbed, dient er rekening mee te worden gehouden dat er in principe een onregelmatige verdeling van de met het ruwe water aangevoerde verontreinigingen over het oppervlak van het filterbed zal ontstaan, omdat de ruimte boven het bed in feite een bezinkbassin vormt. Naarmate de deeltjes groter en zwaarder zijn (grotere bezinksnelheid) en het ruwe water met kleinere horizontale en/of grotere verticale snelheid wordt toegevoerd, is de kans op extra bezinking (vervuiling) in de omgeving van de toevoer groter. In principe zullen steeds onregelmatigheden in de verdeling van het slib optreden indien het ruwe water deeltjes met een s.g. groter dan dat van water bevat. Uiteraard zal er in het algemeen een nivellerende werking optreden omdat het water de weg van de minste weerstand volgt waardoor op plaatsen van kleinere weerstand, dus daar waar zich weinig slib heeft afgezet, meer slib zal worden aangevoerd. Niettemin blijft een zo goed mogelijke primaire verdeling van het toegevoerde water over het filter gewenst.
- 10.6 Een regelmatige verdeling van het slib over de horizontale filterdoorsnede wordt beter gewaarborgd naarmate het toegevoerde ruwe water gelijkmatiger over het filteroppervlak wordt verdeeld. Tweezijdige toevoer langs de lange filterzijden is daarom gunstiger dan eenzijdige toevoer aan een korte zijde. Het gunstigste resultaat wordt in dit opzicht verkregen door een gelijkmatig verdeelde versproeiing van het water boven het filter.
- 10.7 Bij plaatselijke toevoer van het ruwe water is het, ter vermijding van uitholling van het zandbedoppervlak nodig, een hiervoor voldoende bovenwaterstand te handhaven, de toevoer over een zo breed mogelijk vlak te doen plaatsvinden en het water zo mogelijk in horizontale zin te geleiden. Te grote verticale snelheden die b.v. bij het overstorten van vrij grote hoogte (beluchting) zouden kunnen optreden, moeten worden vermeden.
- 10.8 Een gelijkmatig over de horizontale filterdoorsnede verdeelde afvoer van het filtraat uit het filterbed moet gewaarborgd zijn. Daar de organen voor toevoer van het spoelmedium in het algemeen dezelfde zijn als die voor afvoer van het filtraat uit het filterbed, gaat deze eis als regel samen met die voor de spoelorganen.
- 10.9 Plaatselijke sterke vervuilingen of verstoppingen in het filterbed enerzijds en

in de spoelorganen of –openingen anderzijds, kunnen aanleiding geven tot een wisselwerking waardoor het euvel nog toeneemt. Een slibbank zal in de eronder gelegen spoelorganen extra vervuiling kunnen veroorzaken indien bij de voorafgegane spoeling losgelaten en niet afgevoerd slib tijdens de filtratie doordringt tot de spoelorganen. Bovendien kunnen bij een ongelijkmatige spoelwerking, als gevolg van de aanwezigheid van slibbanken, slib-samenballingen in het bed wegzakken tot de spoelorganen. Een min of meer vervuilde spoelkop veroorzaakt op zijn beurt weer onvolledige reiniging van het erboven gelegen gebied, hetgeen aanleiding kan geven tot de vorming van een slibbank boven de spoelkop. Voor een blijvend gelijkmatige afvoer van het filtraat is daarom een goede spoelwerking (gelijkmatig gereinigd bed) een eerste vereiste.

- 10.10 De wijze waarop het filtraat aan de uitlaatzijde van het filter wordt afgevoerd (b.v. naar de filtraat- of reinwaterkelder) hangt nauw samen met de regeling van het filter. Mogelijk is een afvoer via een iets boven het filterbed gelegen afvoerniveau (= niveau aan de afvoerzijde van het filter, met b.v. een overstortrand of -pijp), dat voorkomt dat het filterbed droogvalt. Ook kan de uitlaat door een directe verbinding onder het afvoerniveau (reinwaterkelder) worden aangesloten. Ten slotte zijn er uitvoeringen met een op het filter aansluitend tussenniveau ten behoeve van de filterregeling, dat door een gecalibreerde uitlaatopening in verbinding staat met een punt onder het afvoerniveau. In punt 13.13 wordt hierop in verband met de regeling van het debiet en de bovenwaterstand nader ingegaan.
- 10.11 De pompinstallaties voor de aanvoer van het ruwe water en eventueel die voor het transport van het filtraat moeten enerzijds berekend zijn op een vergroting van de capaciteit met het oog op toekomstige uitbreiding van het aantal filters of een grotere filtratiesnelheid, anderzijds op enige reserve aan opvoerhoogte om de bij hogere snelheden optredende grotere leidingweerstand te kunnen overwinnen.
- 10.12 De pompen dienen zodanig te worden toegerust of opgesteld dat zij bij het inschakelen met water gevuld zijn.

## 11 Aan- en afvoerleidingen met toebehoren

- 11.1 Het is gewenst de aan- en afvoerleidingen en appendages aan de ruime kant te kiezen en deze onderdelen ruim op te stellen. De prognoses omtrent de toekomstige vereiste productie leiden doorgaans tot te lage cijfers. Aanbevolen wordt rekening te houden met een toekomstig verbruik dat belangrijk hoger ligt dan hetgeen op grond van de beschikbare gegevens voor de toekomst wordt verwacht. Een ruime opzet is dikwijls economischer dan een later uit te voeren vergroting van de capaciteit.
- 11.2 Het is in het algemeen gewenst bij het ontwerp van het leidingsysteem van de filters en de overige installatie rekening te houden met mogelijke toekomstige wensen om de installatie, aansluitend aan de oorspronkelijke uitvoering, uit te breiden.
- 11.3 Gezien de dikwijls achteraf blijkende mogelijkheid tot het verhogen van de filtratiesnelheid, dient er niet alleen op te worden gerekend dat het aantal filtereenheden in de toekomst kan worden vergroot, (zie punt 3.8) maar ook de capaciteit per filter in de loop der tijden moet kunnen worden opgevoerd.
- 11.4 Alle onderdelen van de filterinstallatie, dus het filter met toe- en afvoerleidingen, pompen, bedienings-, regelings- en verdere apparatuur en instrumentarium, moeten zo goed mogelijk toegankelijk zijn met het oog op inspectie, onderhoud en reparatie. Voor het verplaatsen van zware stukken is het gewenst de daarvoor in aanmerking komende ruimten te voorzien van hijsmogelijkheden. Extra afsluiters dienen te worden aangebracht op plaatsen waar dit voor eventuele demontage van bepaalde onderdelen (b.v. pompen, keerkleppen e.d.) nodig kan zijn. Het is doorgaans niet gewenst in afvoerleidingen voor spoelwater liggende afsluiters aan te brengen, omdat zich daarin afgevoerd filtermateriaal kan verzamelen, waardoor overlast kan worden veroorzaakt.



- 11.5 De keuze van de afmetingen van leidingen en kanalen in verband met de daarin optredende snelheden en drukverliezen, hangt nauw samen met de inzichten omtrent de gewenste reserve (zie punt 11.1) en de economie van het bedrijf, zodat hiervoor geen vaste regels kunnen worden gegeven. Hieruit volgt dat een bepaling van de gunstigste leidingdoorsnede alleen volgens de hydraulische stromingsformules, niet altijd juist is.
- 11.6 Bij de bepaling van de gewenste leidingdiameter kunnen bijkomstige factoren van belang zijn, zoals de vereiste inwendige toegankelijkheid, afmetingen van aansluitflenzen van pompen, de beschikbare ruimte, enz.
- 11.7 Om een indruk te krijgen van de in de praktijk voorkomende snelheden in het leidingsysteem van filters kan worden opgemerkt dat in buizen met grote diameters (250 mm en wijder) snelheden van ongeveer 1 tot ten hoogste 2 m/sec gebruikelijk zijn. Bij kleine buisdiameters past men, in verband met het vrij grote drukverlies, liever snelheden lager dan 1 m/sec toe.
- 11.8 Indien er onzekerheid bestaat over de vraag of mogelijk in de toekomst dubbele filtratie moet worden toegepast of dat met enkele filtratie blijvend kan worden volstaan, kan het zinvol zijn het leidingstelsel en de filters zodanig te ontwerpen, dat de installatie zowel voor enkele als dubbele filtratie kan worden gebruikt.

## 12 Beluchten

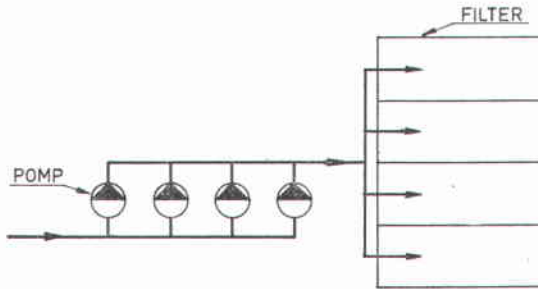
- 12.1 Indien het (grond)water, alvorens dit op het filter te brengen, moet worden belucht, kan dit direct boven het filter dan wel in een afzonderlijke ruimte geschieden.
- 12.2 Indien het filter zelf zich niet alreeds in een afgesloten ruimte bevindt is het, – behoudens in de onder 12.3 en 12.4 genoemde gevallen – in het bijzonder als de beluchting door sproeien geschiedt, gewenst deze wel in een afzonderlijke ruimte te doen plaatsvinden, een en ander met het oog op een betere hygiëne en een minder vochtige atmosfeer in de filterhal.
- 12.3 Bij gemakkelijke ontijzering en in het geval dat het voor een goede ontijzering nodig is de tijd die tussen de sproeiing en de filtratie verloopt zo klein mogelijk te houden, verdient het aanbeveling de beluchting direct boven het bed te doen plaatsvinden. Dit ter voorkoming van afzettingen in de toevoerleidingen of -kanalen naar het filter, dan wel om de ontijzering in het filter niet ongunstig te beïnvloeden.
- 12.4 In geval van toepassing van droogfiltratie is het, ter verkrijging van een regelmatige lucht- en waterverdeling in het bed, gewenst bijzondere zorg te besteden aan een gelijkmatige versproeiing van het water boven het bed, in extreme gevallen door middel van een boven het bed geplaatste draaisproeier (spiraalvormige lucht- en waterlagen).
- 12.5 Voor geheel gesloten systemen van grondwaterwinning behoort de beluchting volgens de „Aanbevelingen” van de VEWIN in een gesloten gebouw te geschieden en de benodigde ventilatielucht, waar daartoe aanleiding bestaat, te worden gezuiverd. Deze zuivering kan geschieden door luchtfilters. De beluchtingsinstallaties moeten gemakkelijk kunnen worden geïnspecteerd en schoongemaakt.

- 12.6 Indien bij beluchting tevens koolzuur vrijkomt, moet worden gezorgd voor een goede afvoer van dit ten opzichte van lucht zware gas. Ook dienen ongewenste concentraties van zwavelwaterstof door een doeltreffende ventilatie te worden vermeden.
- 12.7 De ventilatieopeningen in filterruimten dienen met gaas te worden afgeschermd tegen ongedierte. Hiertoe wordt plastic wegens zijn bestandheid tegen corrosie, met succes toegepast. Voor fijnere verontreinigingen (al dan niet radioactief) zijn verdere maatregelen noodzakelijk. Het centraliseren van de luchtaanvoer op één of weinige punten is in dit verband van belang.

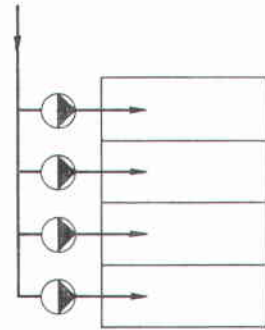
## 13 Regeling van de filtratie

- 13.1 Het zuiveringsproces zal in het algemeen beter verlopen naarmate de filtratiesnelheid minder aan schommelingen onderhevig is. Het verbruik per uur in een voorzieningsgebied wisselt echter van ca. 1% tot 9% van het verbruik per etmaal, terwijl het maximale verbruik per etmaal veelal 1,5 à 2 maal het gemiddelde verbruik per etmaal (= verbruik per jaar gedeeld door 365) bedraagt. Het minimale verbruik per etmaal ten slotte is in het algemeen van de grootte orde van 1/3 van het maximale verbruik per etmaal, dus van 1/2 à 2/3 van het gemiddelde verbruik per etmaal.
- 13.2 De verschillen in het verbruik per uur kunnen ter voorkoming van grote schommelingen in de filtratiesnelheid, voor een belangrijk gedeelte worden opgevangen door het scheppen van accumulatie-ruimte voor rein water. De verschillen in de verbruiken per etmaal moeten daarentegen nagenoeg volledig worden gecompenseerd door wijziging van de door de gezamenlijke filters af te leveren hoeveelheid water (afgezien van z.g. week-accumulatie van rein water, die een enkele maal wordt toegepast).
- 13.3 Indien wordt afgezien van de aanwezige reservecapaciteit, dus rekening wordt gehouden met de zuiveringscapaciteit die voldoende is om de behoefte voor een etmaal van maximaal verbruik te dekken, dient dus de aflevering op een dag van minimaal verbruik tot op ongeveer 1/3 te worden verminderd. Deze beperking van de totale capaciteit kan in principe worden bereikt door:
- a* alle filters in bedrijf te houden en de filtratiesnelheid tot op 1/3 van de maximaal toelaatbare te verminderen,
  - b* alle filters slechts gedurende 1/3 deel van het etmaal met de maximaal toelaatbare filtratiesnelheid in bedrijf te houden,
  - c* een derde van het aantal filters volledig in bedrijf te houden en de overige uit te schakelen.
- 13.4 Welke van de in 13.3 genoemde mogelijkheden moet worden gekozen is in de

AFB. 12 AANVOER VAN HET RUWE WATER NAAR HET FILTER



AFB. 12 a AANVOER VAN HET RUWE WATER NAAR HET FILTER VIA EEN GEMEENSCHAPPELIJKE TOEVOERLEIDING

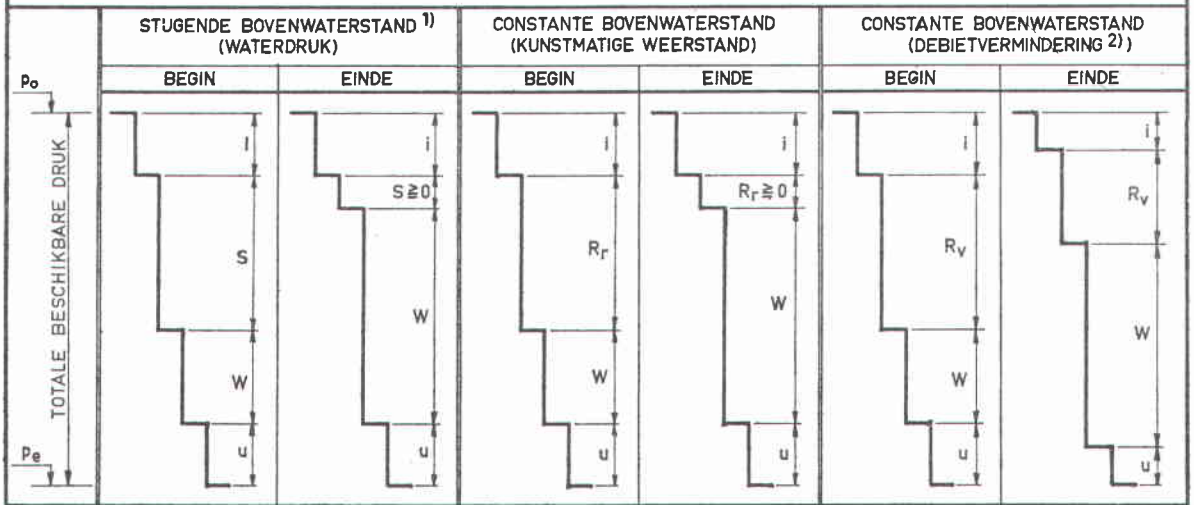


AFB. 12 b AANVOER VAN HET RUWE WATER NAAR HET FILTER VIA AFZONDERLIJKE POMPEN EN TOEVOERLEIDINGEN

eerste plaats afhankelijk van de vraag of het gedurende geruime tijd stopzetten van een filter dan wel het werken met  $1/3$  van de maximaal toelaatbare snelheid nadelig is voor de kwaliteit van het filtraat. Is dit niet het geval, dan zal op economische gronden een keuze moeten worden gedaan. Daarbij zal in het algemeen uit een oogpunt van energieverbruik aan *a* (of *c*) de voorkeur moeten worden gegeven. In bijzondere omstandigheden, b.v. bij zeer lage kosten van nachtstroom, zeer hoge kosten of boete bij draaien in spertijd, dan wel ter beperking van de personeelsbezetting, kan een toepassing in de richting van oplossing *b* niettemin aantrekkelijk zijn.

- 13.5 Bij de regeling van het debiet moet er in het algemeen op worden gelet:
- a* dat de filtratiesnelheid een voor de kwaliteit van het filtraat kritieke waarde niet overschrijdt;
  - b* dat de bovenwaterstand de toelaatbare grenswaarde niet overschrijdt;
  - c* dat het zandbed niet kan droogvallen indien het voor een goede filtratie nodig is dat het filterbed steeds onder water staat;
  - d* dat de waterverdeling over de in bedrijf zijnde filters zo gelijk mogelijk is, indien deze een gelijke opbrengst moeten hebben;
  - e* dat het debiet onafhankelijk van de vervuiling van het filter is.
- 13.6 Bij de regeling van het debiet is de wijze waarop het ruwe water wordt aangevoerd van belang. Dit kan, indien geen natuurlijk verval ter beschikking staat, als volgt geschieden.
- a* Centrale aanvoer op een gemeenschappelijke toevoerleiding (vergelijk punt 10.3). Het toegevoerde water kan door middel van overstorten gelijkmatig over alle filters worden verdeeld. Het debiet wordt dan voor alle filters in gelijke mate gewijzigd door bij- of afschakeling van één of meer pompen (zie afb. 12a). Voordelen zijn, dat een soepel bedrijf met een minimum aantal pompen wordt verkregen, dat het debiet kan worden verlaagd door de filtratiesnelheid te verkleinen – dus zonder een filter buiten bedrijf te stellen – en dat de filters niet van een afzonderlijke aanvoer behoeven te worden voorzien.
  - b* Afzonderlijke aanvoer naar elk filter door middel van een eigen aanvoerpomp (zie afb. 12b). Voordelen zijn, dat de (niet regelbare) pomp een constant debiet geeft zodat een dergelijke opstelling dus geëigend is voor gevallen waarin de filtratiesnelheid niet mag veranderen (droogfiltratie, ontzuring) en dat voorzieningen om het water gelijkelijk over de filters te verdelen niet nodig zijn.

**AFB.13 DRUKVERLOOP IN EEN FILTER VOOR VERSCHILLENDE METHODEN VAN  
WEERSTANDSCOMPENSATIE BIJ BEGIN EN EINDE VAN DE FILTRATIEPERIODE**



$p_o$  en  $p_e$  = drukk niveau aan invoer- resp. afvoerszijde van het filter.  $p_o - p_e$  = totale beschikbare druk.

$i$  en  $u$  = in- resp. uitstroomverliezen (leiding- en sproeiweerstand, beluchtingshoogte, overstort, enz.).

$W$  = weerstand van het filterbed.

$S$  = beschikbare stijghoogte van het bovenwater.

$R_r$  = regelweerstand (compensatie).

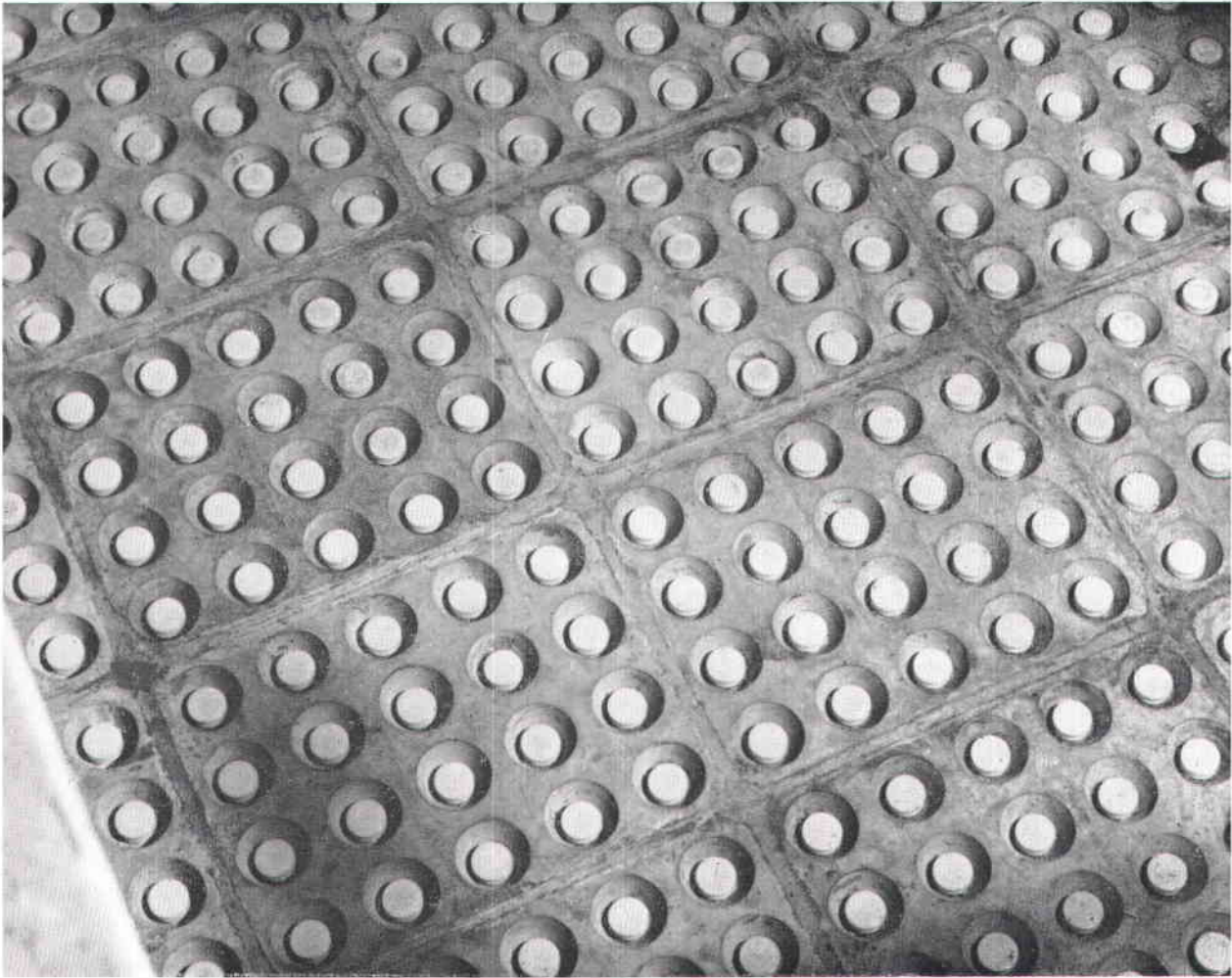
$R_v$  = vaste weerstand (met schuif af te stellen).

- 1) variant: dalende overstorthoogte aan de afvoerszijde. In dit geval is  $S$  de beschikbare verlaging van de overstorthoogte.
- 2) in dit geval is de eindsnelheid uiteraard kleiner dan in de andere gevallen.



Sproeivloeren met sproeibeluchting boven de filters van het pompstation Kolff te Waardenburg van de Waterleiding Mij. Gelderland. (Foto: Machinefabriek Gebr. Rossmark N.V. Almelo)





Filterbodem met verzonken spoelkoppen. (Foto: Philips Persbureau Eindhoven)

- 13.7 Om een passende methode en uitvoering voor de regeling van een filter te kunnen vaststellen is het nodig zich rekenschap te geven van de eisen (of wensen) die met betrekking tot de filterregeling van belang kunnen zijn. Deze eisen behoeven niet alleen op de filtratie als zodanig betrekking te hebben maar kunnen ook van b.v. bedrijfstechnische of bouwtechnische aard zijn. Liggen de eisen vast dan dient te worden nagegaan welke van de mogelijkheden die een filter in principe biedt, voor het realiseren van de gestelde eisen in aanmerking komen. Om een overzichtelijk beeld te krijgen is het gewenst de belangrijkste mogelijkheden en eisen afzonderlijk (zie punt 13.8) te formuleren.
- 13.8 Het zijn doorgaans de drie volgende kenmerkende filtergrootheden die nauw betrokken zijn bij de filterregeling en als zodanig mogelijkheden bieden om bepaalde voorwaarden te verwezenlijken.
- 1e Het *filterdebiet* – dat is de hoeveelheid water die het filter per tijdseenheid passeert – dat aan de aan- of afvoerszijde van het filter kan worden geregeld (zie punt 13.10 onder 1e).
- 2e De *bovenwaterstand* – dat is de stand van het te filtreren water boven het filterbed – waarvan het peil aan de aan- of afvoerszijde van het filter kan worden geregeld. (zie punt 13.10 onder 2e).
- 3e De *weerstand van het filterbed* waarvan de toeneming tijdens de filtratieperiode op verschillende wijzen kan worden gecompenseerd (zie punt 13.9).
- 13.9 Ter compensatie van de toeneming van de weerstand van het filterbed tijdens de filtratieperiode staan de volgende mogelijkheden ter beschikking.
- 1e *Bovenwaterstand laten stijgen*  
In dit geval wordt de voordruk in het filterbed vergroot door het waterniveau boven het filterbed te laten stijgen en wel zodanig dat de stijging van het niveau gelijk is aan de toeneming van de weerstand van het bed. Een variant hierop is de verlaging van de overstorthoogte aan de afvoerszijde. Hier is dus slechts sprake van een relatieve stijging van de bovenwaterstand (t.o.v. het overstortniveau), waardoor in principe hetzelfde effect wordt bereikt.
- 2e *Kunstmatige weerstand verkleinen*  
Volgens deze methode wordt een aan de afvoerszijde van het filter aangebrachte kunstmatige weerstand verkleind en wel zodanig dat de weerstandsvermindering steeds gelijk is aan de toeneming van de weerstand van het bed.

**TABEL 1** OVERZICHT VAN COMBINATIES VAN EISEN EN MOGELIJKHEDEN, VERBAND HOUDENDE MET DE FILTERREGELING

EISEN OMTRENT		MOGELIJKHEDEN							PRINCIPE ZIE FIGUUR	
FILTRATIE-SNELHEID	BOVENWATERSTAND	WEERSTANDSCOMPENSATIE MET			FILTERDEBIET GEREGELD AAN		BOVENWATERSTAND GEREGELD AAN			
		STUGEND BOVEN-NIVEAU <sup>1)</sup>	CONSTANT BOVENNIVEAU	KUNSTM. WEERSTAND	DEBIETVER-MINDERING	AANVOER	AFVOER	AANVOER		AFVOER
CONSTANT	VARIABEL					(CONSTANT)				14 a
VARIABEL	VARIABEL									14 b (14c)
CONSTANT	CONSTANT					(CONSTANT)		(CONSTANT)		15 a & b
							(CONSTANT)	(CONSTANT)		16 a, b & c
								(CONSTANT)		17 a & b
VARIABEL	CONSTANT							(CONSTANT)		17 c
								(CONSTANT)		18 a & b

MOGELIJKE COMBINATIES
 

X

 NIET OF MOEILUK TE REALISEREN COMBINATIES
  NIET VAN TOEPASSING

<sup>1)</sup> variant: dalende overstorthoogte (zie afb. 14c).

3e *Debiet verminderen*

Het debiet kan tijdens de filtratieperiode zodanig worden verminderd dat de weerstandsvermindering door het verkleinen van de snelheid gelijk is aan de weerstandsvermeerdering ten gevolge van de toenemende vervuiling.

Deze methode is aantrekkelijk indien ook een afnemende filtratiesnelheid voor de verbetering van het filtratieproces gewenst is (declining rate filtration, zie punt 17.2). Zij kan in het bijzonder van belang zijn bij de toepassing van dunne filterbedden.

In afb. 13 is het drukverloop voor de bovengenoemde gevallen bij minimale en maximale weerstand geschetst.

13.10 De volgende eisen of wensen kunnen met betrekking tot de filterregeling van belang zijn.

1e *Eisen ten aanzien van het debiet*

- a De filtratiesnelheid moet binnen nauwe grenzen worden gehouden en is dus nagenoeg constant.

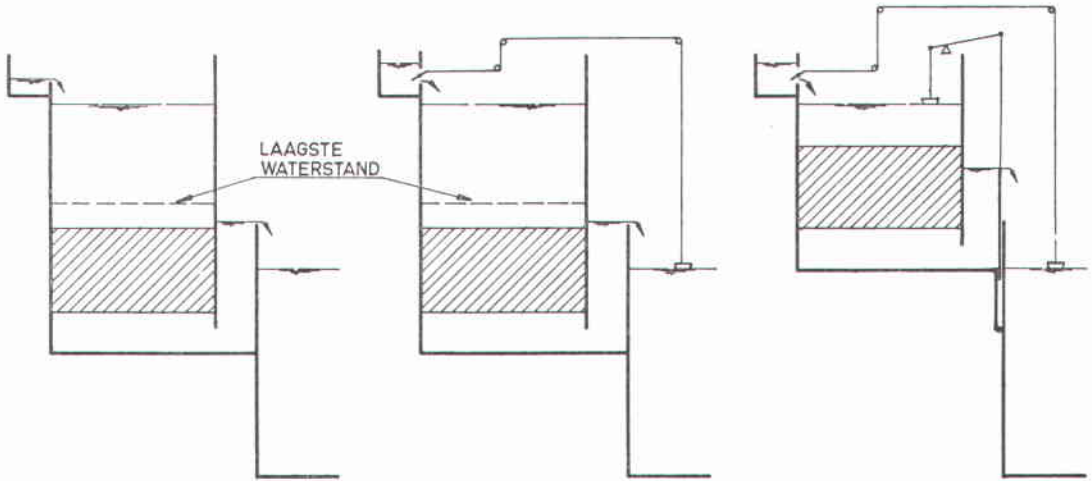
Dit kan nodig zijn in verband met het filtratieproces, b.v. bij droogfiltratie. In het geval van droogfiltratie dient tevens zorg te worden gedragen voor een gelijkmatige verdeling van het water boven het filter. In het speciale geval dat de bovenwaterniveaus van een complex filters met elkaar in rechtstreekse verbinding staan (communicerend) is toepassing van debietsregelaars nodig.

- b De filtratiesnelheid mag of moet binnen ruime grenzen variabel zijn. Een variabele snelheid kan gewenst zijn om het debiet aan te passen aan het variabele gebruik. Het kan ook gewenst zijn dat het debiet bij toenemende weerstand wordt verminderd (zie punt 13.9 onder 3e en punt 17.2).

2e *Eisen ten aanzien van de bovenwaterstand*

- a Het peil moet binnen betrekkelijk nauwe grenzen worden gehandhaafd, d.w.z. nagenoeg constant zijn. Deze eis kan gebaseerd zijn op de noodzaak van hetzij een voldoende lange, hetzij een zo kort mogelijke verblijfstijd van het water boven het bed, of op noodzakelijke ontzuring met constante afvoer van koolzuur (CO<sub>2</sub>) boven het filterbed. Het kan ook zijn dat een vaste bovenwaterstand gewenst is om de bouwhoogte van het filter te beperken, om afsluiters in de afvoergoot te vermijden, wegens esthetische eisen, of omdat men de toegankelijkheid tot en de controlemogelijkheid van het filter beter gewaarborgd acht dan bij stijgende bovenwaterstand.

**AFB. 14** WEERSTANDSCOMPENSATIE MET VARIEREND BOVEN- OF ONDERNIVEAU



**AFB. 14a** STUGEND BOVENNIVEAU,  
DEBIET CONSTANT INGESTELD  
AAN AANVOERZUDE

**AFB. 14b** STUGEND BOVENNIVEAU,  
DEBIET VARIABEL, GEREGELD  
AAN AANVOERZUDE

**AFB. 14c** DALENDE OVERSTORTHOOGTE,  
DEBIET VARIABEL, GEREGELD  
AAN AANVOERZUDE

- b* Het peil mag of moet met toenemende filterbedweerstand toenemen. Deze eis kan worden gesteld om het optreden van te grote onderdrukken in het filterbed te vermijden of om voldoende overdruk tot stand te brengen indien deze nodig is om grote weerstanden te overwinnen c.q. om grote snelheden te bereiken. Een bijzonder regelorgaan aan de afvoerszijde is hierbij niet nodig (weerstandscompensatie met oplopende waterstand, zie punt 13.9 onder 1e).

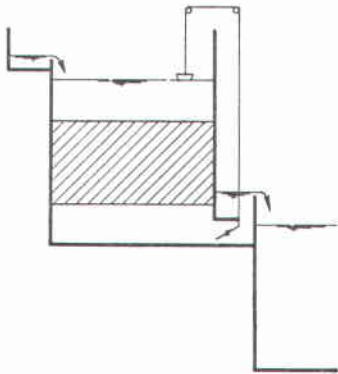
Bij toepassing van een veranderlijke bovenwaterstand kan de ruimte boven het filter, vooral ten aanzien van de ruwwaterpompen, als buffer dienst doen, hetgeen kan bijdragen tot een rustig werkend en zekerder filterbedrijf.

- 13.11 De in punt 13.10 genoemde eisen of wensen ten aanzien van de filtratiesnelheid en de bovenwaterstand zijn opgenomen in het in tabel 1 gegeven overzicht, waarin tevens de verschillende mogelijkheden in verband met de regeling van het filter zijn vermeld. De gegevens zijn zodanig gerangschikt dat een duidelijk beeld van de verschillende combinatiemogelijkheden wordt verkregen. In deze combinaties zijn de filtratiesnelheid en de bovenwaterstand hetzij variabel, hetzij constant. Verder wordt er, wat betreft de snelheid en de stand van het bovenwater, onderscheid gemaakt tussen regeling aan de afvoer- en aan de aanvoerszijde van het water. Bovendien is de wijze van weerstandscompensatie in de combinaties aangegeven.

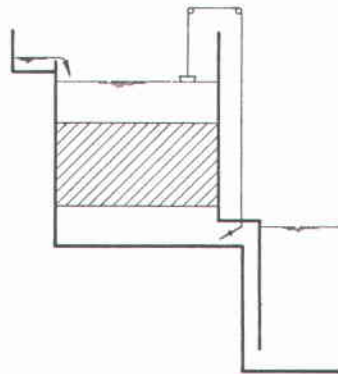
Uit dit overzicht blijkt dat bij regeling van het filterdebiet aan de aan- en afvoerszijde, de regeling van de bovenwaterstand resp. aan de af- of aanvoerszijde plaatsvindt. Wordt een stijgende bovenwaterstand toegepast dan wordt de stand van het bovenwater uiteraard niet geregeld, terwijl het filterdebiet dan aan de aanvoerszijde geregeld wordt. Regeling aan de afvoerszijde zou slechts tot onnodige complicaties leiden. Wordt weerstandscompensatie door verkleining van het debiet toegepast dan kunnen „stijgende bovenwaterstand” en „constante filtratiesnelheid” buiten beschouwing worden gelaten. Deze mogelijkheid komt dan ook slechts voor in de combinatie met constant bovenniveau en variabele snelheid.

- 13.12 Ter illustratie van de verschillende in tabel 1 gegeven combinaties zijn in de afbeeldingen 14 t/m 18 de principeschema's voor enkele regelmogelijkheden gegeven. Gezien de vele manieren waarop de uitvoering in de praktijk kan worden verwezenlijkt (zie o.a. lit. 6, 7, 31, 40, 46, 52), zal het duidelijk zijn dat een overzichtelijk geheel van beperkte omvang alleen kan worden ver-

AFB. 15 WEERSTANDSCOMPENSATIE MET CONSTANT BOVENWATERNIVEAU EN  
KUNSTMATIGE WEERSTAND. DEBIET CONSTANT INGESTELD AAN AANVOERZUDE



AFB. 15a OVERSTORT NAAR EINDNIVEAU



AFB. 15b DIRECTE AANSLUITING OP  
EINDNIVEAU



kregen door sterk te schematiseren. Zo moeten b.v. de aanduidingen van het regelorgaan en de besturing, voorgesteld door een vlotter die verbonden is met een regelklep, slechts als principieel worden gezien. Voor de regeling van het debiet is steeds de waterstand aan de afvoerszijde van het filter als referentieniveau gebruikt. Hierbij is gedacht aan een gebruikelijke regeling afhankelijk van het waterverbruik, dus b.v. van de niveaustand in de reinwaterkelder. Uiteraard kan de reguleur ook op andere wijze worden gecommandeerd, b.v. door de stand van een ruwwaterbassin vóór de filters. Ook de wijze waarop het water op het filter wordt gebracht en aan de onderzijde weer wordt afgevoerd loopt in de praktijk sterk uiteen. Daar de wijze van aan- en afvoer doorgaans echter zeer nauw met de regeling samenhangt is hieraan in het volgende punt speciale aandacht besteed.

13.13 De aanvoer van het ruwe water – eventueel uit een gemeenschappelijk toevoerkanaal – kan, zoals reeds vermeld, geschieden door een overstort, door een gecalibreerde opening boven of onder de bovenwaterstand van het filter, of door een regellichaam, b.v. in de vorm van een klep of schuif. In de afbeeldingen 14 t/m 18 is de toevoer via een constant gedachte overstort of een regelklep geschetst. In het algemeen kan de afvoer van het filtraat naar het niveau aan de uitlaatzijde van het filter in samenhang met de regeling als volgt geschieden.

*a Overstort naar het eindniveau*

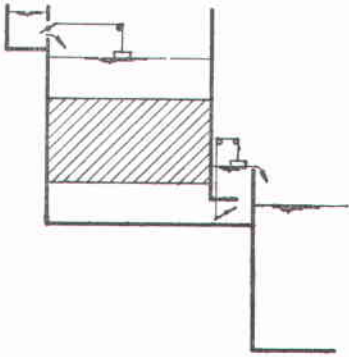
Bij stijgende bovenwaterstand kan deze overstort ongeveer ter hoogte van de bovenkant van het zandbed worden aangebracht (zie b.v. afb. 14a en b), om droogvallen van het filter te voorkomen. Voor droogfilters en natfilters met een constant laag bovenwaterniveau moet de overstort lager worden aangebracht (zie b.v. afb. 15a). Een voordeel van de overstort aan de afvoerszijde is dat het overstortniveau nagenoeg constant is zodat het bovenwater-niveau niet wordt beïnvloed door een variërend eindniveau aan de afvoerszijde. Het statische drukverschil tussen aan- en afvoerszijde is dus constant. Tevens kan de overstort voor beluchting worden benut. Een bijzondere toepassing van de overstort is die waarbij het overstortniveau wordt gebezigd voor de regeling van het debiet, zoals b.v. in fig. 16a voor de regeling op een constante overstort.

*b Directe aansluiting onder het eindniveau*

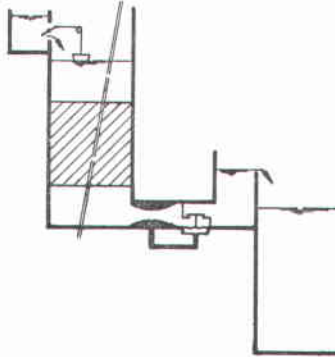
Wordt de afvoer van het filter direct aangesloten onder het eindniveau aan de



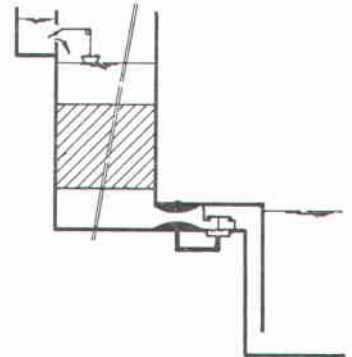
**AFB. 16 WEERSTANDSCOMPENSATIE MET CONSTANT BOVENWATERNIVEAU EN KUNSTMATIGE WEERSTAND. DEBIET CONSTANT INGESTELD AAN AFVOERZIJDE**



**AFB. 16 a** INSTELLING OP CONSTATE OVERSTORT NAAR EINDNIVEAU



**AFB. 16 b** HOEVEELHEIDSREGELAAR (VENTURI) MET OVERSTORT NAAR EINDNIVEAU



**AFB. 16 c** HOEVEELHEIDSREGELAAR (VENTURI) MET DIRECTE AANSLUITING OP EINDNIVEAU

afvoerszijde van het filter dan is de hoogte van dit niveau bepalend voor de tegendruk in het filter. Soms is dit niveau constant, zoals b.v. bij aansluiting op een gemeenschappelijk afvoerkanaal waarvan de waterspiegel door een overstort nagenoeg constant gehouden wordt. Veelal echter zal het eindniveau aan de afvoerszijde variëren. Dit is het geval indien direct op de reinwaterkelder wordt aangesloten. In zulk een geval kan het van voordeel zijn dat de beschikbare drukhoogte toeneemt naarmate het afvoerniveau daalt. Hierdoor kunnen, als daar overigens geen bezwaren tegen zijn, bij een lage stand van het afvoerniveau hogere filtratiesnelheden worden toegepast, of hogere eindweerstand worden toegelaten (zie b.v. afb. 15b en 17b).

*c Afvoer via een hevel*

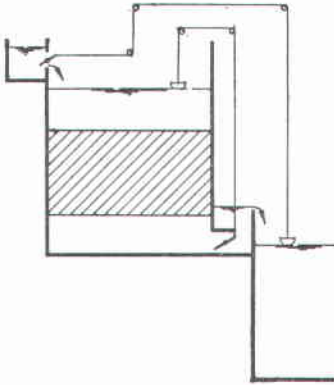
Een uitvoering die wegens zijn aantrekkelijkheid afzonderlijk dient te worden vermeld is de hevel. Deze biedt de volgende voordelen.

- 1e Droogvallen van het filter wordt op eenvoudige wijze voorkomen.
- 2e De hevel kan aan zijn afvoerszijde worden aangesloten onder een constant (overstort) niveau of een variërend eindniveau, zodat desgewenst het volledige drukverschil tussen bovenwater en eindniveau kan worden benut.
- 3e De hevel kan op eenvoudige wijze als reguleur worden gebruikt. In de afbeeldingen 14 t/m 18 is de regeling ter wille van de eenheid steeds aangeduid door middel van een geschematiseerde combinatie van vlotter en klep. Deze combinatie kan echter vaak samen met een overstort of een directe aansluiting aan de afvoerszijde worden uitgevoerd als hevel.

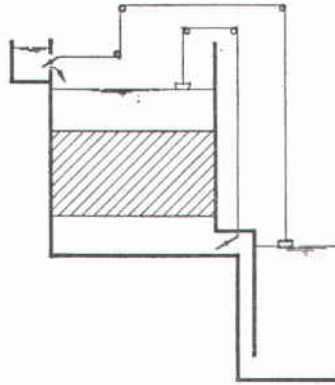
*d Andere methoden voor afvoer*

Behalve de hiervoor vermelde methoden om het water af te voeren worden in de praktijk diverse vaak ingewikkelde, hoewel soms interessante varianten of tussenvormen toegepast die direct verband houden met de regeling; zo worden b.v. tussenniveau's, die veelal voorzien zijn van gecalibreerde uitstroomopeningen, toegepast als regelniveau (zie afb. 17c, waar een tussenniveau nodig is om aan de afvoerszijde te kunnen regelen). De werking van op dergelijke tussenniveau's aangesloten reguleurs komt meestal hierop neer, dat de vermindering in druk, snelheid of niveauhoogte die aan de afvoerszijde optreedt als gevolg van de toenemende verstopping van het filter, wordt

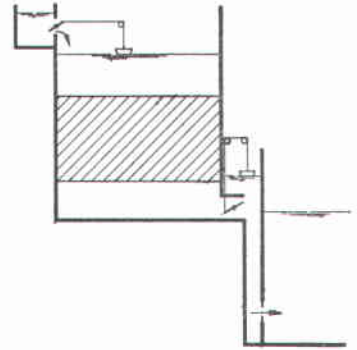
**AFB. 17 WEERSTANDSCOMPENSATIE MET CONSTANT BOVENWATERNIVEAU  
EN KUNSTMATIGE WEERSTAND; DEBIET VARIABEL**



**AFB. 17a DEBIET GEREGELD AAN  
AANVOERZUDE; OVERSTORT  
NAAR EINDNIVEAU**



**AFB. 17b DEBIET GEREGELD AAN  
AANVOERZUDE; DIRECTE  
AANSLUITING OP EINDNIVEAU**



**AFB. 17c DEBIET GEREGELD AAN  
AANVOERZUDE OP TUSSENNIVEAU  
MET GECALIBREERDE OPENING  
ONDER EINDNIVEAU**

omgezet in een klepverstelling die de weerstandsvergroting compenseert en het debiet constant houdt (zie punt 13.9 onder 2e).

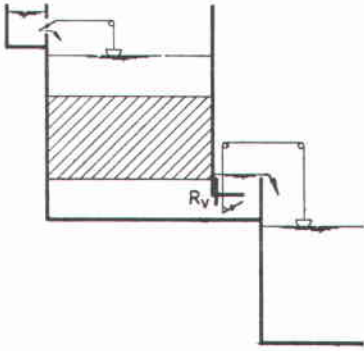
In de afbeeldingen 14 t/m 18 is de afvoer zoveel mogelijk op eenvoudige wijze door middel van een overstort of een directe aansluiting geschetst, dit om de primaire verschillen niet door details en varianten van ondergeschikt belang te vertroebelen.

13.14 Indien het debiet wordt geregeld kan deze regeling veelal worden gecombineerd met een meting van het debiet per filter. Als het debiet op een constante waarde wordt geregeld is een debietmeting zelfs noodzakelijk om deze constante waarde te kunnen instellen en te controleren. Voor meting van het debiet komen o.a. in aanmerking het principe van de venturi, de overstort en de gecalibreerde opening. Wil men met toepassing van een gecalibreerde opening voldoende nauwkeurigheid bereiken, dan zal in het algemeen het inschakelen van een tussenniveau tussen het individuele filter en het gemeenschappelijke afvoerkanaal of de filtraatkelder gewenst zijn.

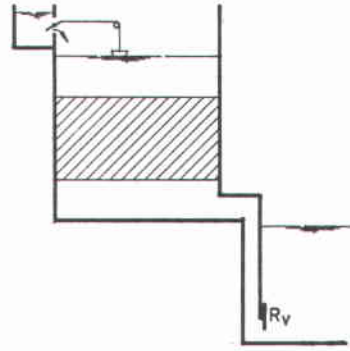
13.15 De verschillende principes van constante of stijgende bovenwaterstand, constant of variabel afvoerniveau en constant of variabel debiet kunnen tot vele uitvoeringsvormen worden gecombineerd. Het totale aantal mogelijkheden wordt nog vergroot door de omstandigheid dat de regelproblemen zowel met mechanische, hydraulische, pneumatische als elektrische methoden tot een oplossing kunnen worden gebracht. Bovendien zullen plaatselijke omstandigheden en persoonlijke instelling de keuze vaak belangrijk beïnvloeden. De technische uitvoering kan dan ook op zoveel verschillende manieren worden verwezenlijkt dat bespreking daarvan bewust achterwege is gelaten, mede omdat de meet- en regeltechniek thans zo snel evolueert. Ook is vermeden een of meer uitvoeringen in detail weer te geven, omdat men daardoor al spoedig geneigd is dergelijke voorbeelden als dé oplossing te beschouwen.

Uit het voorgaande blijkt wel dat bij het ontwerpen van een regelsysteem voor een bepaald geval vaak een keus kan worden gedaan uit verscheidene mogelijkheden die tot een goede oplossing leiden. Er zijn eenvoudige en ingewikkelde systemen, bedrijfszekere en zeer kwetsbare installaties, maar het zijn vooral ook de kosten die zeer sterk uiteen kunnen lopen. De financiële kant is, zo niet doorslaggevend, dan toch in belangrijke mate bepalend voor de keuze van het systeem. Er dient te worden gestreefd naar eenvoud

**AFB. 18** WEERSTANDSCOMPENSATIE MET CONSTANT BOVENWATERNIVEAU EN DEBIETVERKLEINING;  
DEBIET GEREGLD AAN AFVOERZUDE  
 $R_v$  = VASTE WEERSTAND (SCHUIF)



**AFB. 18 a** OVERSTORT NAAR EINDNIVEAU



**AFB. 18 b** DIRECTE AANSLUITING OP EINDNIVEAU

en betrouwbaarheid. De keuze is echter steeds zowel nauw verbonden met de bouw- en bedrijfstechnische als met de economische zijde van het filterontwerp.

## 14 Hygiënische aspecten

- 14.1 Volgens de „Aanbevelingen” van de VEWIN behoort de inrichting van het bedrijf zodanig te zijn dat er geen gevaar voor verontreiniging van het af te leveren water bestaat.
- 14.2 Uit hygiënisch oogpunt verdient het aanbeveling de beluchtungs- en filtratieruimten, alsmede open aan- en afvoerkanalen zodanig uit te voeren dat deze gemakkelijk kunnen worden schoongehouden.
- 14.3 Alle ruimten alsmede de aan- en afvoerkanalen moeten ontoegankelijk zijn voor ongedierte. Overigens dienen alle toegangen tot reservoirs en dergelijke goed afsluitbaar te worden uitgevoerd. Het is ontoelaatbaar de hiervoor geëigende bouwkundige maatregelen achterwege te laten met de gedachte dat men bij het incidentele vóórkomen van ongedierte deze dan wel met biologische of chemische middelen kan bestrijden. Deze mogelijkheid is namelijk niet altijd aanwezig omdat het gebruik van bepaalde typen middelen vaak niet toelaatbaar is als de kans bestaat dat deze middelen in het drinkwater geraken. In het bijzonder kunnen insecticiden dan gevaarlijk zijn.
- 14.4 Voor een filter dat niet in een afgesloten ruimte wordt ondergebracht en waarvoor het niet noodzakelijk is een eventuele sproeibeluchting boven het filter uit te voeren, is het, ter verkleining van de kans op infectie gewenst, deze beluchting in een afgesloten ruimte te doen plaatsvinden. Het toevoeren van lucht dient via luchtfilters te geschieden, liefst zodanig dat in de betreffende ruimte een kleine overdruk heerst. Bij natuurlijke ventilatie dienen de ventilatieramen deugdelijk te worden uitgevoerd. Ontluchtingsopeningen moeten met gaas worden afgesloten (zie punt 12.7).
- 14.5 Met het oog op de hygiëne verdient het bij toepassing van luchtspoeling aanbeveling de filters te spoelen met gefiltreerde lucht.
- 14.6 Kruisverbindingen mogen niet voorkomen. Er dient naar te worden gestreefd dat de druk in de installatie hoger is dan die van de directe omgeving. Ook

## 15 Automatisering

- 15.1 Zowel het filtratieproces als de spoeling kan door geheel of ten dele automatisch werkende apparatuur worden geregeld (lit. 3, 31, 55). De automatisering heeft doorgaans ten doel directe economische voordelen in de vorm van besparing op bedieningskosten te verkrijgen. Er kunnen echter ook andere motieven aan de automatisering ten grondslag liggen, zoals bevordering van de hygiëne, verhoging van de bedrijfszekerheid en het verkrijgen van een beter product.
- 15.2 De kosten voor bedieningspersoneel zijn voor kleinere installaties verhoudingsgewijs hoger dan voor grotere. Daarom kan de automatische bedrijfsvoering van kleinere pompstations, die daardoor soms zelfs voortdurend of meestentijds onbemand kunnen zijn, tot grote besparingen leiden. Is op een klein filterbedrijf echter toch reeds iemand aanwezig, die tijd beschikbaar heeft om bepaalde handelingen, b.v. ten behoeve van het spoelen, te verrichten, dan is er uit het oogpunt van besparing van mankracht weinig reden om bedoelde handelingen te automatiseren.
- 15.3 Door gedeeltelijke automatisering – uiteraard van die handelingen welke zich daartoe het meest lenen – is doorgaans een aanzienlijke vermindering van de werkzaamheden van het bedienende personeel te verkrijgen. De verwezenlijking van een meer volledige automatisering wordt ingewikkelder en kostbaarder naarmate de bedrijfsomstandigheden, in het bijzonder de samenstelling van het water, sterker wisselen. Het benaderen van de optimale bedrijfsvoering, dus onder meer van het minimale spoelwaterverbruik en de gunstigste looptijd, wordt hierdoor ook gecompliceerder en dus duurder. In principe is het echter mogelijk ook de variaties, die zich in de bedrijfsomstandigheden voordoen, in de automatisering te betrekken, zodat het bedrijf automatisch wordt aangepast. Bij elke stap die men tot verdere automatisering onderneemt dient men echter na te gaan of deze nog economisch verantwoord is. Aldus kan op reële gronden worden vastgesteld hoever men in de praktijk kan gaan.



onder kritieke omstandigheden dient er voldoende reservevermogen aanwezig te zijn om de daarvoor in aanmerking komende leidingen enz. onder druk te houden.

- 14.7 Het verdient aanbeveling de filterlooppaden verdiept of voorzien van een rand aan de filterzijde aan te brengen, althans zodanig dat de kans dat ongerechtigdheden in het water terecht komen, zoveel mogelijk wordt beperkt. Door een praktische indeling moeten de looppaden met een minimum aan oppervlak een zo groot mogelijke vrijheid van beweging bieden. Het is gewenst de hooggelegen paden langs de filters van een railing te voorzien.
- 14.8 De wanden boven het filterbed moeten glad zijn om een goede reiniging mogelijk te maken.
- 14.9 Naast of boven elkaar liggende kanalen voor ruw water en rein water dienen bij voorkeur door twee wanden of vloeren te worden gescheiden.
- 14.10 Overeenkomstig de „Aanbevelingen” van de VEWIN behoren snelfilters bij nieuwbouw boven de grondwaterstand te worden aangebracht. Is dit niet mogelijk dan dient aan de waterdichte afwerking van wanden en bodem zeer bijzondere aandacht te worden besteed.
- 14.11 Het is uit hygiënisch oogpunt van belang dat een regelmatige controle wordt uitgeoefend op de gezondheidstoestand van het personeel, op de kwaliteit van het water en op de goede werking van de installatie.
- 14.12 De nodige voorzieningen (wasgelegenheid, spoelbakken, speciale kleding en schoeisel, desinfectiemiddelen) moeten bij de hand zijn met het oog op werkzaamheden waarbij men in aanraking komt of kan komen met het te zuiveren of gezuiverde water of het circuit waarlangs dit stroomt. Uiteraard dient het betreden van filters door het personeel tot een minimum te worden beperkt.
- 14.13 Met het oog op een goede waterafvoer bij reiniging van looppaden enz., is het gewenst deze aflopend naar schrobputjes of goten uit te voeren. Toepassing van stroef materiaal tegen het uitglijden op vochtige vloeren verdient aanbeveling.
- 14.14 In ruimten waar ongunstige klimatologische omstandigheden kunnen optreden als gevolg van de ontwikkeling of het vrijkomen van bepaalde gassen, zoals chloorgas, koolzuur en zwavelwaterstof (zie ook punt 12.6), of door de verspreiding van stof, b.v. bij het doseren van kalk of kool, dient voor een doelmatige afzuiging of ventilatie te worden gezorgd.



Filterbakken met zwevende goten en spoelkoppobodem, N.V. Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant. (Foto: M. F. J. Coppens Eindhoven)



Spelen van een snelfilter in het filtergebouw van de Gemeente Waterleiding Breda. (Foto: Rijks-  
instituut voor Drinkwatervoorziening)

- 15.4 Vooral bij de grotere bedrijven kan de automatisering met voordeel gecombineerd worden met meting, bediening en controle op afstand vanuit een centraal punt. Daarmee is niet gezegd dat voor grote bedrijven volledige automatisering moet worden nagestreefd. Enerzijds zijn de bedieningskosten in een groot ten dele geautomatiseerd bedrijf naar verhouding reeds gering, anderzijds (zie ook punt 15.5 onder g) vormen de voorbehandeling, de filtratie en het spoelen dermate gecompliceerde variabele processen, dat deze moeilijk in een volautomatisch schema op de meest efficiënte wijze kunnen worden geregeld.
- 15.5 Bij het automatiseren van een installatie is het gewenst zich rekenschap te geven van de volgende punten.
- a* Voor het vaststellen van een passende automatische bedieningsmethode voor een filter is een gedegen kennis van de juiste behandelingswijze van het filter nodig.
  - b* Aangezien de keuze uit apparatuur voor de automatische bediening van de diverse onderdelen van een filterinstallatie doorgaans zeer ruim is, is het gewenst zich vooraf terdege te oriënteren, opdat de meest geëigende oplossing gekozen wordt.
  - c* Gezien de zeer hoge eisen die aan drinkwater worden gesteld dient de grootste voorzichtigheid te worden betracht met de toepassing van nieuwe of onbekende apparaten waarvan de bedrijfszekerheid niet vaststaat. Dit geldt ook bij gebruik of aanpassing van voor andere doeleinden (industrie, transport) ontworpen apparaten, omdat deze bij de op pompstations heersende omstandigheden niet altijd voldoende betrouwbaar zijn.
  - d* In de civiel-technische sector heerst veelal voorkeur voor mechanische, hydraulische of pneumatische meet- en regelapparaten. Deze worden dikwijls gecombineerd met elektrische overdracht- en afleessystemen. Electronische oplossingen verdienen, speciaal met het oog op afstandsmeting en -besturing, in toenemende mate de aandacht.
  - e* Gestreefd moet worden naar eenvoudige bedrijfszekere apparatuur, die niet veel onderhoud vereist. Gecompliceerde oplossingen zijn meestal kostbaar en kwetsbaar.
  - f* Automatische apparatuur behoeft een regelmatig onderhoud en zorgvuldige controle opdat de bedrijfszekerheid voortdurend gewaarborgd blijft.

- g* Volledige of nagenoeg volledige automatisering kan tot gecompliceerde oplossingen leiden die uit economisch oogpunt niet aantrekkelijk zijn, in het bijzonder wanneer de samenstelling van het ruwe water sterk varieert.
  - h* De visuele controle van het filter moet worden gezien als een waardevol hulpmiddel ter controle van de goede werking van het filter, in het bijzonder in geval van variërende bedrijfsomstandigheden.
- 15.6 Automatische continue meting met de mogelijkheid tot aflezing of registratie van de belangrijkste filterparameters, zoals de filtratiesnelheid en de filterweerstand, verdient aanbeveling omdat dit een nauwkeurige filtercontrole mogelijk maakt en derhalve tot een efficiënter filterbedrijf kan leiden.
- 15.7 De meest bekende en op talloze manieren verwezenlijkte automatisering vindt men bij de regeling van de filtratiesnelheid, meestal met het doel deze, onafhankelijk van de weerstandsvermeerdering van het filterbed, constant te houden (b.v. door een combinatie van venturimeter en afsluiter). Men kent echter ook automatische regelingen waarbij de snelheid in het begin van de filtratieperiode langzaam toeneemt (slow-starting, zie punt 17.5) of tijdens het spoelen van een ander filter tijdelijk wordt verhoogd (rate setting, zie punt 17.6).
- 15.8 Wordt de spoeling automatisch in werking gesteld, dan kan dit geschieden op basis van een tijdschema of bij het bereiken van een bepaalde filtratieweerstand. In geval van wisselende watersamenstelling verdient het laatste de voorkeur. Mogelijk, maar minder gebruikelijk, is het inleiden van de spoelperiode op een impuls bij een bepaalde stand van de afsluiter voor filtraatvoer, die zich verder opent naarmate de weerstand van het bed toeneemt. Ook kan de kwaliteit van het filtraat als maatstaf worden gebezigd, maar uit het oogpunt van filtratie lijkt deze methode minder aantrekkelijk, terwijl de apparatuur (b.v. met troebelheidsmeter) minder eenvoudig is. Uiteraard kan ook een – hier te lande niet ongebruikelijke – tussenweg worden bewandeld waarbij de spoelperiode met de hand wordt ingeleid en de verdere spoelbewerkingen automatisch verlopen.
- 15.9 Bij het automatisch spoelen kunnen de verschillende fasen achtereenvolgens door middel van een instelbaar tijdrelais worden geregeld. Doorgaans wordt met succes gebruik gemaakt van hydraulisch of elektrisch bediende afsluiters.

In het laatste geval dient de elektrische apparatuur zorgvuldig tegen indringend vocht te worden beschermd.

- 15.10 Bij het ontwerpen van een automatisch werkende spoelinstallatie dient aandacht te worden besteed aan de volgende punten.
- a* Gelijktijdig spoelen van filters wordt doorgaans vermeden. Melden zich tijdens het spoelen van een filter andere filters – b.v. op grond van een bereikte maximale weerstand – voor een reinigingsbeurt, dan dient de spoeling in volgorde van de binnengekomen meldingen te geschieden.
  - b* Voor het geval dat afsluiters bij de nadering van een eindstand vertraagd moeten openen of sluiten – b.v. voor het langzaam starten van een filter of ter vermijding van drukstoten – kan toepassing van een hydraulische bediening voordeel bieden.
  - c* Het is gewenst de automatische regelingen die het spoelen beheersen zodanig in te richten, dat de spoeltijden voor water en lucht afzonderlijk en gecombineerd op eenvoudige wijze kunnen worden gewijzigd.
  - d* Het moet mogelijk zijn in te grijpen in de automatische regeling, om de filters desgewenst met handbediening te regelen.
  - e* Het automatische systeem moet de nodige beveiligingen bevatten. Zo zullen b.v. pompen en motoren beveiligd moeten zijn tegen ontoelaatbare belasting, te hoge temperatuur en toerentallen en tegen calamiteiten bij het wegvallen van energietoevoer.
  - f* Bij het optreden van onvolkomenheden dient op de daarvoor bestemde plaats (b.v. op het bedieningspaneel) een liefst afstelbaar geluidsapparaat, maar in ieder geval een zichtbaar signaal, te waarschuwen.
  - g* Het is aantrekkelijk op het bedieningspaneel een schema van het geautomatiseerde circuit en de schakelingen aan te brengen waarop de toestand van schakelaars, afsluiters, pompen en leidingen door lichtsignalen visueel te volgen is.
- 15.11 Door gespecialiseerde firma's worden filters van bijzondere constructie voor volledig automatisch bedrijf in de handel gebracht. Er zijn uitvoeringen waarbij geen bijzondere apparatuur en een minimaal aantal afsluiters is toegepast. Bij het hierbij toegepaste staande keteltype wordt de spoelwatervoorraad

tijdens de filtratieperiode in een afzonderlijke ruimte boven het filter aangevuld. De spoelfase wordt bij het bereiken van een bepaalde weerstand door niveauveranderingen in een hevel ingeleid. De eindweerstand, de spoelwater-snelheid en de spoelwaterhoeveelheid zijn niet variabel, zodat aanpassing aan wisselende bedrijfsomstandigheden niet mogelijk is. Een ander type automatisch filter bestaat uit een rechthoekig open filterbassin dat door verticale schotten in een aantal filtercompartimenten is verdeeld. Een over het filter verrijdbare spoelmaschine zet zich bij een bepaalde weerstand of na een vooraf ingestelde tijd automatisch in beweging om de compartimenten achtereenvolgens te spoelen. In Amerika is sinds enkele jaren een volgens dit principe gebouwd filter in bedrijf. Het bevat 150 compartimenten, elk met een oppervlak van  $0,2 \times 5 \text{ m}^2$ . De spoelmaschine rijdt met een snelheid van 0,6 m/h over de compartimenten. Dit laatste filtertype wordt bij de Nederlandse drinkwatervoorziening niet toegepast, zodat ervaring met dit filter hier te lande ontbreekt.

## 16 Opwaartse filtratie

- 16.1 Bij de conventionele methode van neerwaartse snelfiltratie door een zandbed vloeit het water doorgaans langs korrels waarvan de afmetingen met toenemende diepte toenemen. Veelal slibt de uit fijn materiaal bestaande bovenlaag van het bed spoedig dicht, hetgeen tot hoge weerstanden en korte looptijden aanleiding kan geven, terwijl de onderste lagen van het filterbed soms nagenoeg onwerkzaam zijn. Door toepassing van een bovenlaag van grover materiaal en een lager soortelijk gewicht (b.v. anthraciet, zie punt 6.27) kunnen deze bezwaren worden ondervangen. Bij toepassing van een bed, opgebouwd uit één filtermedium, kan een dergelijke doorstroming in de richting van grof naar fijn materiaal worden verwezenlijkt door opwaartse filtratie toe te passen (lit. 18, 20 en 47).
- 16.2 Onderzoekingen, o.a. in Rusland en Nederland uitgevoerd, hebben tot de conclusie geleid dat opwaartse filtratie door een zandbed met naar boven afnemende korrelgrootte in bepaalde gevallen met voordeel kan worden toegepast. Als voordelen worden o.a. de volgende facetten genoemd.
- a* De beschikbare diepte van het filterbed kan beter worden benut, waardoor een grotere capaciteit voor de berging van het slib wordt verkregen (volumeberging).
  - b* Als gevolg van de onder *a* genoemde grotere dieptevervuiling kan veelal een langere looptijd met een kleinere eindweerstand worden verkregen, zonder vermindering van de kwaliteit van het filtraat.
  - c* Soms ook kan een hogere filtratiesnelheid worden toegepast met behoud van een goede kwaliteit van het filtraat, zodat een grotere opbrengst wordt verkregen.
- Verwezenlijking van bovengenoemde mogelijkheden betekent een verhoging van het filterrendement.
- 16.3 Tegen opwaartse filtratie worden de volgende bezwaren wel aangevoerd.
- a* Ten gevolge van de opwaarts gerichte krachten bestaat er kans dat het bed bij het bereiken van een zekere weerstand in beweging komt, waardoor gevaar van doorbraak ontstaat.



- b* Bij opwaartse filtratie, gevolgd door opwaarts spoelen, komt er vuil spoelwater aan de zijde van het filter waar het filtraat wordt afgevoerd.
- c* De toevoerelementen onder het filterbed (spoelkoppen, drains) kunnen ten gevolge van het voortdurend passerende ruwe water gemakkelijk verstopt raken.

Het onder *a* genoemde nadeel kan door een speciale uitvoering van het filter worden ondervangen (zie punt 16.4). In de praktijk is echter gebleken dat de veiligheid bij gebruik van niet te fijn filtermateriaal en doelmatige behandeling ook zonder speciale voorzieningen voldoende kan worden verzekerd. Het tweede bezwaar kan worden verminderd door het resterende spoelwater boven het bed in ieder geval af te voeren en het eerste filtraat niet te gebruiken. Het onder *c* genoemde bezwaar ten slotte kan worden ondervangen door toepassing van elementen voorzien van grote openingen, uiteraard in combinatie met een passende steunlaag.

16.4 Om een bepaalde neerwaartse druk op het filterbed te handhaven kan de opwaartse filtratie gecombineerd worden met een neerwaartse filtratie door het bovenste deel van het zandbed. Op het scheidingsvlak van de op- en neerwaartse stroming zijn dan in het bed geperforeerde afvoerhulzen of drains aangebracht om het filtraat af te voeren. Bij het Nederlandse *immediumfilter* liggen de drains dicht onder het oppervlak van het bed. De bovenlaag bestaat uit fijn materiaal en slibt spoedig dicht waardoor na enige tijd in hoofdzaak opwaartse filtratie plaats vindt. Bij het *AKX-filter*, dat bij verscheidene waterleidingbedrijven in Rusland wordt toegepast, ligt de afvoer ongeveer op de halve hoogte. Men spreekt dan ook wel van een *biflowfilter*. Een derde mogelijkheid, eveneens in Nederland onderzocht, is het *roosterfilter*, waarin geen water boven het filterbed wordt toegevoerd. In dit geval wordt ontijdige expansie van het zand vermeden door één of enkele iets onder het zandoppervlak liggende roosters van smalle staven, die de opwaartse krachten in het filterbed voor een groot deel opvangen.

16.5 Er zijn met volledige opwaartse filtratie werkende filters in gebruik, waarin het coagulatiemiddel onmiddellijk vóór de invoer van het ruwe water onder het bed wordt toegevoerd (*contact-clarifier*, o.a. in Rusland toegepast). De uitvloeking geschiedt in het filter. Speciale voorzieningen tegen ontijdige expansie van het bed zijn niet aanwezig, zodat geen hoge filtratiesnelheden kunnen worden toegepast. De looptijd is iets langer, maar het spoelwaterverbruik ligt hoger dan bij de gebruikelijke filtratiemethoden. De besparingen die dit filter opleveren liggen in hoofdzaak in lagere kosten van de installaties voor voorbehandeling en de besparing op chemicaliën.

## 17 Variabele filtratiesnelheid

17.1 Het is algemeen gebruikelijk de filtratiesnelheid gedurende de gehele filtratieperiode constant te houden. Als gevolg van de toenemende verstopping van de poriën zullen de werkelijk in de poriën optredende snelheden tegen het einde van de filtratieperiode echter groter geworden zijn, waardoor de kans op doorslaan van het filter wordt vergroot. In dit verband is door verschillende onderzoekers het effect van een gelijkmatig afnemende filtratiesnelheid (declining rate filtration) onderzocht (lit. 24, 27, 33). De resultaten wijzen in de onderzochte gevallen op de mogelijkheid van een economischer gebruik van snelfilters.

17.2 Uit de in het vorige punt bedoelde onderzoeken is gebleken dat de kans op doorslaan van het filter kan worden verminderd door de filtratiesnelheid te laten afnemen bij toenemende filterweerstand. Door de filtratie met constante snelheid te vervangen door filtratie met een hogere beginsnelheid en een lagere eindsnelheid, is het in bepaalde gevallen mogelijk een grotere opbrengst en een betere waterkwaliteit te verkrijgen. Afb. 19 geeft een indruk van het verloop van snelheid en weerstand bij constante en bij veranderlijke snelheid. Daar het oppervlak  $\int_0^L v dt$  van de snelheidskromme een maat is voor de specifieke opbrengst van het filter, volgt het verschil in opbrengst voor beide gevallen direct uit

$$\int_0^{L_v} v_v dt - \int_0^{L_c} v_c dt$$

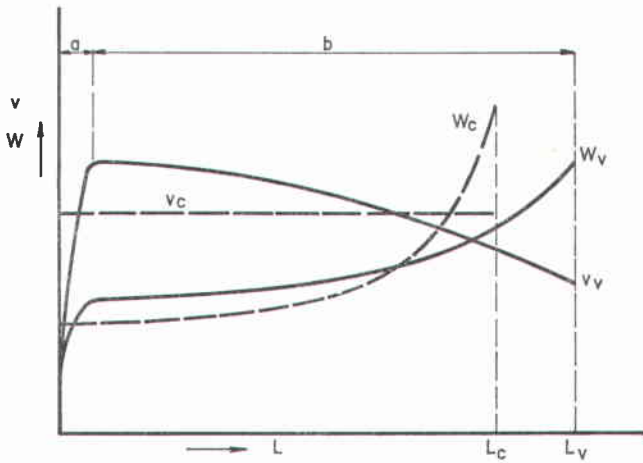
Deze filtratiemethode kan eventueel worden gecombineerd met die waarbij het debiet wordt verminderd ter compensatie van de toenemende weerstand van het filterbed. In het algemeen is het echter wel raadzaam de filtratiesnelheid direct na het spoelen gedurende enige tijd niet te verhogen (aanloopperiode, zie ook punt 17.4).

17.3 Wordt een snelfilter na het spoelen direct op volle snelheid gestart dan is het

eerste filtraat gedurende een aanlooperperiode van 15 à 30 minuten – soms echter ook langer dan een uur – doorgaans van mindere kwaliteit dan gedurende de rest van de filtratieperiode. Dit kan het gevolg zijn van losgespoelde maar niet verwijderde slibresten die door het eerste filtraat worden meegevoerd, van een tijdelijk verminderde werkzaamheid van het schoongespoelde oppervlak van het filtermateriaal en van de wijdere openingen van de schoongespoelde poriën.

- 17.4 Als de kwaliteit van het eerste filtraat ontoelaatbaar is, kunnen, afgezien van de mogelijkheid tot wijziging van het filterbed en van de spoelmethode, de volgende maatregelen worden getroffen.
- a* Het eerste filtraat afvoeren en niet als rein water gebruiken.
  - b* De filtratiesnelheid gedurende de aanlooperperiode verminderen (de met *a* aangegeven beginperiode in afb. 19).
  - ad a* Filtertechnisch gezien is deze methode niet aantrekkelijk omdat de oorzaak (doorslag) niet wordt tegengegaan en afvoeren van het filtraat oneconomisch is.
  - ad b* Door de filtratieperiode aan te vangen met een lage filtratiesnelheid en deze gedurende de aanlooperperiode geleidelijk aan te verhogen kan het eerste filtraat doorgaans volledig benut worden.
- 17.5 Regeling van de filtratiesnelheid op zodanige wijze dat deze in het begin van de filtratieperiode langzaam toeneemt („slow-starting”, lit. 31), kan o.a. als volgt geschieden.
- a* In geval van regeling met de hand kan de afsluiter voor de toevoer van het ruwe water of voor de afvoer van het filtraat in stappen of langzaam worden opengedraaid.
  - b* Worden de afsluiters automatisch bediend dan kan het openen met behulp van een tijdrelais in stappen geschieden of met een vertragende overbrenging over een langere periode worden verdeeld.
  - c* Door verschillende firma's wordt speciale apparatuur voor het langzaam starten geleverd. Hierbij kan b.v. worden gebruik gemaakt van een speciale vlotterkamer (slow-starttank) die bij het begin van de filtratieperiode langzaam wordt gevuld. De afsluiter wordt dan geleidelijk aan geopend door een vlotter op het langzaam stijgende niveau van de vlotterkamer.

**FIG.19** FILTRATIE MET VARIABELE SNELHEID



$v_c$  en  $v_v$  = FILTRATIESNELHEID BIJ CONSTATE RESP. VARIABLE SNELHEID  
 $W_c$  en  $W_v$  = FILTERWEERSTAND BIJ CONSTATE RESP. VARIABLE SNELHEID  
 $L_c$  en  $L_v$  = FILTERLOOPTIJD BIJ CONSTATE RESP. VARIABLE SNELHEID  
 $a$  = AANLOOPPERIODE MET LANGZAAM TOENEMENDE SNELHEID (SLOW START)  
 $b$  = FILTRATIEPERIODE MET AFNEMENDE SNELHEID (DECLINING RATE)

- 17.6 Behalve de toepassing van variabele filtratiesnelheden, die enerzijds een verhoging van het filterrendement en anderzijds een verbetering van de kwaliteit van het filtraat beogen, kan het nodig zijn de filtratiesnelheid te veranderen:
- a* Indien compensatie van de toenemende filterweerstand door debietvermindering plaats vindt,
  - b* indien de filtratiesnelheid afhankelijk is hetzij van de afgevoerde hoeveelheid reinwater, hetzij van de toegevoerde hoeveelheid ruw water,
  - c* indien de gezamenlijke in bedrijf blijvende filters gedurende het spoelen, onderhouds- of reparatiewerk van een van de filters een constant totaaldebiet moeten blijven leveren (rate setting).

Ten aanzien van de onder *b* en *c* genoemde snelheidswijzigingen kan worden opgemerkt dat deze het filtratieproces doorgaans niet ten goede komen. In het bijzonder dienen plotselinge snelheidsverhogingen te worden vermeden.

## 18 Enkele opmerkingen over filtratietechnieken in andere landen

18.1 Blijkens de literatuur betreffende de toepassing van snelfiltratie voor drinkwaterzuivering worden algemeen geldende grondwaarheden in verschillende landen zeer verschillend geïnterpreteerd en toegepast. Deze verschillen zijn uiteraard in belangrijke mate beïnvloed door de historische ontwikkeling en met name afhankelijk van de omstandigheid of bij de zuivering werd uitgegaan van grondwater dan wel van oppervlaktewater. Zo zijn er b.v. tussen Amerika (U.S.A.) en Duitsland zeer grote verschillen in de uitvoering van snelfilters. Ook de uitvoeringen van snelfilters in Frankrijk en Engeland vertonen ten opzichte van de in de Verenigde Staten resp. in Duitsland toegepaste methoden – soms vrij grote – verschillen. De kenmerkende grootheden en methoden bij de toepassing van snelfiltratie in de bovengenoemde landen zullen hierna per land beschreven worden. Hierbij zal dan, voor zover mogelijk, onderscheid worden gemaakt tussen principes en technieken zoals deze voor grondwaterzuivering en voor oppervlaktewaterzuivering worden toegepast.

### 18.2 *Amerika (U.S.A.)*

In de Verenigde Staten wordt bij de drinkwaterzuivering uitgegaan van zowel grondwater als oppervlaktewater. Het meeste drinkwater is echter gezuiverd oppervlaktewater (ca. 85%). Er is echter een betrekkelijk groot aantal kleinere bedrijven (ca. 30%) dat ten behoeve van de drinkwatervoorziening uitgaat van grondwater. Voor zover echter niet nader omschreven, heeft het navolgende betrekking op het zuiveren van oppervlaktewater. Aanvankelijk ging men uit van de idee dat elk watertype ongeacht de samenstelling tot een standaardtype water gemaakt zou kunnen worden met behulp van aangepaste voorbehandelingstechnieken. Een standaardfilter zou dan voor snelfiltratie voldoende zijn. Dit standaardfilter – met een drainbodem – zou filtreren met 5 m/h en spoelen met 36 m/h (uitsluitend waterspoeling). Het filterzand zou een effectieve diameter van 0,4 mm hebben. Hiervan is men teruggekomen om de eenvoudige reden dat men nooit een standaardwater

kan maken. De nu vrijwel algemeen toegepaste snelfiltratie in combinatie met verschillende chemische behandelingsmethoden wordt doorgaans voorafgegaan door een langzame voorbehandeling (coagulatie en flocculatie) en een bezinking in matig langzaam stromend water.

Mede door de vrijwel algemene toepassing van een buisconstructie voor de drainage van het bed worden er nagenoeg overal steunlagen toegepast. In het algemeen worden moeilijkheden ondervonden door de vermenging van de steunlagen. Ook komen er in de Amerikaanse filterbedden veelvuldig slibballen en slibbanken voor. Mede door de sterke vervuiling van de bovenlaag werd een oppervlaktespoeling voor veel bedrijven noodzakelijk geacht (systemen Baylis en Palmer). Bedrijven met luchtspoeling behoren tot de hoge uitzonderingen; slechts bij 4% van de bedrijven wordt gecombineerde spoeling toegepast. Bij de waterspoeling van de in de U.S.A. gebruikelijke filters wordt gebruik gemaakt van betrekkelijk grote spoelsnelheden. Deze liggen meestal tussen 35 en 45 m/h. De veroorzaakte expansie is bij de toegepaste beperkte korrelgrootte van 0,4-0,6 mm dan ook vrij groot. Deze bedraagt doorgaans 35 à 50% (beddikte 0,50 tot 0,70 m). De filtratiesnelheid bedraagt meestal 5 m/h (in enkele gevallen 7 m/h en soms 12 m/h). Enkele bedrijven passen een „declining-rate filtration” toe. Hierbij neemt, zoals in punt 17.1 reeds is vermeld, de filtratiesnelheid af naarmate het filter meer verstopt. Proeven met deze filtratiemethode hebben vooral bij vlokfiltratie gunstige resultaten opgeleverd.

De spoelgoten liggen doorgaans 1,5 tot 2 m van elkaar verwijderd. Voor het gezamenlijke oppervlak van de gaatjes in de drains geeft de Amerikaanse literatuur vrij sterk uiteenlopende waarden, die liggen tussen 0,2% en 0,7% van het totale filteroppervlak. Voor het oppervlak van de dwarsdoorsnede van de zij- of verdeelbuizen worden waarden opgegeven die variëren tussen 2 en 4 maal het oppervlak van de gaatjes in deze buizen.

Sinds 1934 worden er in de U.S.A. ook poreuze filterbodems (o.a. systeem CAMP) toegepast. In verschillende filters is de bodem opgebouwd uit koker-vormige balken of holle blokken met spleten (systeem WAGNER) of gaten (systeem LEOPOLD), terwijl ook bodems worden gebruikt met omgekeerd pyramidevormige sparingen, gevuld met bollen (systeem WHEELER). Deze bodemtypen kwamen in punt 5.1 onder *c* reeds ter sprake.

Gesloten filters en dubbele filtratie worden vrijwel niet toegepast.

### 18.3 België

In België wordt meer dan de helft van de jaarlijkse productie aan drinkwater

geleverd door vier grote waterleidingmaatschappijen. De bij deze bedrijven heersende verschillende inzichten omtrent de filtratietechnieken hebben tot gevolg dat er niet kan worden gesproken van een zekere standaardisatie van het filtratieproces.

Bij de drinkwaterzuivering in België wordt zowel van grondwater als van – al dan niet voorbehandeld – oppervlaktewater uitgegaan. Open en gesloten filters worden toegepast, evenals de in Nederland bekende vormen van bodemconstructie voor de filters. In enkele gevallen wordt met hoge filtratiesnelheden gewerkt, overigens zijn de snelheden normaal te noemen (4 tot 6 m/h). Veelal wordt gecombineerde spoeling gebruikt. De eerder bedoelde maatschappijen zijn vaak werkzaam in een groot gebied waar een aantal stations de zuivering van het drinkwater verzorgen. De omvang van de grote bedrijven brengt met zich mee dat deze meestal beschikken over een uitgebreide technische en wetenschappelijke staf. De kleine bedrijven in België oriënteren zich meestal op de grote bedrijven en de resultaten van de door deze bedrijven uitgevoerde proefnemingen. De invloed van firma's op het gebied van de waterzuivering is gering.

#### 18.4 Duitsland

In Duitsland wordt zowel grondwater als oppervlaktewater gezuiverd. De hiernavolgende gegevens hebben in het algemeen betrekking op grondwaterzuivering. Met name vóór de eerste oorlog vonden o.a. BOLLMANN filters (gesloten filters met een speciale voorziening om het zand rond te spoelen) uitgebreid toepassing. De typerende kenmerken voor de Duitse snelfilters zijn:

- 1e gebruik van water- en luchtspoeling, betrekkelijk dikke filterlagen (1,5 à 2 m) met zandkorrelafmetingen van 1 tot 1,5 mm. Spoelkoppen (Wabag 80-90 stuks/m<sup>2</sup>) of Bamagbodem;
- 2e toepassing van redelijk hoge filtratiesnelheden (open filters 5-7 m/h; gesloten filters 10 m/h), lage spoelwatersnelheden (12 m/h), hoge spoelluchtsnelheden (100 m/h) en lage bovenwaterstanden.

In Duitsland wordt weinig belang gehecht aan de expansie van het filterbed. De voordelen die de expansie biedt – verbreken van conglomeraties en schurende werking van de korrels – worden in Duitsland verkregen door de hoge luchtsnelheden bij het spoelen. De spoeling van een filter wordt altijd besloten met een waterspoeling ten einde de in het bed aanwezige lucht te



verwijderen. De spoelwater-afvoergoten bevinden zich meestal in de lange wanden van het filter, welke doorgaans 3 m van elkaar verwijderd zijn.

### 18.5 *Frankrijk*

In de literatuur wordt bij de beschrijving der filters geen duidelijk onderscheid gemaakt tussen oppervlakte- en grondwater.

Er heerst in Frankrijk, waar vaak meervoudige filtratie wordt toegepast, een uitgesproken tendens om spoelkoppen toe te passen (45-60 koppen/m<sup>2</sup>) en om de aanvankelijk toegepaste kleine bedhoogte van 0,45 op 0,80 m te brengen. Hiermede in overeenstemming is de toepassing van grover zand. De filtratiesnelheid is voor vele filters verhoogd van 3,5 tot 4,5 m/h, terwijl veel filters tegenwoordig met een gecombineerde spoeling gereinigd worden.

De filtratietechniek bestaat uit:

- 1e snelle voorbehandeling van het ruwe water;
- 2e matig snelle voorfiltratie;
- 3e matig langzame nafiltratie.

Doordat in Frankrijk grote firma's als Degrémont werkzaam zijn, die vele complete installaties gebouwd hebben, kan in Frankrijk van een zekere standaardisatie in de filtratietechniek gesproken worden. In bepaalde zin geldt dit ook voor Duitsland en Groot-Brittannië.

### 18.6 *Groot-Brittannië*

Omtrent de filtratietechnieken zoals deze in Groot-Brittannië worden toegepast is weinig gepubliceerd, niet in het minst omdat gespecialiseerde firma's het merendeel der installaties gebouwd hebben. Hetgeen uit de literatuur bekend is heeft voornamelijk – voor zover de gegevens afhankelijk zijn van het watertype – betrekking op de zuivering van oppervlaktewater.

In Groot-Brittannië worden nog veel drukfilters en langzame zandfilters gebruikt. De gespecialiseerde firma's, zoals de firma's Paterson en Candy, bouwen veel snelfilters volgens Amerikaanse ideeën.

De in Groot-Brittannië toegepaste drains zijn meestal van asbest-cement en doorgaans korter dan de Amerikaanse.

De bezinkingsmethoden vóór de langzame filtratie worden allengs vervangen door snelfiltratiemethoden en microstraining. De toegepaste filtermaterialen

in Groot-Brittannië zijn grover dan die in Amerika (in Groot-Brittannië is de effectieve diameter ca. 0,80 mm).

In Groot-Brittannië wordt wel luchtspoeling toegepast (niet of meestal niet gecombineerd met waterspoeling maar daaraan voorafgaande). De spoelgoot bevindt zich veelal in het midden boven het filterbed.

### 18.7 Zwitserland

In Zwitserland worden vrijwel uitsluitend open filters toegepast. Van deze filters zijn ca. 80% snelfilters en ca. 20% langzame zandfilters.

Voor de drinkwaterzuivering wordt uitgegaan van grondwater, maar in even zo vele gevallen van oppervlaktewater (meren!).

Voor de snelfilters bedraagt de filtratiesnelheid tot ca. 5 m/h. De snelfilters, die in de meeste gevallen zijn voorzien van een spoelkoppensbodemp (80 koppen per m<sup>2</sup>) worden met water en lucht gespoeld. De hierbij toegepaste watersnelheid bedraagt doorgaans 25 m/h, de spoelluchtsnelheid 75 m/h. De voor de snelfilters in Zwitserland gebruikelijke zandsoorten komen bij de spoeling meestal in expansie (zandspecificatie ca. 0,40 tot ca. 1,20 mm). Na elke filterspoeling wordt de ruimte onder de spoelkoppensbodemp ontlucht. Hiertoe is de luchtleiding buiten het filter stijgend uitgevoerd. De grote bedrijven bouwen zelf hun filterinstallaties, veel kleine installaties worden door gespecialiseerde firma's (gebr. Sulzer; Häny en Co.) gebouwd.

## 19 Literaturopgave

- 1 BAYLIS, J. R.  
Nature and effects of filter backwashing, *Journal of the American Water Works Ass.*, Vol. 51 (Jan. 1959), no. 1, p. 126-156.
- 2 BAYLIS, J. R.  
Review of filterbed design and methods of washing, *Journal of the American Water Works Ass.*, Vol. 51 (Nov. 1959), no. 11, p. 1433-1454.
- 3 BECK, K.  
Automatisierung in Wasserwerken, *Schriftenreihe G.W.F., Wasser, Abwasser Heft 8, Deutscher Bericht zu einem Generalbericht auf dem Internationalen Wasserversorgungskongress 1961 in Berlin (R. Oldenbourg, München 1961)*.
- 4 BOUCHER, P. L.  
A new measure of the filtrability of fluids with application to water-engineering, *Journal of the Inst. of Civil Eng.*, (1947), p. 415-446.
- 5 CARMAN, P. C.  
Fundamental principles of industrial filtration, *Transactions of the Institution of Chemical Engineers*, Vol. 16 (1938), p. 168-188.
- 6 CARRIÈRE, J. E.  
Rapport inzake filterregulateurs, *Water en Gas*, Vol. 13 (3 mei 1929), no. 9, p. 81-84, *Water en Gas*, Vol. 13 (17 mei 1929), no. 10, p. 91-94.
- 7 CHABAL, C. & EDUARD-HARDY, P.  
Répartition et contrôle des débits dans les stations de filtration, *La Technique Sanitaire et Municipale*, Vol. 47 (Mai 1952), no. 5, p. 119-129.

- 8 CONLEY, W. R.  
Experience with anthracite sandfilters, Journal of the Am. Water Works Ass., Vol. 53 (Dec. 1961), no. 12, p. 1473-1483.
- 9 FAIR, G. M.  
The hydraulics of rapid sandfilters, Journal of the Inst. of Water Eng., Vol. 5 (1951), p. 171-213.
- 10 GANDENBERGER, W.  
Die Filtration von Oberflächenwasser, Trinkwassergüte Aussprachetagung des D.v.G.w. und v.G.w. am 17. und 18. März 1954.
- 11 GANSLOSER, E.  
Messen und Regeln bei Filteranlagen, Publ. : „Messen und Regeln im Wasserwerksbetrieb“, Wasserfachliche Aussprachetagung des D.v.G.w. und v.G.w. am 19. und 20. Februar 1959 in Augsburg, p. 51-57.
- 12 GHOSH, G.  
Media Characteristics in water filtration, Journal of the Sanitary Engineering Division; Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 84 (1958), Paper 1533 SA 1, February 1958.
- 13 GHOSH, G.  
Mechanism of rapid sand filtration, Water and Water Engineering, Vol. 62 (Apr. 1958), no. 746, p. 147-153.
- 14 GRACE, H. P.  
What type filter and why, Chemical Engineering Process, Vol. 47 (Oct. 1951), no. 10, p. 502-507.
- 15 HALL, W. A.  
An analysis of sand filtration, Journal of the Sanitary Engineering Division; Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 83 (1957), paper 1276 SA3, June 1957.
- 16 HEERTJES, P. M.  
Technische filtratie, Chemisch Weekblad, Vol. 48 (1952), p. 573-578.

- 17 HEGGE ZIJNEN, B. G. VAN DER  
Flow through uniformly tapped pipes, Applied Scientific Research, Vol. A3 (1953), p. 144-162.
- 18 HEINRICH, K.  
Das Immedium-Filter, eine neuartige Filtertechnik, Chemie-Ingenieur-Technik, Vol. 32 (1960), no. 11, p. 734-739.
- 19 HEUSDEN, G. P. H. VAN  
De bepaling van de weerstand bij filtratie, Water, Vol. 40 (1956), no. 5, p. 49-55.
- 20 HILL, F. G.  
Some aspects of upflow filtration, Journal of the Institution of Water Engineers, Vol. 14 (Nov. 1960), no. 7, p. 505-508.
- 21 HUDSON, H. E.  
A theory of the functioning of filters, Journal of the American Water Works Ass. Vol. 40 (Aug. 1948), p. 868-872.
- 22 HUDSON, H. E.  
Factors affecting filter rates, Journal of the American Water Works Ass., Vol. 48 (Sept. 1956), no. 9, p. 1138-1154.
- 23 HUDSON, H. E.  
Operating characteristics of rapid sand filters, Journal of the American Water Works Ass., Vol 51 (Jan. 1959), no. 1, p. 114-122.
- 24 HUDSON, H. E.  
Declining rate filtration, Journal of the American Water Works Ass., Vol. 51 (Nov. 1959), no. 11, p. 1455-1463.
- 25 HULSBERGEN, C. W.  
Zuiverings- en distributiewerken, Vijfde Vacantiecursus in Drinkwatervoorziening (Hygiënische aspecten van de drinkwatervoorziening), jan. 1953, Techn. Hogeschool Delft, afd. w & w, Water, Vol. 37 (1953), no. 16, p. 207-210.

- 26 HULSBERGEN, C. W.  
Beschouwingen over de ontwikkeling van filterbedconstructies, Technische Gids, Vol. 4 (juni 1958), no. 9, p. 178-179, Technische Gids, Vol. 4 (juli 1958), no. 10, p. 182-184.
- 27 IVES, K. J.  
New concepts in filtration, Water and Water Engineering, Vol. 65 (July 1961), no. 785, p. 307-309. Water and Water Engineering, Vol. 65 (Aug. 1961), no. 786, p. 341-344. Water and Water Engineering, Vol. 65 (Sept. 1961), no. 787, p. 385-388.
- 28 LATHOUDER, A, DE  
Onderzoekingen naar de toestand van filterbedden, Veertiende Vacantie-cursus in Drinkwatervoorziening, jan. 1962, Techn. Hogeschool Delft, afd. w & w, Water, Vol. 46 (1962), no. 15, p. 232-237.
- 29 LINDENBERGH, P. C.  
Ervaringen op het gebied van constructie en exploitatie van filters, Eerste Vacantie cursus in Drinkwatervoorziening, sept. 1948, Techn. Hogeschool Delft, afd. w & w.
- 30 LINDENBERGH, P. C.  
Surface washing of rapid sandfilters, Journal of the American Waterworks Ass., Vol. 51 (Nov. 1959) no. 11, p. 1470-1472.
- 31 LINFORD, A.  
Application of automatic control in the water industry, Fluid Handling, May 1962, p. 122-124, Fluid Handling, June 1962, p. 154-156, Fluid Handling July 1962, p. 186-188.
- 32 LING, J. T.  
Study of filtration through uniform sand filters, Proceedings of the American Soc. of Civil Eng., Vol. 81 (Sept. 1955), p. 751.
- 33 LING, J. T.  
Progress in technology of waterfiltration, Water & Sewage Works, Vol. 109 (Aug. 1962), no. 8, p. 315-319.

- 34 LINN, H. A. D.  
Ontijzering enz. door droogfiltratie, Vierde Vacantie cursus in Drinkwater-voorziening, Jan. 1952, Techn. Hogeschool Delft, afd. w & w, Water, Vol. 36 (1952), no. 8, p. 91-95.
- 35 MICHEAU, M.  
Vingt ans d'évolution de la filtration rapide en différents pays, La Technique Sanitaire et Municipale, Vol. 44 (Mars/Avril 1949), p. 27-49.
- 36 MILLER, S. A.  
Recent advances in filtration theory, Chemical Engineering Progress, Vol. 47 (Oct. 1951), no. 10, p. 497-502.
- 37 MINZ, D.  
Some results of research into drinking water purification and disinfection, Aqua, Quarterly Bulletin of the Intern. Water Supply Ass., 1962, no. 2, p. 6-13.
- 38 NAUMANN, E.  
Bau und Betrieb von Schnellfilteranlagen. Neue Ziele und Gesichtspunkte, Das Gas- und Wasserfach, Vol. 92 (okt. 1951), H. 20, p. 250-256.
- 39 McNOWEN, J. S.  
Mechanics of Manifold flow, Trans. of the Americ. Soc. of Civ. Eng., Vol. 119 (1954), p. 1103-1142.
- 40 PONSAR, M. Y.  
La régulation du débit dans les filtres, La Technique Sanitaire et Municipale, Vol. 48 (Jan. 1953), no. 1, p. 10-17.
- 41 PROFIT, A.  
Ecoulement de l'eau dans les Matériaux granuleux, L'eau, Vol. 40. (Dec. 1953), no. 12, p. 185-191, L'eau, Vol. 41, (Févr. 1954), no. 2, p. 27-32, L'eau, Vol. 41, (Avr. 1954), no. 4, p. 71-72, L'eau, Vol. 41, (Juil. 1954), no. 7, p. 127-133, L'eau, Vol. 41, (Sept. 1954), no. 9, p. 163-166, L'eau, Vol. 42, (Mai 1955), no. 5, p. 111-114, L'eau, Vol. 42, (Oct. 1955), no. 10, p. 253-257.

- 42 REICHARDT, H. & TOLLMEN, W.  
Die Verteilung der Durchflussmenge in einem ebenen Verzweigungssystem, Mitteilungen aus dem Max-Planck-Institut für Strömungsforschung, Göttingen, no. 7, 1952.
- 43 RIETEMA, K.  
Overzicht van filtratietheorieën, De Ingenieur, Vol. 63 (jan. 1951), no. 4, p. Ch1-Ch7.
- 44 RUTH, B. F.  
Studies in filtration, Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 25 (Jan. 1933), no. 1, p. 76-82, Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 25 (Febr. 1933), no. 2, p. 153-161, Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 27 (June 1935), no. 6, p. 708-723, Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 27 (July 1935), no. 7, p. 806-816.
- 45 RUTH, B. F.  
Correlating Filtration theory with industrial practice, Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 38 (June 1946), no. 6, p. 564-571.
- 46 SIRJEAN, G. & FRISON, P.  
Encyclopédie des eaux de consommation, Cahier no. 6: La filtration rapide (1959), Edit.: G. Sirjean, 19 Rue Erlanger, Paris (16e).
- 47 SMIT, P.  
Filtratie in opwaartse richting over een medium van losse korrels, Chemische Courant, Vol. 59, (sept. 1960), no. 1885.
48. SCHUMACHER, A.  
Untersuchungen über den Enteisungsverlauf in einem Schnellfilter, Das Gas- und Wasserfach, Vol. 82 (Nov. 1939), H 44, p. 733-736, Das Gas- und Wasserfach, Vol. 82 (Nov. 1939), H 45, p. 748-752.
- 49 ULLRICH, A. H.  
Rapid sand filter design and maintenance, Water & Sewage Works, Vol. 97 (1950), p. R73-R75.
- 50 VLOED, A. VAN DE  
Comparison between slow and rapid sandfilters, International Water Supply Ass. Congress 1955, London, Subject no. 7.



- 51 WIEDERHOLD, W.  
Offene Fragen der Filtertechnik, Das Gas- und Wasserfach, Vol 95 (Okt. 1954), H 20, p. 658-664, Das Gas- und Wasserfach, Vol. 95 (Nov. 1954), H 22, p. 719-725.
- 52 Prijsvraag filterregulateurs, Water, Vol 16 (aug. 1932), no. 16, p. 167-173, Water, Vol. 16 (aug. 1932), no. 17, p. 179-185.
- 53 Normen N 209, N 210 en N 213: Indeling en benaming van grondmonsters, met toelichting, 1939.
- 54 International Water Supply Association, Congress 1949, Amsterdam, Reports: construction and operation of rapid gravity and pressure filters, p. 519-571, Proceedings: construction of filters, p. 149-156.
- 55 International Water Supply Association, Congress 1961, Berlin, Report on subject no. 5: Automation by G. S. Gorin, p. 426-563.
- 56 Tentative Standard Specifications for filtering materials, No B 100 (revised June 2nd 1953) of the American Water Works Ass.
- 57 Memento Technique de L'Eau (1958), p. 158-169, Edit.: Etablissement. E. Degrémont, Suresnes (Seine), France.
- 58 Aanbevelingen uitgegeven door de Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland ter zake van het bepaalde in art. 4 lid 2, van de Waterleidingwet 1961.

*Mededelingen van de Commissie Filterconstructies van het KIWA*

- 59 LEEFLANG, K. W. H. (Med. no. 1),  
Negatieve drukken in open snelfilters, Water, Vol. 40 (1956), no. 24, p. 333-336.
- 60 GURCK, A. J. & LATHOUDER, A. DE (Med. no. 2),  
Een toestel voor het steken van zandmonsters in filterbedden, Water, Vol. 44 (1960), no. 11, p. 144-146.

- 61 LATHOUDER, A. DE (Med. no. 3),  
Weerstandsmetingen aan filterspoelkoppen, Water, Vol. 45 (1961), no. 1.  
p. 5-10, Water, Vol. 45 (1961), no. 2. p. 17-19.
- 62 LATHOUDER, A. DE & SOLLMAN, M. (Med. no. 4),  
Expansie van het zandbed in een proeffilter bij gecombineerde water- lucht-  
spoeling, Water, Vol. 45 (1961), no. 24, p. 323-325.
- 63 LATHOUDER, A. DE & SOLLMAN, M. (Med. no. 5),  
Enkele oriënterende proeven ter bepaling van de in een filterbed tijdens het  
spoelen optredende water- en luchtsnelheden en de daarin aanwezige hoe-  
veelheid lucht, Water, Vol. 45 (1961), no. 26, p. 362-365.
- 64 LATHOUDER, A. DE & SOLLMAN, M. (Med. no. 6),  
Beschouwingen van enkele verschijnselen die in een filter optreden na het  
in werking stellen van de luchtspoeling, Water, Vol. 46 (1962), no. 2, p. 21-24.
- 65 LATHOUDER, A. DE & SOLLMAN, M. (Med. no. 7),  
Ontmenging van filterzand door spoelen, Water, Vol. 46 (1962), no. 3,  
p. 35-38.
- 66 LATHOUDER, A. DE & SOLLMAN, M. (Med. no. 8),  
Beschouwingen over enkele onderwerpen met betrekking tot het maken van  
korrelgrootteanalyses van filtermaterialen, Water, Vol. 47 (1963), no. 14,  
p. 175-180.

N.V. DRUKKERIJ TRIO • 'S-GRAVENHAGE

## ERRATA

Mededeling nr. 9 van de Commissie  
FILTERCONSTRUCTIES VAN HET KIWA N.V.

blz. 12 en 13. N.V. KIWA te 's-Gravenhage moet zijn:  
„KIWA N.V. te Rijswijk (Z.H.)”

blz. 13. M. Sollmann moet zijn: „M. Sollman”

blz. 47. In de titel: „Slilbast” moet zijn: „Sliblast”

blz. 56. In punt 8.9 regel 3: „geslaagde” moet zijn: „gelaagde”

