

Verwerking en bestemming van drinkwaterslib

Inleiding

De laatste tijd krijgen zaken, die verband houden met het milieu en de milieuvuiling steeds meer aandacht. Sinds de komst van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren zijn een toenemend aantal wettelijke regelingen verschenen, die tot doel hebben de mens en het milieu te beschermen tegen schadelijke invloeden van allerlei afvalstoffen. De maatregelen, die genomen worden/kunnen worden, houden een beperking in van de afvalstoffenproductie, een adequate verwerking ervan,



IR. H. M. M. KOPPERS
KIWA NV

evenals een verantwoorde bestemming en opslag in het milieu.

Bij de bereiding van drinkwater uit de grondstoffen oppervlaktewater en grondwater ontstaan, naast het gewenste hoofdprodukt, eveneens minder gewenste nevenproducten in de vorm van slibhoudend afvalwater. Deze afvalstromen bevatten stoffen, i.c. bestanddelen, afkomstig van de ruwwaterbron, evenals bestanddelen, die tijdens het zuiveringsproces zijn toegevoegd ter verbetering van de drinkwaterkwaliteit en/of optimalisatie van de procesvoering. Alvorens tot lozing van het afvalwater over te gaan zullen de verontreinigende of schadelijke stoffen uit het afvalwater verwijderd moeten worden. Het residu, dat hierbij ontstaat, het z.g. drinkwaterslib, dient doorgaans een verdere verwerking (concentrerend) te ondergaan alvorens een bestemming hieraan kan worden gegeven. In het kader van haar doelstellingen worden als onderdeel van het VEWIN speurwerkprogramma door de KIWA Werkgroep Slibverwerking, die ressorteert onder de Commissie Vlokvorming en Vlokverwijdering, activiteiten ontplooid, die onder meer gericht zijn op:

- beperking van de afvalstoffenproductie, en de afvalstromen,
- zuivering van de afvalstromen en verwerking van het zuiveringsresidu,
- bestemming van het residu dat na verwerking overblijft.

Om te komen tot een meer gestructureerde aanpak van de afvalstoffenproblematiek bij drinkwaterproductiebedrijven heeft de Werkgroep een bedrijfstak-enquête (1978/1979) opgesteld, die antwoord moet geven op de volgende vragen:

- aard en omvang van de afvalstromen,

— de huidige toegepaste verwerkingsmethoden,

— de huidige bestemming van het residu.

De uitkomst van deze enquête zal mede als basis dienen voor een onderzoeksprogramma, dat afgestemd zal zijn op de concrete behoeften van de bedrijfstak op dit punt. Aan 67 waterleidingbedrijven zijn in totaal 118 enquêteformulieren toegestuurd (118 productiecentra). Hiervan zijn 116 ingevuld en geretourneerd door 65 waterleidingbedrijven. Van deze 116 productiecentra hebben 105 enigerlei vorm van zuivering, hetzij bereiding van drinkwater, hetzij bereiding van een halffabrikaat.

Tabel I geeft een overzicht van de drinkwaterproductie door de onderzochte locaties, onderverdeeld naar ruwwaterbron.

TABEL I - Drinkwaterproductie onderverdeeld naar de ruwwaterbron voor de 105 locaties (1978).

Ruwwaterbron	Aantal locaties	Drinkwaterproductie (m ³ /jaar)
1. oppervlaktewater	11	165 · 10 ⁶ (53,8 · 10 ⁶)*
2. grondwater	80	354,5 · 10 ⁶
3. oeverfiltraat	4	15,1 · 10 ⁶
4. duinfiltraat	3	67,5 · 10 ⁶
5. combinatie van 1, 2, 3, 4 of 5	7	101,3 · 10 ⁶

* halffabrikaat.

De 105 onderzochte locaties leveren gezamenlijk 703,4 · 10⁶ m³, zijnde 71,2% van de drinkwaterproductie in 1978.

TABEL II - Overzicht van de afvalstromen die vrijkomen bij het drinkwaterbereidingsproces (N = 105).

Afvalstroom	Aantal locaties	Volume in procenten van afgeleverde hoeveel. water	Drogestofgehalte in % w/w
slib uit de voorbezinking spoelwater van microzeven	6	—	—
filterspoelwater	4	1 - 5 *	—
coagulatieslib	104	0,1 - 9,5	0,02 - 0,1
onthardingslib	10	0,02 - 2	0,1 - 10
overige	3	0,3 - 6 **	2 - 30

* [lit. 1].

** [lit. 2].

TABEL III - Productie aan drinkwaterslib in ton drogestof, onderverdeeld naar slibsoort en ruwwaterbron op jaarbasis (N = 105).

Ruwwaterbron	Coagulatieslib	Spoelwaterslib	Onthardingslib	Totaal
oppervlaktewater	8060 (8) *	2480 (10)	8370 (2)	18910
grondwater	20 (1)	2780 (80)	850 (1)	3650
duinfiltraat	—	170 (4)	—	170
oeverfiltraat	—	730 (3)	—	730
overige	400 (1)	750 (7)	—	1150
	8480	6910	9220	24160

* De tussen haakjes geplaatste cijfers geven de aantallen locaties weer.

Aard en hoeveelheid van de afvalstromen

Bij de bereiding van drinkwater uit de diverse ruwwaterbronnen worden de in het ruwe water aanwezige ongewenste stoffen en bestanddelen verwijderd in een of meer zuiveringstrappen. De samenstelling van de hierbij vrijkomende afvalstromen zal bepaald worden door de ruwwaterkwaliteit en het toegepaste zuiveringsproces. Ter verbetering van de drinkwaterkwaliteit en/of ten gunste van een efficiëntere procesvoering kunnen hulpstoffen aan het water worden toegevoegd. Te denken valt hierbij o.a. aan poederkool, vlokmiddel, filtratiehulpmiddel etc. De afvalstromen zullen dan, naast de bestanddelen afkomstig van het ruwe water, eveneens de tijdens het zuiveringsproces toegevoegde hulpstoffen bevatten. Tabel II geeft de afvalstromen weer, die vrijkomen bij de drinkwaterbereiding.

In de regel ontstaan bij de drinkwaterbereiding uit oppervlaktewater diverse afvalstromen als gevolg van de toepassing van verschillende zuiveringstechnieken, zoals microzeving, coagulatie m.b.v. ijzer- of aluminiumzouten, filtratie etc. Indien grondwater als ruwwaterbron wordt gebruikt kan worden volstaan met filtratie t.b.v. de ontijzering en ontmanganing. In tabel III staat de drogestofproductie vermeld, onderverdeeld naar slibsoort en ruwwaterbron voor de onderzochte productiecentra.

Uit tabel III blijkt, dat de oppervlaktewaterverwerkende locaties de grootste bijdrage leveren aan de jaarlijkse drogestofproductie van drinkwaterslib. Indien ontharding (als zuiveringstrap) wordt toegepast zal de drogestofproductie een veelvoud bedragen van de drogestofproductie bij coagulatie en/of filtratie.

Bij een jaarlijkse drinkwaterproductie van circa 1 miljard m³ en een verdeling 60/40 van resp. grondwater/oppervlaktewater als ruwwaterbron zal de slibproductie in Nederland jaarlijks circa 30.000 ton drogestof bedragen.

In tabel IV wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde productie per zuiveringslocatie in ton drogestof per miljoen m³ behandeld water, onderverdeeld naar ruwwaterbron.

TABEL IV - Gemiddelde drogestofproductie * per zuiveringslocatie in ton drogestof per miljoen m³ behandeld water.

Ruwwater-bron		Ge-middelde	Mini-mum	Maxi-mum
oppervlaktewater	(10)	29,8	3,7	74,5
grondwater	(80)	8,2	0,1	46
oeverfiltraat	(4)	13,7	5,4	32,5
duiminfiltraat	(3)	8,7	1,3	14,8
overige	(7)	9,7	3,8	28

* Exclusief onthardingsslib.

In afb. 1 zijn de onderzochte zuiveringslocaties ingedeeld in drogestofproductie-classes. Hieruit kan worden opgemaakt, dat van de 105 onderzochte locaties 83 minder dan 100 ton drogestof per jaar produceren. Het aandeel van deze 83 bedrijven in de totale drogestofproductie van 24610 ton bedraagt 7,9 % terwijl de resterende 22 locaties 92,1 % van de totale jaarproductie aan drogestof leveren. Met name de verwerking van relatief geringe hoeveelheden drogestof met behulp van gangbare mechanische ontwateringstechnieken is vanuit economisch oogpunt gezien erg onaantrekkelijk. Desondanks zullen de afvalstromen een zuivering dienen te ondergaan waarbij het ontstane drinkwaterslib een verdere concentrering behoeft.

Zuivering van slibhoudend afvalwater en verwerking van het drinkwaterslib

De vrijkomende afvalstromen kunnen op diverse manieren worden gezuiverd, waarbij het ontstane drinkwaterslib vervolgens verder wordt geconcentreerd. Het is zinvol om, alvorens hierop nader in te gaan, een aantal maatregelen te noemen die gericht zijn op een vermindering van de afvalstroom, en beperking van de drogestofproductie. De volgende maatregelen kunnen worden voorgesteld:

— toepassing van andere zuiveringstechnieken, bijv. ontharding via het pelletreactorprocédé, i.p.v. via de vlokvorming; actieve koolfiltratie i.p.v. poederkool-dosering;

— toepassing van sythetische polyelectrolieten als primair vlokmiddel bij de drink-

waterbereiding uit oppervlaktewater i.p.v. de sterk hydrolyserende metaalionen ijzer en aluminium;

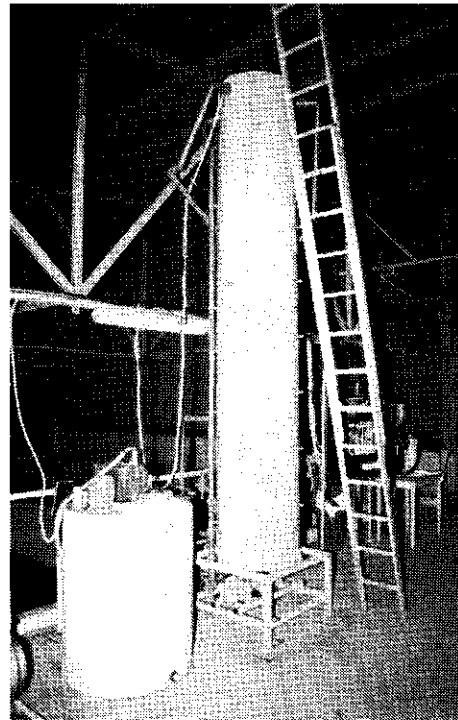
— hergebruik van een deel van het afvalwater en/of vlokmiddel;

— volumeverkleining van de afvalstromen door directe toepassing van gravitatie c.q. flotatie-indikking tijdens het zuiveringsproces;

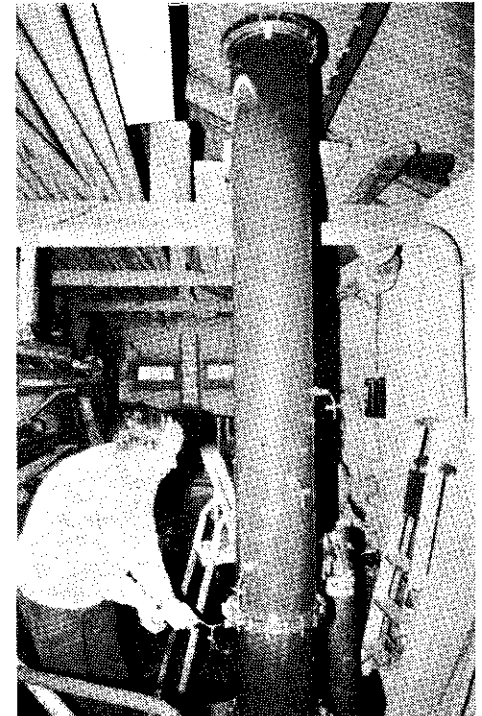
— optimalisatie van het zuiveringsproces.

In het kader van het VEWIN speurwerkprogramma wordt door de Vakgroep Procestechologie van het KIWA NV onderzoek verricht op het gebied van de verwerking en bestemming van drinkwaterslib.

Er is reeds onderzoek verricht naar de bezinkeigenschappen van spoelwater van bedrijfssnelfilters. Bij een aantal waterleidingbedrijven zijn ladingsgewijze bezinkexperimenten uitgevoerd met het filterspoel-



Afb. 2 - Kolomtest ter bepaling van de bezink-snelheid van spoelwater-suspensies.



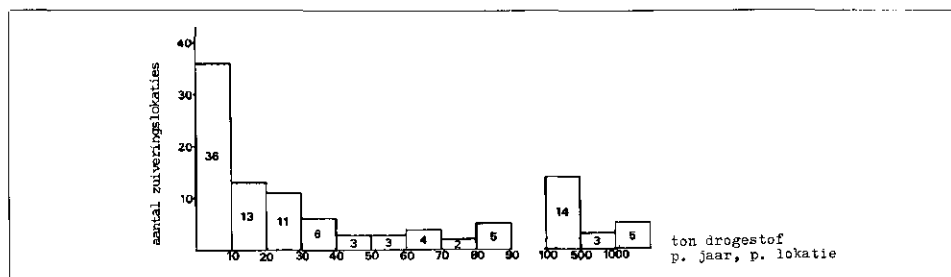
Afb. 3 - Gravitatie-indikker opstelling bij de NV WRK.

water. De resultaten van het onderzoek zijn van belang in verband met het ontwerpen van spoelwaterbezinkbekkens. Het ontwerp, evenals de bedrijfsvoering van een bezinkbekken, zal afgestemd dienen te zijn op de bestemming van het overloopwater, evenals op de gekozen procedure voor de verdere slibverwerking. Veelal zal het spoelwater worden geloosd, waarbij voldaar moet zijn aan bepaalde kwaliteitseisen (afb. 2).

Bij hergebruik van filterspoelwater zal bezinking eveneens een belangrijke rol spelen. Tevens wordt onderzoek verricht naar de volumeverkleining van drinkwaterslib door middel van gravitatie-indikking. Door indikking wordt een aanzienlijke volumereductie verkregen, hetgeen kostenbespaart werkt voor de verdere ontwatering van het slib (afb. 3).

Welke is momenteel de gevolgde weg voor de zuivering van de slibhoudende afvalstromen, evenals de verwerking van het drinkwaterslib? De meest gebruikte methode voor de zuivering van spoelwater, evenals coagulatieslib afkomstig van bezinkbekkens en vlokkendekolommen, is sedimentatie in bezinkvijvers. Het slibhoudende water wordt bezonken, waarbij het afgescheiden slib de gelegenheid krijgt verder in te dikken. De slibvijver wordt met lange tussenpozen geruimd dan wel buiten bedrijf gesteld, waardoor het slib verder kan ontwateren. In een aantal gevallen wordt het natte slib uit de bezinkvijver verder ontwaterd op droogbedden.

Afb. 1 - Drogestofproductie van drinkwaterslib (onthardingsslib, spoelwaterslib, coagulatieslib) per zuiveringslocatie op jaarbasis (N = 105).



TABEL V - Huidige toegepaste verwerkingsmethoden voor drinkwaterslib (N = 105).

Verwerking	Aantal locaties	Drogestofproductie (ton/jaar)	Aandeel van totale hoeveelheden drogestof (%)
Droogbedden/slibvijvers	17	8.600	35
Indikking	12	1.480	6
Directe lozing	26	1.610	6,5
Natslib opslag op eigen terrein	50	12.920	52,5
	105	24.610	100

Deze ontwateringsmethode wordt ook toegepast bij de verwerking van coagulatieslib met een voldoende hoog aanvangsdrogestofgehalte. Het drogestofgehalte van spoelwater- en coagulatieslib na indikking en/of natuurlijke ontwatering bedraagt 10 - 30 % w/w doch zal, indien voldoende tijd ter beschikking staat, oplopen tot 50 % w/w of hoger. Tabel V geeft een overzicht van de huidige verwerkingsmethoden. Zoals blijkt uit tabel V wordt meer dan de helft van de drogestofproductie op het terrein van de locatie opgeslagen, hetzij als nat-, hetzij als droogslib, dan wel met een zeer lage ruimingsfrequentie (kleiner dan eenmaal per 10 jaar) verwijderd uit bezinkvijvers.

Bestemming van het drinkwaterslib

Na de zuivering van het slibhoudende afvalwater en de verwerking (concentrerend) van het ontstane drinkwaterslib behoeft dit residu van de drinkwaterbereiding een bestemming. Tabel VI geeft de huidige bestemming van het drinkwaterslib weer. Zoals ook reeds uit tabel V blijkt slaat bijna de helft van de onderzochte locaties met een drogestof aandeel van 56 % het drinkwaterslib op op het eigen terrein, hetzij definitief, hetzij met een zeer lage afvoerfrequentie. De afvoer van nat of

TABEL VI - Huidige bestemming van drinkwaterslib voor de 105 onderzochte productiecentra.

Bestemming	Aantal locaties	Drogestofproductie (ton/jaar)	% van totale drogestofproductie
Deponeren op land buiten de lokatie	13	6.500	26,5
Afvoer naar stortplaats	15	1.440	6
Lozing op oppervlaktewater	15	1.240	5
Lozing op zee	—	—	—
Lozing op riool	11	370	1,5
Hergebruik	—	—	—
Opslag eigen terrein	50	13.820	56
Bestemming ten nutte	1	1.240	5
	105	24.610	100

TABEL VII - Kostenoverzicht van de huidige verwerking en bestemming van drinkwaterslib.

Bestemming	Aantal locaties	Kostprijs (ct/m ³ drinkwater)		
		min.	max.	gem.
Deponeren op land buiten de lokatie	6	< 0,1	0,2	0,1
Afvoer naar stortplaats	9	0,1	1,0	0,5
Lozing op oppervlaktewater	3	0,1	5,0	2,0
Lozing op riool	2	0,1	0,7	0,4
Opslag eigen terrein	12	< 0,1	0,4	0,2

gedeeltelijk gedroogd slib naar de vuilstort neemt een bescheiden plaats in in het geheel van bestemmingsmogelijkheden. Als mogelijke verklaring zou kunnen gelden, dat de beheerders van vuilstortplaatsen slechts steekvast of stortklaar slib accepteren. Ook komt het steeds vaker voor dat de beheerders het slib categorisch weigeren te accepteren.

Kosten van verwerking en bestemming van drinkwaterslib

Uit het voorafgaande moge blijken, dat de gehele zuivering van de slibhoudende afvalstromen, evenals de verwerking van het drinkwaterslib met eenvoudige middelen geschiedt. De toegepaste verwerkingsmethode is veelal de natuurlijke ontwatering via drainage en verdamping, waarna vervolgens afvoer dan wel opslag op eigen terrein plaatsvindt. De kosten, die toegerekend moeten worden aan deze verwerkingsmethode en de gekozen bestemming zullen grotendeels bestaan uit transport-

TABEL VIII - Problemen ten aanzien van de verwerking en bestemming van drinkwaterslib.

	Geen	Wel	Niet ingevuld
Momenteel probleem			
aantal locaties	66	18	21
percentage van totale drogestof	54	11	35
Korte termijn probleem			
aantal locaties	57	20	28
percentage van totale drogestof	33	33	34
Lange termijn probleem			
aantal locaties	35	48	22
percentage van totale drogestof	8	60	32

TABEL IX - Bestemmingsproblematiek van drinkwaterslib op de lange termijn.

Bestemming	Aantal locaties	Drogestofproductie in ton/jaar	Aantal locaties met problemen	Drogestofproductie in ton/jaar
Opslag eigen terrein	50	13.820	21	5.645
Afvoer naar terrein buiten de lokatie (incl. afvoer naar stortplaats)	28	7.940	20	7.675
Lozing op oppervlaktewater	15	1.240	5	1.145
Lozing op riool	11	370	2	215
	105	23.370	48	14.680

kosten, arbeidskosten voor onderhoud van de slibvijvers/droogbedden, evenals heffingskosten t.g.v. de lozing van slibhoudend afvalwater. Daar de kosten voor landgebruik ten behoeve van slibontwatering doorgaans niet worden gerekend, dienen de cijfers uit tabel VII met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden. Met enig voorbehoud zouden de kosten van de huidige verwerking en bestemming liggen tussen 0,1 - 0,5 ct/m³ drinkwater, waarbij de lozing op oppervlaktewater duurder lijkt dan 0,5 ct/m³. Indien meer geavanceerde verwerkingsmethoden zullen worden toegepast, zullen de kosten van aanleg, exploitatie en onderhoud snel stijgen.

Problemen ten aanzien van de verwerking en bestemming

Middels de enquête is getracht om een indruk te krijgen in hoeverre er problemen bestaan en in de toekomst kunnen ontstaan ten aanzien van de verwerking en bestemming van drinkwaterslib. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de huidige problemen en de korte/ lange termijn problemen. In tabel VIII staan de resultaten vermeld, waarbij het aantal zuiveringslocaties is weergegeven met de daarbij behorende drogestofproductie in relatie tot de slibproblematiek. Zoals gebleken is uit de antwoorden op diverse vragen in de enquête komen de meeste problemen van de bestemmingskant van het drinkwaterslib, met andere woorden: waarheen kan het slib worden afgevoerd, wat moet ermee gebeuren? Via de enquête is getracht om inzicht te krijgen in hoeverre de huidige bestemming in de toekomst zal voldoen. Tabel IX geeft een indruk hieromtrent.

Uit tabel IX blijkt dat met name de afvoer van drinkwaterslib naar terreinen buiten de locatie incl. stortplaats, evenals de lozing van slibhoudend afvalwater, op de lange termijn problemen zullen opleveren. Tevens wordt de opslag van slib op het eigen terrein, gelet op de opslagcapaciteit ter plekke van de locatie problematisch. Voorts blijkt uit tabel X dat, naarmate de omvang van de waterproductiecapaciteit toeneemt,

TABEL X - Bestemmingsproblematiek van drinkwaterslib in relatie tot de omvang van de waterproductie.

Productiecapaciteit in mln m ³ per jaar	locaties Aantal	Aantal locaties met problemen	% Drogestof-aandeel
1 - 5	60	20	6
5 - 10	24	13	3
10 - 20	8	6	9
> 20	10	9	42

de problemen met betrekking tot de slibafvoer toenemen als gevolg van de grotere slibproductie.

De hoop wordt uitgesproken dat de onlangs in werking getreden Afvalstoffenwet duidelijkheid zal verschaffen met betrekking tot de afvoer en opslag van drinkwaterslib.

Samenvatting en conclusies

De sterk toegenomen belangstelling voor het milieu en inzicht in de mogelijke gevolgen voor de verontreiniging ervan heeft er bij de bedrijfstak toe geleid meer kennis en inzicht te verkrijgen omtrent de verwerking en bestemming van het drinkwaterslib. Naast reeds bestaande onderzoeken op dit terrein zoals de gravitatie-indikking van drinkwaterslib en de spoelwaterzuivering, is door de KIWA werkgroep Slibverwerking een enquête opgesteld met het doel te komen tot een inventarisatie van de slibproblematiek bij waterleidingbedrijven. De resultaten van deze enquête zullen mede als basis dienen voor verder onderzoek, dat afgestemd zal zijn op de concrete behoeften van de bedrijfstak inzake de verwerking en bestemming van drinkwaterslib. De belangrijkste resultaten en conclusies kunnen als volgt kort worden samengevat:

— De drogestofproductie per locatie is doorgaans laag, de volumestroom daarentegen groot en intermitterend vrijkomend.

— Een klein aantal locaties produceert circa 90 procent van de totale hoeveelheid drogestof.

— Locaties, die oppervlaktewater als ruwwaterbron gebruiken, leveren gemiddeld 2 à 4 maal zoveel drogestof per miljoen m³ water dan bedrijven, die grondwater, oeverfiltraat of duininfiltraat gebruiken als grondstof.

— Indien ontharding als zuiveringstechniek wordt toegepast, bedraagt de slibproductie een veelvoud van de productie aan coagulatie- en/of spoelwaterslib.

— De huidige toegepaste verwerking van drinkwaterslib geschiedt veelal via natuurlijke ontwatering d.m.v. drainage en/of verdamping. Van het geproduceerde drinkwaterslib wordt/licht meer dan de helft op-

geslagen op het eigen terrein, hetzij 'definitief', hetzij als gevolg van de zeer lage ruimingsfrequentie van de bekkens die het slib bevatten.

— De kosten voor de huidige verwerking en bestemming van het slib bedragen circa 0,1 - 0,5 ct/m³ afgeleverd drinkwater.

— De verwachting is dat de afvoer en opslag van drinkwaterslib naar terreinen buiten de locatie steeds meer problemen zullen opleveren. Met name locaties met een grote waterproductiecapaciteit ervaren dit als een zeer serieus probleem. Indien storten niet mogelijk is zal gezocht moeten worden naar een andere bestemming die garanties biedt ten aanzien van de opslag op de lange termijn.

Dankbetuiging

Dank is verschuldigd aan alle waterleidingbedrijven die de gegevens hebben verstrekt waarop dit artikel is gebaseerd. Ook is dank verschuldigd aan heren ing. C. A. van Bennekom, ir. G. W. Ardon, J. Hooijmans en ir. J. Leentvaar voor hun hulp bij het verwerken van de gegevens.

Literatuur

1. American Water Works Association Research Foundation Report 1969. 'Disposal of Wastes from Water treatment plants'.
2. Young, E. F. *Water treatment sludge disposal practices in the United Kingdom*. JAWWA, 60 (1968) 6, blz. 717-732.



Agenda

21 januari 1981, Londen: seminar 'Recent developments in determination of water content'. Inl.: Sira Institute Ltd., South Hill Chislehurst, Kent BR7 5EH England.

2-6 februari 1981, Chislehurst, Kent: Seminar 'Microprocessor based equipment, design and development'. Inl.: Sira Institute Ltd., South Hill Chislehurst, Kent BR7 5EH England.

11-12 februari 1981: Seminar Sampling systems for on-line process measurements. Inl.: Sira Institute Ltd., South Hill Chislehurst, Kent BR7 5EH England.

23 t/m 28 februari 1981, Birmingham: Public Works Congress and Exhibition. Inl.: Sir Leonard Millis, Secretary, The Public Works & Municipal Services Congress & Exhibition, Monaco House, England. Bristol Street, Birmingham B5 7AS,

30 maart t/m 4 april 1981, Berlijn: Wasser Berlin '81. Inl.: AMK Berlin GmbH, Messedam 22, 1000 Berlin 19, BRD.

31 maart - 1 april 1981, Berlijn: IWSA specialized conference 'Low Cost Technology'. Inl.: Int. Water Supply Association, 1 Queen Anne's Gate, London SW1H 9BT, England.

1 t/m 3 april 1981, Berlijn: Vijfde congres van de Int. Ozone Association. Inl.: IOA, 14085 Detroit Avenue, Cleveland, Ohio 444107, USA.

2 - 3 april 1981, Berlijn: IWSA specialized conference 'Instrumentation monitoring and automation in water protection and water supply'. Inl.: Int. Water Supply Association, 1 Queen Anne's Gate, London SW1H 9BT.

24 april t/m 22 mei 1981, Wallingford (England): International Course 'Practical Techniques for Regionalising and Transferring Hydrological Variables. Inl.: A. D. Hewson, Institute of Hydrology, Maclean Building, Crowmarsh Gifford, Wallingford, Oxon, United Kingdom OX10 8BB.

4 t/m 8 mei 1981, Utrecht: Machevo-Milieu. Inl.: Kon. Ned. Jaarbeurs, Postbus 8500, 3503 RM Utrecht, tel. (030) 91 49 14.

18 t/m 20 mei 1981, Amsterdam: 8e Arbeitstagung van de Internationale Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet (IAWR). Inl.: sekretariaat IAWR, Postbus 8169, 1005 AD Amsterdam. Tel.: (020) 820862, toestel 354.

