

De membraanfiltratie-index als kenmerk voor de filtreerbaarheid van water

Inleiding

Eén van de belangrijkste technologische problemen bij de toepassing van hyperfiltratie voor de bereiding van drink- en industriewater is het optreden van vervuiling van de membranen. Kan deze vervuiling binnen de perken worden gehouden, dan staat weinig een succesvol gebruik van deze techniek meer in de weg.

Van de vele vormen waarin membraanvervuiling zich voordoet is die welke wordt veroorzaakt door colloïden het minst grijpbaar. Deze situatie wordt in belang-



IR. J. C. SCHIPPERS
KIWA



J. VERDOUW
KIWA

rijke mate veroorzaakt door het ontbreken van een meetmethode waarmee voorspeld kan worden hoe snel water dat colloïden bevat, een hyperfiltratie membraan kan verstoppem.

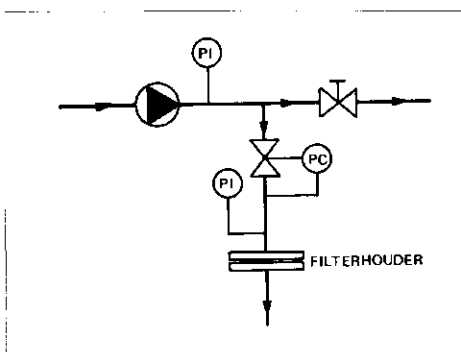
Algemeen bekende methoden, zoals weging van de affiltreerbare hoeveelheid materiaal, meting van de troebelingsgraad en telling van het aantal deeltjes hebben hun nut op andere terreinen reeds lang bewezen. Voor het hyperfiltratieproces leveren deze methoden echter onvoldoende informatie [1, 2].

Ook bij de beoordeling van de infiltreerbaarheid van water door middel van persputten schieten de genoemde methoden tekort.

Naast de min of meer klassieke methoden is een aantal testen in gebruik, waarbij de snelheid, waarmee een membraanfilter verstopt, als maat wordt gehanteerd.

In de loop der tijd zijn nogal wat testen ontwikkeld, zoals Filtrability Index [3], Membrane Filter Test, Silting Index [4], Plugging Index [1], Fouling Index [5] en Silt Density Index [6].

De verschillen tussen deze testen berusten vaak slechts op het gebruik van filters met andere poriëngrootte en de toepassing van een andere werkdruk. De meetresultaten worden hierbij in een aantal gevallen op uiteenlopende wijzen verwerkt. Zo wordt het doorstroomd volume tot het moment

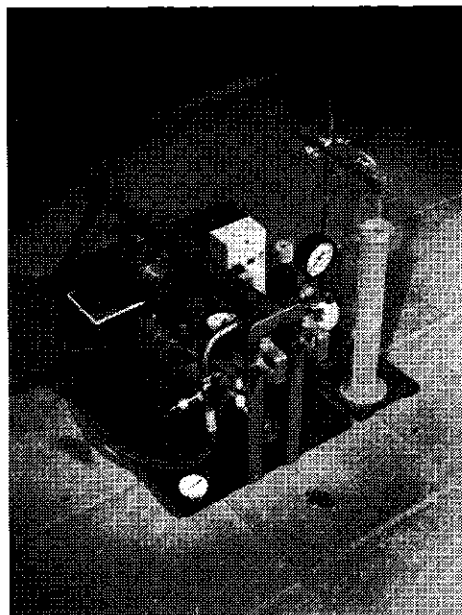


Afb. 1 - Schema meetapparatuur Membraanfiltratie-Index.

waarop de filtratiesnelheid nog een bepaald percentage van de oorspronkelijke waarde bedraagt als maat genomen. Ook wordt het percentage gehanteerd waarmee de filtratiesnelheid is afgenomen, op het moment waarop een bepaald volume is gefiltreerd. De meest succesvolle test is de Silt Density Index (ook wel Fouling-Index genoemd). Bij deze methode wordt het percentage gebruikt waarmee de filtratiesnelheid gedurende een bepaalde tijd afneemt. In het algemeen ontbreekt bij deze testen een goede theoretische basis, hetgeen leidt tot een vertekend beeld van de situatie. Voor de Silt Density Index geldt dit evenzeer, desalniettemin is deze Index van groot praktisch nut gebleken.

De geschetste situatie is aanleiding geweest tot het ontwikkelen van een Membraanfiltratie-Index, welke theoretisch onderbouwd en praktisch hanteerbaar is. Hiervoor is uitgegaan van de Silt Density Index.

Afb. 2 - Toestel voor de meting van de Membraanfiltratie-Index.



Silt Density Index

Principe en uitvoering

De bepaling van de Silt Density Index is gebaseerd op de meting van de snelheid, waarmee een membraanfiltertje met poriën van $0,45 \mu\text{m}$ verstopt, wanneer het bij constante druk doorstroomd wordt.

Hiertoe wordt een membraanfiltertje (Millipore HAWP 047 00 Type HA 47 mm white) in een filterhouder (Millipore cat. no. XX 4304700) geplaatst.

Met een pompje en een regelbaar reduceerventiel wordt het water onder een constante druk van 210 kPa in de filterhouder gebracht. Afb. 1 en 2 geven een indruk van resp. het principe en uiterlijk van het apparaat dat hiertoe door het KIWA is samengesteld.

De meting wordt als volgt uitgevoerd:

a. Meet de tijd die na het instellen van de druk nodig is om de eerste 500 ml (V) te filtreren (t_1) met een maatcilinder en een stopwatch.

b. Meet 15 minuten (T) na het begin van de meting opnieuw de tijd (t_2) die nodig is om 500 ml te filtreren.

c. Bereken de Index met de formule:

$$SDI = \frac{1 - \frac{t_1}{t_2}}{T} \times 100 = \frac{1 - \frac{t_1}{t_2}}{15} \times 100 \quad (1)$$

d. Is de term $(1 - \frac{t_1}{t_2}) \times 100$ groter dan 75

dan dient in plaats van na 15 minuten, na 10 of 5 minuten de tweede meting te worden gedaan, zodat de genoemde term kleiner dan 75 wordt.

Zie voor een volledig voorschrift [5] en [6].

Toepassingsgebied

Door formule (1) om te werken tot

$$SDI = \frac{1 - \left(\frac{500 \text{ ml}}{t_2} : \frac{500 \text{ ml}}{t_1} \right)}{15} \times 100 \quad (2)$$

wordt de betekenis van de SDI duidelijker.

Immers de termen $\frac{500 \text{ ml}}{t_1}$ en $\frac{500 \text{ ml}}{t_2}$ hebben

de betekenis van een gemiddelde filtratiesnelheid.

Schrijven wij hiervoor respectievelijk

$$\left(\frac{dV}{dT} \right)_{T=0} \text{ en } \left(\frac{dV}{dT} \right)_{T=15} \text{ dan wordt}$$

vergelijking (2):

$$SDI = \frac{\left(\frac{dV}{dT} \right)_{T=0} - \left(\frac{dV}{dT} \right)_{T=15}}{\left(\frac{dV}{dT} \right)_{T=0}} \times \frac{100}{15} \quad (3)$$

De SDI bedoelt dus een maat te zijn voor de procentuele afname van de filtratiesnelheid per tijdseenheid.

Het is gemakkelijk in te zien dat tussen index en het colloïdhalte zeker geen lineair verband bestaat. Immers de maximale waarde die deze kan aannemen bij T = 15, 10 en 5 minuten is resp. 6,66, 10 en 20. In afb. 3 wordt dit geïllustreerd. In deze afbeelding is de gemeten waarde van de SDI weergegeven van colloïdale formazine oplossingen met verschillende concentraties.

Op grond van het bovenstaande moet geconcludeerd worden dat de SDI geen ideale maat kan zijn voor de filtreerbaarheid van water.

Om tot een index te komen die dit wel is of althans beter benadert is allereerst inzicht nodig in het mechanisme volgens welke de filtratie door een membraanfilter verloopt. In het volgende zullen hiertoe de belangrijkste kenmerken van de mechanismen die mogelijk optreden worden besproken.

Mechanismen bij membraanfiltratie

Tijdens de filtratie over een membraanfilter, kunnen de volgende mechanismen een rol spelen [7]:

- a. dieptefiltratie;
- b. verstoppingsfiltratie;
- c. koekfiltratie of gelfiltratie zonder samendrukking;
- d. koekfiltratie of gelfiltratie met samendrukking.

Dieptefiltratie

Bij dieptefiltratie dringen de deeltjes diep door in het medium waar over gefiltreerd

wordt. Het is echter onwaarschijnlijk dat dit mechanisme gedurende enige tijd van betekenis kan zijn, gezien de structuur en de geringe dikte van de membraanfilters. Waarschijnlijker lijkt het optreden van verstoppingsfiltratie daar de poriën afmetingen hebben die vermoedelijk in de orde van grootte liggen van de af te filteren deeltjes.

Is het volume van de deeltjes die tijdens de meting afgevangen worden relatief groot dan kan de verstoppingsfiltratie gevolgd worden door koekfiltratie of gelfiltratie. Aanvankelijk zal de koek niet samengedrukt worden, doch naar mate de filtratie langer duurt zal dit in sterkere mate kunnen optreden. De mate van samendrukking hangt bovendien af van de toegepaste druk en de aard van de colloïden. Aangezien elk mechanisme een verschillend verloop van het filtratieproces met zich brengt is het nodig de kenmerken van verstoppings- en koekfiltratie nader te beschouwen.

Verstoppingsfiltratie

Voor de opzet van een globaal model dat de verstoppingsfiltratie beschrijft kan er in eerste aanleg van worden uitgegaan dat elk deeltje één porie volledig verstopt [7]. Wij stellen hierbij dat het aantal poriën in het membraan per oppervlakte-eenheid op tijdstip t = 0 en t = t resp. N₀ en N_t is. Veronderstellen wij tevens dat er n-deeltjes per volume-eenheid aanwezig zijn dan geldt na filtratie van een volume V:

$$(N_0 - N_t) A = nV \tag{4}$$

terwijl voor de filtratiesnelheid geldt

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{\eta} \frac{\Delta p \cdot A}{R_f} \tag{5}$$

waarin:

- V = filtraatvolume;
- η = viscositeit;
- Δp = drukverschil over het filter;
- R_f = specifieke weerstand van het filter;
- A = oppervlak membraanfilter.

De specifieke weerstand van het membraanfilter is omgekeerd evenredig met het aantal open poriën per oppervlakte-eenheid, zodat geldt:

$$R_f = \frac{k}{N_t} \text{ en } R_{f_0} = \frac{k}{N_0} \tag{6 en (7)}$$

waarin:

- k = constante (afhankelijk van de structuur van het membraanfilter);
- R_{f0} = weerstand van het schone filter.

Door combinatie van de vergelijkingen (4), (5), (6) en (7) ontstaat:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\Delta p}{\eta} \left(\frac{A}{R_{f_0}} - \frac{nV}{k} \right) \tag{8}$$

Hieruit volgt dat er bij verstoppingsfiltratie een lineair verband tussen $\frac{dV}{dt}$ en V verwacht mag worden, wanneer Δp en η constant zijn.

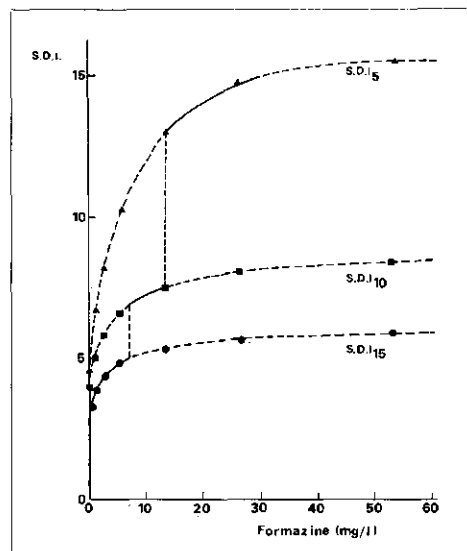
Op het moment dat alle poriën verstopt zijn geldt: $\frac{dV}{dt} = 0$ en volgt $n = \frac{N_0}{V_t}$, waarin

V_t het totale volume is dat met een membraanfiltertje gefiltreerd kan worden. Wanneer wij inderdaad te maken hebben met verstoppingsfiltratie dan kan de reciproke waarde van V_t een maat zijn voor de aard en concentratie van de in het water aanwezige colloïden.

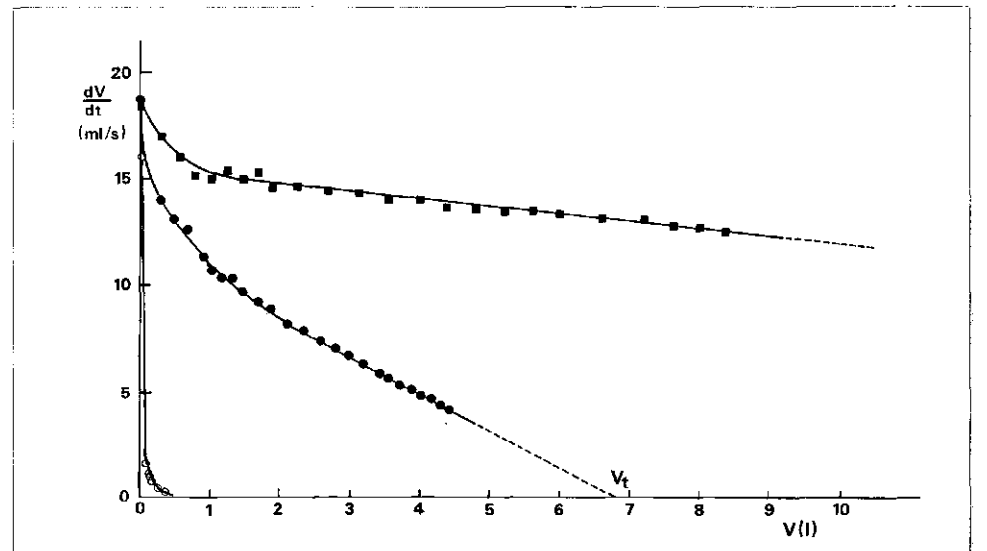
Ten einde na te gaan of dit het geval is, is voor een aantal watertypen het verband

ten einde na te gaan of dit het geval is, is voor een aantal watertypen het verband

Afb. 3 - De Silt Density Index (SDI) van standaardoplossingen van formazine.



Afb. 4 - De filtratie-snelheid ($\frac{dV}{dt}$) als functie van het filtraatvolume (V) voor een aantal watertypen.



tussen $\frac{dV}{dt}$ en V gemeten.

Afb. 4 geeft een drietal van deze curven weer. De snelle daling van de filtratiesnelheid aan het begin van de curven, kan zowel wijzen op het aanvankelijk optreden van verstoppingsfiltratie gevolgd door koekfiltratie als het voorkomen van een bijzondere vorm van verstoppingsfiltratie zoals beschreven is door Heertjes [8] gevolgd door de normale vorm van verstoppingsfiltratie. Ter toetsing van deze veronderstellingen is voor een aantal colloïdoplossingen van formazine met verschillende concentraties, de waarde van V_t via extrapolatie van het tweede deel van de filtratiecurve bepaald. In afb. 5 is de reciproke waarde van V_t als functie van de formazineconcentratie weergegeven. Uit het in het geheel niet

rechtlijnige verband tussen $\frac{1}{V_t}$ en de con-

centratie, moet worden geconcludeerd dat het waarschijnlijk is dat er aanvankelijk verstoppingsfiltratie optreedt die na korte tijd overgaat in koekfiltratie.

Koekfiltratie

Bij doorstroming van een filter, waarop zich een koek of gel gevormd heeft, kan voor de filtratiesnelheid de volgende relatie worden toegepast (9)

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{\eta} \frac{\Delta P \cdot A}{(R_f + R_k)} \tag{9}$$

waarin:

R_k = weerstand van de koek of gel per oppervlakte-eenheid.

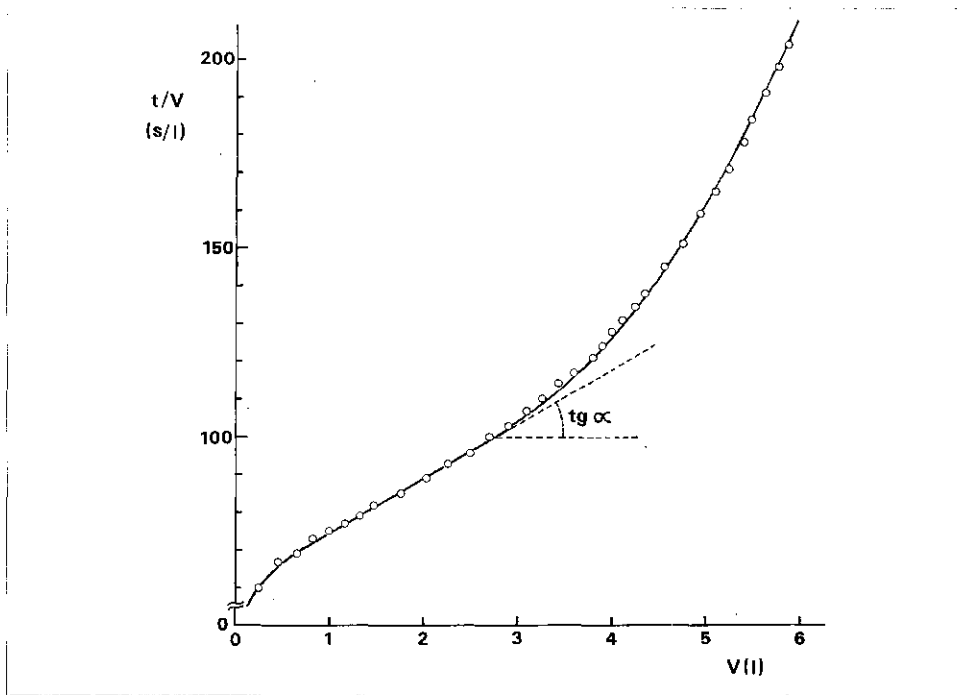
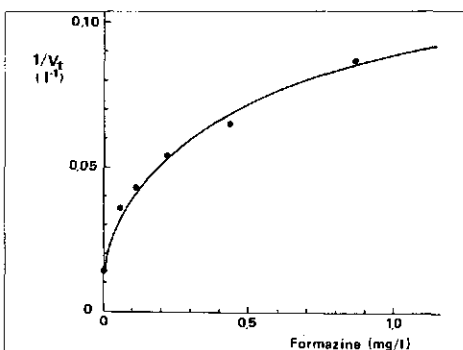
Voor het geval geen samendrukking van de koek optreedt geldt

$$R_k = \frac{V}{A} \cdot J \tag{10}$$

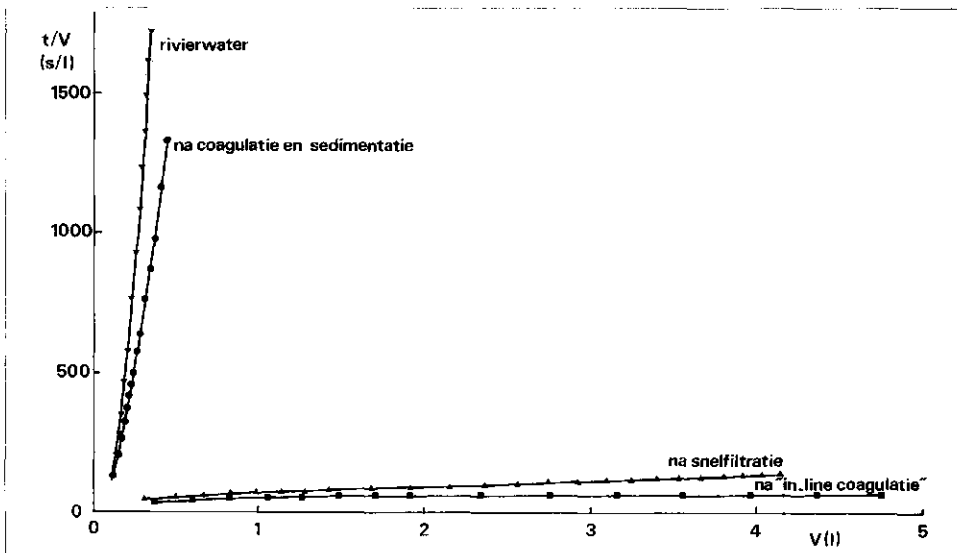
waarin J een maat is voor de potentie van het water om een membraan te vervuilen.

De waarde van J is voor een bepaalde colloïdoplossing een functie van de aard van de colloïden en rechtevenredig met de concentratie.

Afb. 5 - De reciproke waarde van het totaal filtraatvolume (V_t) als functie van de formazine concentratie.



Afb. 6 - Het quotiënt van de filtratietijd (t) en het filtraatvolume (V) als functie van het filtraatvolume voor gezuiverd Rijnwater.



Afb. 7 - Filtratiecurven van Rijnwater, ruw; na coagulatie en sedimentatie; na coagulatie, sedimentatie en snelfiltratie en na coagulatie, sedimentatie, snelfiltratie en 'in line coagulatie'.

Na combinatie van betrekking (9) en (10) ontstaat:

$$\frac{dt}{dV} = \frac{\eta}{\Delta P A} \left(R_f + \frac{V}{A} \cdot J \right) \tag{11}$$

Integratie bij ΔP is constant van $t = 0$ tot $t = t$ levert:

$$\frac{t}{V} = \frac{\eta R_f}{\Delta P A} + \frac{\eta V J}{2 \Delta P A^2} \tag{12}$$

De term $\frac{\eta J}{2 \Delta P A^2}$ kan volgens deze betrekking als maat dienen voor de neiging van water met colloïden om een membraan te

vervuilen, wanneer ΔP , η en A^2 steeds naar een vaste referentiewaarde worden omgerekend. De waarde van deze term kan bijv. langs grafische weg vastgesteld worden en is gelijk aan $\text{tg} \alpha$. In afb. 6 wordt dit geïllustreerd voor water van de Watertransportmaatschappij Rijn Kennemerland. De curve van afb. 6 vertoont drie gebieden waarin achtereenvolgens verstoppingsfiltratie, koekfiltratie en koekfiltratie met samendrukking optreedt. Het rechte stuk in de curve geeft de koek- of gelfiltratie zonder samendrukking weer. Afb. 7 geeft de filtratiecurven voor resp. Rijnwater ruw, na coagulatie en sedimentatie, na snel-

filtratie en na 'in line coagulatie' te Jutphaas (WRK).

Dat er inderdaad deze vorm van filtratie optreedt wordt bevestigd door het feit dat

de grootte $\frac{\eta J}{2\Delta PA^2}$ van een reeks colloïdale

formazine oplossingen een rechtlijnig verband met de concentratie vertoont. In afb. 8 is dit verband weergegeven, waarin de genoemde grootte als Membraanfiltratie-Index (MFI) is aangeduid.

Koekfiltratie met samendrukking

Wordt de koek of gel samengedrukt dan

gaat de term $\frac{\eta V J}{2\Delta PA^2}$ geleidelijk over in een

empirische vorm als:

$$\frac{\eta V J (1 + \Delta Pa)}{2 \Delta PA^2} \quad (13) \quad \text{(zie o.a. Nijman en Kossen)}$$

waarin:

a = constante afhankelijk van de samen-drukbaarheid van de colloïden.

Het mechanisme volgens welke de samen-drukking van de koek plaatsvindt is echter aanzienlijk gecompliceerder voor oplossingen met colloïden van verschillende aard en grootte, dan betrekking (13) doet vermoeden.

Er is dan ook van afgezien de fase, waarin samendrukking van de koek optreedt, te gebruiken voor het meten van de eigen-schappen van colloïdhoudend water.

Het optreden van samendrukking van de koek kan storen bij het bepalen van de MFI, vooral bij water met een hoog colloïd-gehalte. In die gevallen waar dit optreedt is het zinvol de meting bij een lagere druk uit te voeren.

Het effect van de druk op de filtratiecurven wordt in afb. 9 geïllustreerd voor biologisch gezuiverd afvalwater van de rwzi te Dordrecht. Volgens de theorie moet de term

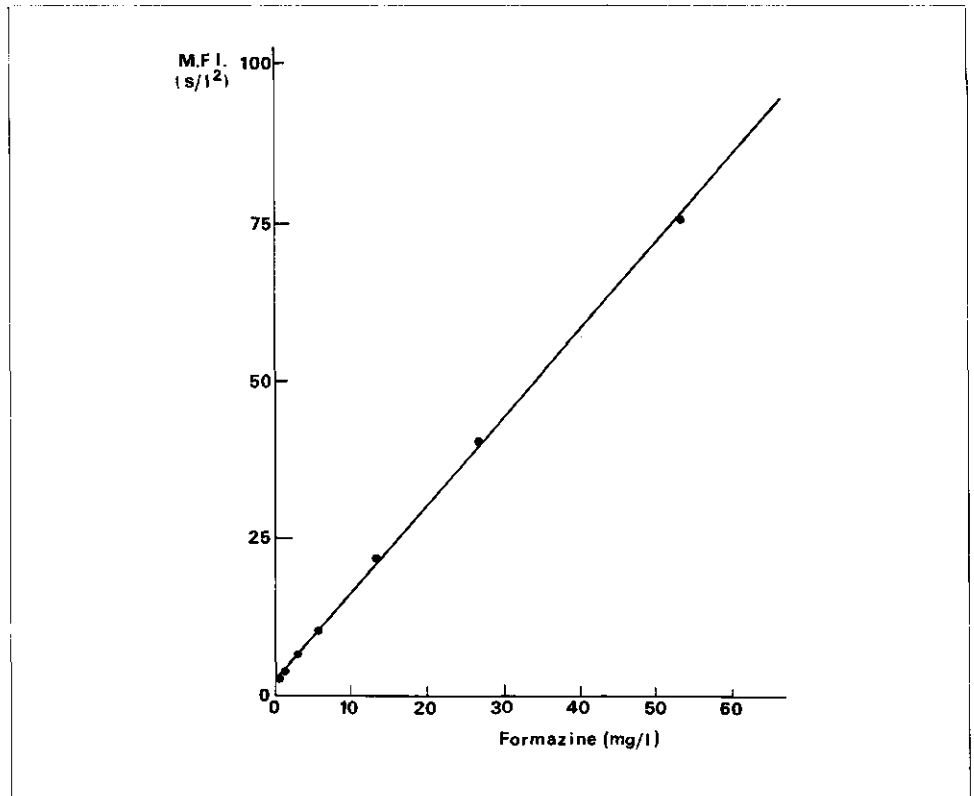
$$\frac{\Delta P \cdot \eta J}{2\Delta PA^2} = \Delta P \cdot tg\alpha = \text{constant}$$

zolang de koek of gel niet samengedrukt wordt. Tabel I illustreert dat dit in redelijke

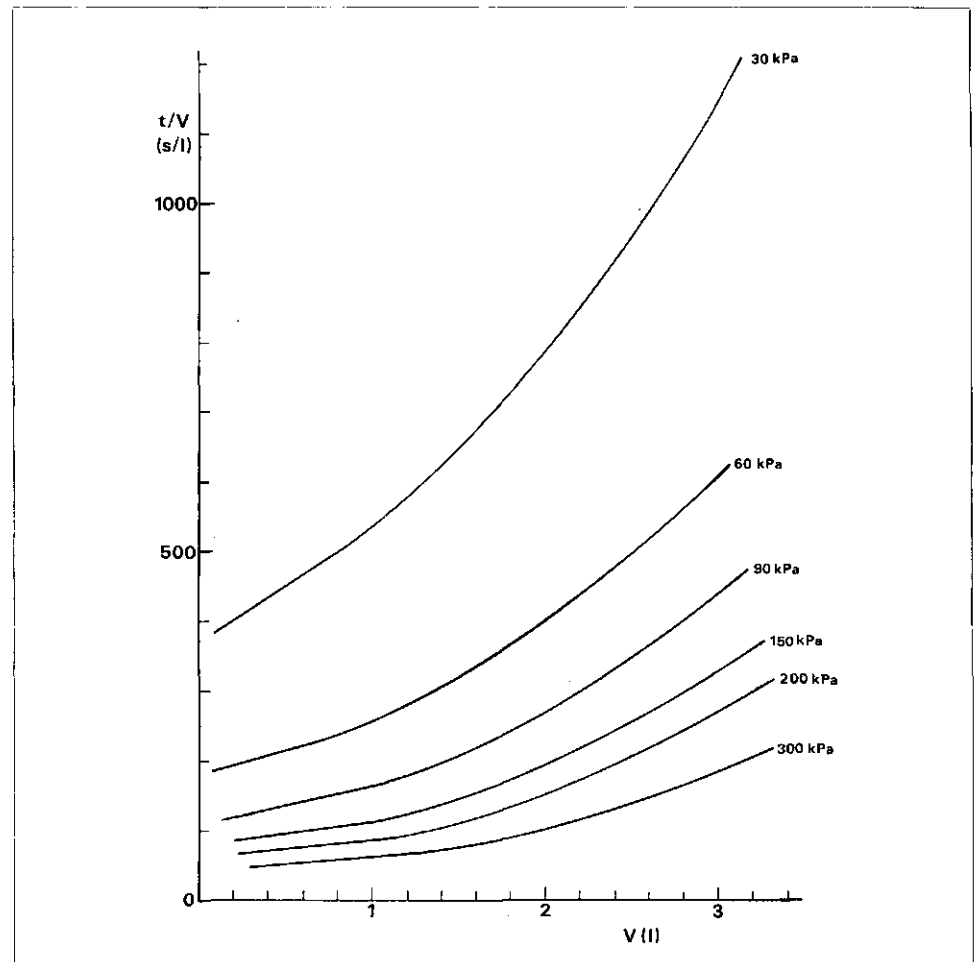
TABEL I - De waarde van het produkt van tgα en Δp als functie van Δp voor biologisch gezuiverd afvalwater.

Druk (kPa)	tgα (s/l ²)	tgα · Δp
30	150	4.500
60	69	4.140
90	58	5.320
150	36	5.400
200	26	5.200
300	20	6.000

mate opgaat voor de in afb. 9 weergegeven resultaten. Bij de hogere drukken wordt echter een relatief te hoge waarde gevonden. Dit wordt veroorzaakt door het reeds



Afb. 8 - De Membraanfiltratie-Index (MFI) als functie van de formazine concentratie.



Afb. 9 - Filtratiecurven van biologisch gezuiverd afvalwater bij verschillende drukken.

spoedig optreden van samendrukking van de koek voor dit water bij hogere druk. In een situatie als deze verdient het dan ook aanbeveling de meting bij een lagere druk uit te voeren. Bij water met een lagere MFI-waarde wordt in het algemeen gevonden dat ook bij hogere drukken de relatie $\Delta P \cdot t g \alpha = \text{constant}$ opgaat. Het is duidelijk dat het optreden van samendrukking van de koek of gel behalve van de toegepaste druk en concentratie van de colloïden ook in hoge mate afhangt van de aard der colloïden. Er zijn sterke aanwijzingen dat in gezuiverd afvalwater en zij het in mindere mate in gezuiverd oppervlaktewater, relatief veel sterk gehydrateerde colloïden voorkomen, die aanleiding zijn tot het optreden van gelfiltratie waarbij spoedig samendrukking optreedt.

Uitvoering en berekening

Voor de uitvoering van de meting van de MFI wordt gebruik gemaakt van de apparatuur zoals deze is beschreven onder het hoofdstuk Silt Density Index. Als regel wordt bij een druk van 200 kPa (2,0 bar) gedurende 20 minuten elke 30 seconden het volume van het filtraat met een maatcilinder gemeten.

De hoeveelheid filtraat die wordt opgevangen gedurende het instellen van de druk wordt niet in de verdere verwerking van de gegevens gebruikt, t begint dus nadat de druk is ingesteld.

De resultaten worden grafisch weergegeven,

waarbij $\frac{t}{V}$ tegen V wordt uitgezet (t in seconden en V in liters). Vervolgens wordt de helling ($t g \alpha$) van het rechte stuk van de curve berekend. De waarde van $t g \alpha$ wordt hierna gecorrigeerd voor druk en temperatuur.

Als referentie wordt 200 kPa en 20 °C gehanteerd, zodat voor de waarde van MFI de volgende relatie opgesteld kan worden.

$$MFI = \frac{\eta_{20}}{\eta} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta P_{200}} \cdot t g \alpha$$

waarin:

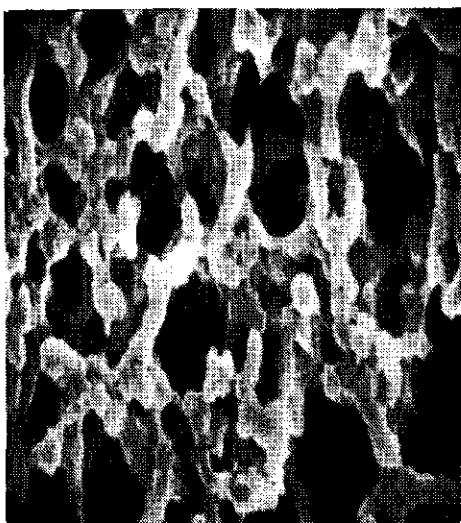
η_{20} = viscositeit bij 20 °C;

η = viscositeit bij de temperatuur van het water;

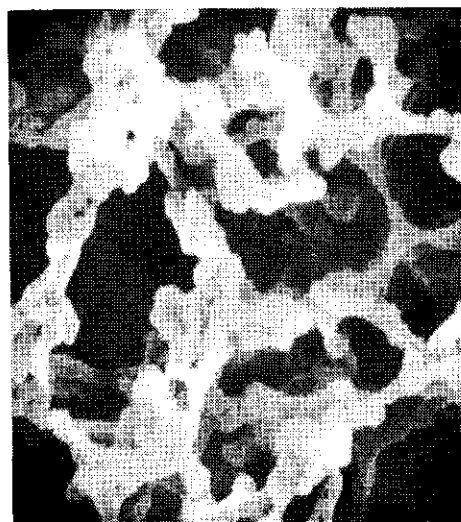
ΔP = toegepaste druk;

ΔP_{200} = druk is 200 kPa.

Heeft de filtratiecurve een zodanig verloop dat hieruit blijkt dat betrekkelijk snel samendrukking van de koek optreedt dan is het nuttig bij een druk van 100 of 50 kPa te meten. De ervaring die tot nu toe met de meting is opgedaan geeft de indruk dat tot een waarde van 25 van de MFI, een druk van 200 kPa (2,0 bar) toelaatbaar is, hierboven is een lagere werkdruk gewenst. Bij lage waarden van de MFI, waarden



Afb. 10 - Voorzijde Millipore filter 0,45 μm en achterzijde Millipore filter 0,45 μm. Opname Raster Elektronen Microscoop (Afd. Chemische Technologie TH-Twente).



lager dan bijv. 1, is het nuttig bij 400 kPa te meten, om te bereiken dat er in een redelijk tijdsverloop de aanvankelijk optredende verstoppingsfiltratie overgaat in gelfiltratie.

Discussie

De Membraanfiltratie-Index beoogt een hulpmiddel te zijn bij het voorspellen van de snelheid waarmee hyperfiltratie membranen door een bepaald type water zullen vervuilen. Onder bepaalde condities is het aannemelijk dat dit ook het geval is, daar bij de meting van de MFI het hyperfiltratieproces tot op zekere hoogte wordt nabootst. Een volledig getrouwe nabootsing is het echter niet daar bij hyperfiltratie het water met een betrekkelijk hoge snelheid langs de membranen wordt gevoerd. Het effect hiervan op de afzettingssnelheid van deeltjes van verschillende grootte en aard is met deze test niet te imiteren. Ook is de filtratiesnelheid bij hyperfiltratie

een factor 100 à 1000 lager.

Dit zou kunnen betekenen dat de stapeling van deeltjes op het membraanfiltertje minder dicht is dan op een hyperfiltratiemembraan.

De MFI kan dan ook gezien de genoemde onzekerheden slechts tot op zekere hoogte een maat zijn voor de te verwachten vervuilingssnelheid van hyperfiltratiemembranen door colloïden.

Voor toepassing bij persputten moeten eveneens relativerende kanttekeningen geplaatst worden, zij het van andere strekking. Bij de verstopping van persputten treedt bij infiltratie in fijnkorrelige formaties, aanvankelijk dieptefiltratie op, gevolgd door koekfiltratie. Ook hier is de filtratiesnelheid in de persput lager dan bij de meting van de MFI. De waarde van de MFI moet ook voor deze toepassing dus niet al te absoluut gezien worden.

Voor wat de meting zelf betreft mag op grond van de vele metingen die gedaan zijn worden gesteld, dat de reproduceerbaarheid goed is. Sinds kort is echter gebleken dat de reproduceerbaarheid soms belangrijk minder is dan doorgaans het geval is. Eén oorzaak hiervan bleek terug te voeren tot het verschil in poriëngrootte van de voor- en achterzijde van de membraanfilters. Afb. 10 toont dit duidelijk aan. Deze afbeelding is een opname met raster elektronenmicroscoop, van de voor- en achterzijde van een membraanfiltertje bij een vergroting van 20.000. Er is een duidelijk verschil in grootte en structuur van de poriën van de voor- en achterzijde te constateren. Een tweede oorzaak moet waarschijnlijk gezocht worden in verschillen in kwaliteit van de membraanfiltertjes onderling.

De MFI is echter in principe onafhankelijk van de eigenschappen van het membraanfilter daar slechts die meetresultaten worden gebruikt die betrekking hebben op koek- of gelfiltratie. De invloed van het filter wordt bij de berekening van de MFI geëlimineerd. Hierbij wordt er van uitgegaan dat het oppervlak A van het filter tijdens de filtratie constant blijft. Dit is echter niet geheel juist daar er in het begin gedurende korte tijd verstoppingsfiltratie optreedt waardoor het effectieve oppervlak vermindert. Het is te verwachten dat de mate waarin verstopping optreedt afhangt van de vorm en grootte van de poriën. Bij een constante kwaliteit van de membraanfiltertjes kan hiervoor gecorrigeerd worden. Voor een wisselende kwaliteit is echter nog geen afdoende oplossing gerealiseerd. De productie van membraanfilters met een constante kwaliteit is uit technisch oogpunt bezien geen probleem. Het is veeleer de vraag of het uit commercieel oogpunt be-

zien verantwoord is deze te maken. Omtrent deze problematiek is dan ook contact met de leverancier opgenomen om tot een produkt te komen dat aan hoge kwaliteits-eisen voldoet.

Samenvatting

De huidige meetmethoden ter bepaling van de filtreerbaarheid van water door hyperfiltratiemembranen en de infiltratie- en persputten vertonen belangrijke tekortkomingen.

Uitgaande van de Silt Density Index, welke algemeen wordt gebruikt, is een nieuwe Membraanfiltratie-Index ontwikkeld. Deze index is gebaseerd op het optreden van gel-filtratie bij filtratie van colloïdhoudend water door een membraanfilter met poriën van 0,45 μm .

Het belangrijkste voordeel van de MFI ten opzichte van de andere methoden is dat deze een lineair verband vertoont met de concentratie van een colloïdoplossing. De nieuwe index kan dan ook beschouwd worden als een belangrijk hulpmiddel bij het verklaren en voorspellen van de snelheid waarmee hyperfiltratiemembranen en persputten verstopten.

Verantwoording

De heren ir. Th. Olsthoorn, ing. L. de Vogel, J. M. Hofman, ing. A. Kostense en ir. J. K. Visser hebben door hun kritische meedenken en het uitvoeren van vele metingen een waardevolle bijdrage geleverd aan de ontwikkeling van de Membraanfiltratie-Index.

Literatuur

1. Channabasappa, K. C., 1975. *Status of Reverse Osmosis Desalination Technology*, Desalination 17: 31.
2. Schippers, J. C., Bom, C. A. en Verdouw, J., 1978. *Five years experience with a reverse osmosis plant for the treatment of river Rhine water*. Sixth International Symposium on Fresh Water from the Sea.
3. Cleasby, J. L., 1969. *Approaches to a Filterability Index for Granular Filters*, Journ. AWWA 61: 372.
4. ASTM Committee F-1 on Electronics 1973. *Standard Method of Test for Silting Index of Fluids for Processing Electron and Micro Electronic Devices*.
5. Dupont de Nemours and Co, 1976. *Determination of Fouling Index*. Technical Bulletin number 491.
6. Dupont de Nemours and Co, 1977. *Determination of Silt Density Index*. Technical Bulletin number 491.
7. Nijman, J., Kossen, N. W. F. *Technisch-Fysische Scheidingsmethoden*, 1963. Delftse Uitgeversmaatschappij NV, Delft.
8. Heertjes, P. M., 1957. *Studies in filtration: Blocking filtration*. Chem. Eng. Sci., 190-203.
9. *Silting Index Apparatus Millipore Filter Corporation, Bedford USA*.

● *vervolg van pag. 92*

Fosfaat en wasmiddelen in Noorwegen

beheerder vindt dat natuurlijk heel interessant en hoopt dat de fosfaatvrije wasmiddelen zo gauw mogelijk de markt beheersen.

Nog scherper wordt deze vergelijking op lange termijn. Veronderstel dat het na een aantal jaren gelukt is om het uitlekken van de rioolleidingen terug te brengen tot 8 ton P/jaar. De wasmiddelfosfor maakt daar 2 ton van uit. Bovendien zitten we dan nog met de verspreide bebouwing. Die geeft dan nog steeds 5,5 ton P/jaar wasmiddelbijdrage. Tezamen wordt dat 7,5 ton P/jaar. Dat kan nog voorzichtig afgerond worden tot 8 ton P/jaar, omdat de zuivering niet helemaal 100 % mogelijk is.

Na een aantal jaren komt het fosforreductieprogramma zover dat de 'goedkope' maatregelen klaar zijn. Dan moet men dus het effect van fosfaatvrije wasmiddelen vergelijken met die projecten die er nog over zijn. Die hebben een c/b factor van ongeveer 25 milj. N. Kronen/t.P. Die 8 ton P/jaar kost dus 200 milj. N. Kronen om ze te verwijderen. Het is dus begrijpelijk dat de waterbeheerder er dan nog meer op gesteld is dat de fosfaathoudende wasmiddelen van de baan zijn. Daar is hij niet alleen voor. De huiseigenaar en dus ook de huurder moeten tenslotte de milieukosten betalen. Voor de gewone man is het fosforvraagstuk dus niet onverschillig.

ir. C. Smits

Symposium

'Fernwasserversorgung'

De Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) organiseert in samenwerking met het Haus der Technik op 14 en 15 maart a.s. in Essen een symposium 'Fernwasserversorgung'. Inlichtingen: Haus der Technik e.V., Postfach 767, Hollestrasse 1, 4300 Essen 1, BRD.



Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland

Vergaderingen

7 maart 1979, 10.00 uur:
Raad van Advies voor de Redactie van H₂O, VEWIN-kantoor.

- 7 maart 1979, 10.00 uur:
Werkgroep Aansluitvoorschriften, Utrecht.
- 7 maart 1979, 14.00 uur:
Contactcentrum olie-industrie - openbare watervoorziening, VEWIN-kantoor.
- 8 maart 1979, 14.00 uur:
Werkgroep KIWA/VEWIN/VWN, WMN, Utrecht.
- 14 maart 1979, 10.00 uur:
RIG Oost, Gemeente Energie- en Waterleidingbedrijven, Deventer.
- 14 maart 1979, 10.30 uur:
Contactorgaan Voorlichters Waterleidingbedrijven, Pompstation Sellingeren.
- 15 maart 1979, 10.15 uur:
Commissie Examens Waterleidingtechniek, VEWIN-kantoor.
- 15 maart 1979, 10.30 uur:
Dagelijks Bestuur, VEWIN-kantoor.
- 15 maart 1979, 14.00 uur:
Bestuur, VEWIN-kantoor.
- 16 maart 1979, 10.00 uur:
Werkgroep Aansluitvoorschriften, Utrecht.
- 21 maart 1979, 10.30 uur:
College van Bedrijfsjuristen, NV Waterleidingmaatschappij Overijssel, Zwolle.
- 26 maart 1979, 14.00 uur:
Centraal Plancollege, WMN, Utrecht.
- 27 maart 1979, 10.00 uur:
Werkgroep Waterleidingtechnisch Tekenaar, Jaarbeurs, Utrecht.
- 27 maart 1979, 13.30 uur:
Commissie Opleiding in de Waterleidingtechniek, Jaarbeurs, Utrecht.
- 28 maart 1979, 10.00 uur:
RIG Oost, Wegwijzer Enschede.
- 29 maart 1979, 10.15 uur:
Commissie Examens Waterleidingtechniek, VEWIN-kantoor.
- 3 april 1979, 9.50 uur:
Commissie Leerprogramma's Waterleidingtechniek, WMN, Utrecht.
- 9 april 1979, 10.00 uur:
Werkgroep Waterleidingtechnisch Tekenaar, Jaarbeurs, Utrecht.
- 11 april 1979, 9.50 uur:
Commissie Leerprogramma's Waterleidingtechniek, WMN, Utrecht.

Regencijfers

	Neerslag in mm tijdvak 3 t/m 16 jan. '79
Valkenburg (ZH)	22,5
Den Helder (De Kooy)	21,4
Schiphol	23,3
De Bilt	20,1
Leeuwarden	19,5
Groningen	20,7
Twente (vliegveld)	11,6
Vlissingen	18,9
Gilze Rijen	33,0
Eindhoven	21,8
Maastricht	18,1

Bron: KNMI.