

Biologisch actieve koolfiltratie in Weesperkarspel in gebruik

Inleiding

Woensdag 2 juni 1993 is de koolfiltratie te Weesperkarspel door prof. dr. J. A. van Kemenade, Commissaris der Koningin in de provincie Noord-Holland, officieel in gebruik gesteld.

Samen met de reeds aanwezige voorafgaande ozonisatie vormt deze koolfiltratie de zogenaamde biologisch actieve koolfiltratie.

In deze bijdrage zal in een historisch overzicht de voorgeschiedenis worden beschreven. Vervolgens waarom en hoe organische stoffen dienen te worden



DR. IR. A. GRAVELAND
Gemeentewaterleidingen
Amsterdam

verwijderd en op welke wijze dit op de meest economische wijze, met andere woorden, tegen de laagste kosten, kan. Tenslotte zullen ook de plaats van de biologische actieve koolfiltratie in het totale zuiveringssysteem en een aantal bedrijfsvoeringsaspecten de aandacht krijgen.

Historisch overzicht

Bij Gemeentewaterleidingen Amsterdam worden reeds vele jaren plannen gekoesterd om koolfiltratie in te voeren. Daarvoor wordt reeds 15 jaar onderzoek verricht.

Uit dit onderzoek bleek onder andere, dat bij een verlaagd gehalte aan organische stoffen, uitgedrukt in mg DOC/l, door chloor eerder bromide tot broom wordt

geoxideerd en door dit broom bromoform (HCBBr_3) en niet-vluchtige gebromeerde koolwaterstoffen (AOBr) worden gevormd dan chloroform (HCCl_3) en niet-vluchtige gechloteerde koolwaterstoffen (AOCl).

Deze gebromeerde verbindingen zijn uit het oogpunt van volksgezondheid nog minder gewenst dan de analoge gechloteerde verbindingen (afb. 1).

Dit was de reden om eerst de desinfectie met chloor te beëindigen. Hiertegen bestonden aanvankelijk grote bezwaren. Dit is na intensief en breed overleg gerealiseerd in 1983. Dit kon met des te meer reden omdat bij zowel de Rivierduin- als bij de Rivierplassenwaterleidingen langzame zandfiltratie als de laatste zuiveringsstap reeds aanwezig was.

In de proefperiode van een paar jaar vanaf 1983 bleken de resultaten inzake de biologische stabiliteit en het gehalte aan gehalogeneerde verbindingen zeer gunstig. Het chloor en wel met name het chloorbleekloog (NaClO) werd niet meer gemist. Alleen bij de Rivierduinwaterleiding treedt er gedurende een lange, strenge vorstperiode in het verzamelbekken van het teruggewonnen water na infiltratie, de Oranjekom, een grote concentratie van vogels in open water op. Deze veroorzaken hoge kolonietallen en E-Coli, die door de langzame zandfilters bij de lage temperaturen niet voldoende worden gereduceerd. Dan is tijdelijk een lage dosis van chloorbleekloog nodig. Op deze wijze was de weg vrij om koolfiltratie te gaan toepassen teneinde het gehalte aan organische stoffen als voedingsstoffen voor (micro)biologische groei (nutriënten) in het algemeen te verlagen en het gehalte aan toxische stoffen (pesticiden, gehalogeneerde kool-

waterstoffen, solvents, etc. etc.) in het bijzonder.

De betekenis van deze laatste groep werd onderstreept toen in 1987 door het Laboratorium van Gemeentewaterleidingen de aanwezigheid van bentazon juist boven de wettelijke norm van $0,1 \mu\text{g/l}$ in het geproduceerde drinkwater werd aangetoond.

Dit veroorzaakte een golf van publiciteit. Bij verdergaand analytisch onderzoek bleken ook andere pesticiden, zoals metolachloor en atrazine, het duinzandpakket te passeren. In 1988 is een kredietaanvraag van f 25.10⁶ voor de Rivierplassenwaterleiding en in 1989 een kredietaanvraag van f 125.10⁶ voor de Rivierduinwaterleiding bij de Gemeente ingediend.

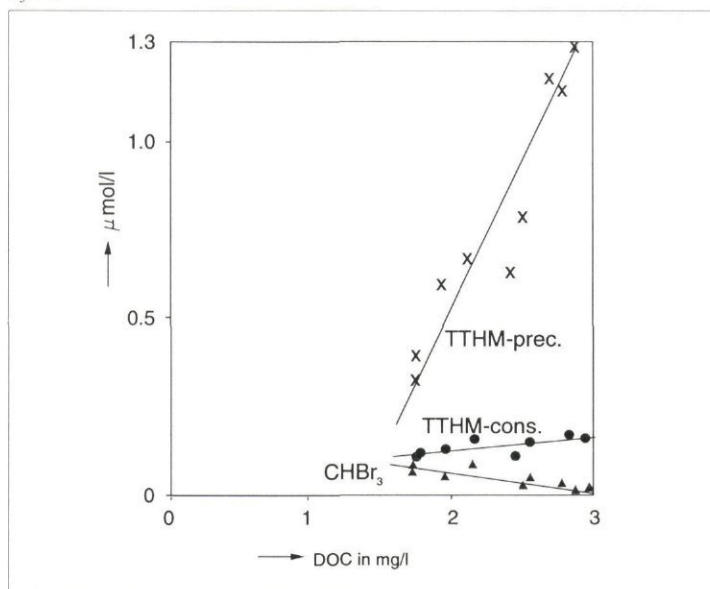
Bij beide bedrijven was het de bedoeling een biologisch actieve koolfiltratie (BACF) in te voeren. Dit wil zeggen dat als de koolfiltratie wordt voorafgegaan door een lage ozondosering, waardoor $100\text{--}150 \mu\text{g AOC/l}$ wordt geproduceerd en aldus de biodegradatie van de op de actieve kool geadsorbeerde organische stoffen hierdoor sterk wordt bevorderd, de looptijd van de actieve kool, de tijd tussen twee reactivaties, met een factor van ca. 10 wordt verlengd.

Een nevenvoordeel van de ozonisatie ($\text{CT}=\text{ca}_2$) is de desinfectie van bacteriën, virussen en cysten (afb. 2).

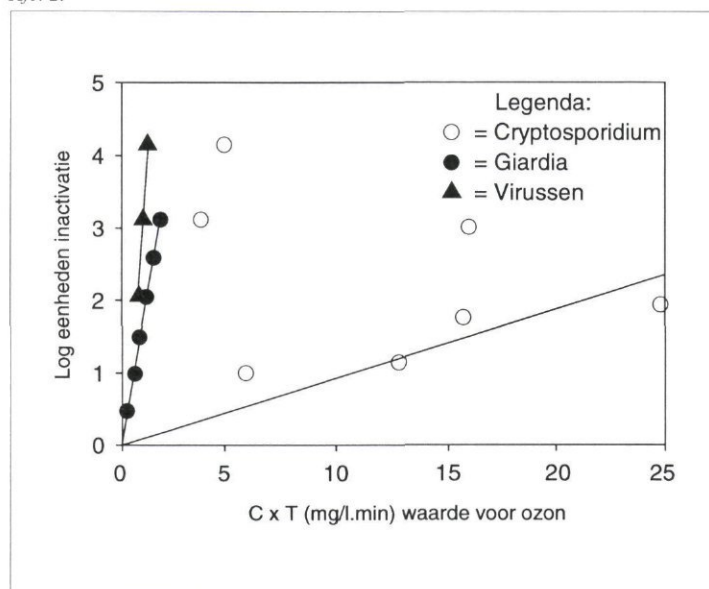
Bij de Rivierplassenwaterleiding was reeds een ozonisatie aanwezig als pre-ozonisatie vóór de coagulatie. Bij de Rivierduinwaterleiding zal deze stap gelijktijdig met de koolfiltratie worden ingevoerd.

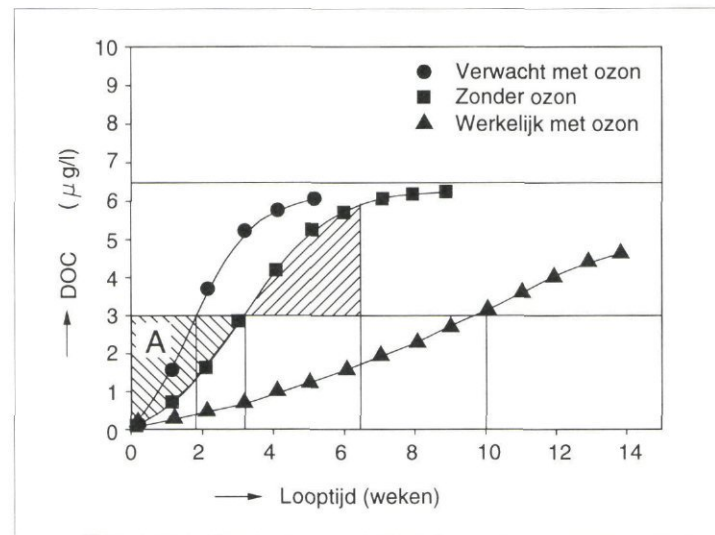
In 1992 zijn in de Rivierplassenwater-

Afb. 1.



Afb. 2.





Afb. 3.

leiding de coagulatatie en snelfiltratie door BACF vervangen. In 1994/1995 zullen bij de Rivierduin-waterleiding de ozonisatie en koolfiltratie in gebruik worden genomen. De capaciteiten van de beide productie-bedrijven bedragen dan resp. 31 en 70.10⁶ m³/a.

Waarom verwijdering van organische stoffen?

Het aantal verschillende organische stoffen in de bronnen van de Bethunepolder en het Amsterdam-Rijnkanaal bedraagt waarschijnlijk enkele duizenden. Afhankelijk van aard en hoeveelheid in het ruwe water kunnen zij de volgende functies verrichten:

- als nutriënt (micro)biologie bevorderen en een cumulatieve van detritus veroorzaken (DOC, AOC);
- toxiciteit, mutageniteit, carcinogeniteit of teratogeniteit veroorzaken: THM, AOX, pesticiden, solvents etc. etc.;
- reuk, kleur en smaak veroorzaken;
- als anti-corrosie- en/of anti-scalings-middel fungeren.

Vanwege de eerste drie genoemde functies zouden de organische stoffen totaal mogen worden verwijderd, maar niet totaal, vanwege de vierde functie.

Hoe organische stoffen verwijderen?

Organische stoffen kunnen worden verwijderd met behulp van de volgende processen:

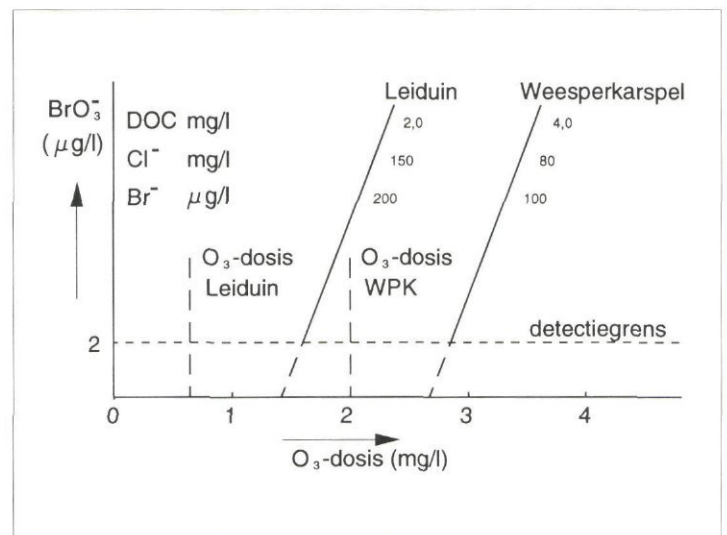
- Oxydatie (AOP) met behulp van O₃, H₂O₂, UV.
- Nadelen: produktie van o.a. geoxideerde halogenen; bijvoorbeeld BrO₃⁻.
- Membraanprocessen: hyperfiltratie of nanofiltratie.
- Nadelen: kostbaar voor gehele waterstroom.

Kleine moleculen met Mol. gew. < 250 passeren voor een deel het membraan.

- Coagulatatie: adsorptie en occlusie in vlokken van Fe- of Al-hydroxiden. Nadelen: beperkte verwijdering, vraagt ook een snelfiltratie en levert veel slib.
 - Adsorptie: met behulp van adsorbentia, zoals actieve kool (poeder of korrel). Nadelen: kostbaar; verwijdering voor een beperkt deel.
 - Biodegradatie: met behulp van lage O₃-dosis, waardoor voldoende AOC wordt geproduceerd, maar geen geoxideerde halogenen, zoals bijvoorbeeld BrO₃⁻. Nadelen: nog niet bekend.
- Gemeentewaterleidingen heeft gekozen voor biologisch actieve koolfiltratie, dat wil zeggen een lichte oxydatie door middel van ozon, gevolgd door koolfiltratie. Hierbij wordt AOC tot 100-150 µg/l verhoogd, treedt adsorptie en biodegradatie op in het koolfilter. Voor de verlaging van de DOC speelt de biodegradatie een dominante rol, zoals uit afbeelding 3 blijkt. Op deze wijze werkt een koolfilter als een bioreactor.

Hierdoor kan een zeer lage DOC worden bereikt, ondanks het feit dat door oxydatie voor een deel van de geoxideerde verbindingen de polariteit wordt verhoogd. Oxydatie door middel van ozon is derhalve geen doel op zichzelf, maar een hulpmiddel ten behoeve van de biodegradatie.

Hieruit moge blijken dat de polariteit van de organische stoffen zodanig is, dat de doorslag door een koolfilter heen zeer beperkt is, zelfs na een ozonisatie. Het DOC-gehalte wordt voor een aantal weken teruggebracht van bijvoorbeeld 6 mg DOC/l in het influent naar 0,1-0,3 mg DOC/l in het effluent. De produktie van bromaat is afhankelijk



Afb. 4.

van het gehalte aan bromide en organische stof en de O₃-dosis, zoals in afbeelding 4 wordt aangegeven:

Economische optimalisatie

De kosten per kubieke meter water voor de toepassing van biologische actieve koolfiltratie worden in de eerste plaats bepaald door de kwaliteitseisen, die aan het effluent worden gesteld.

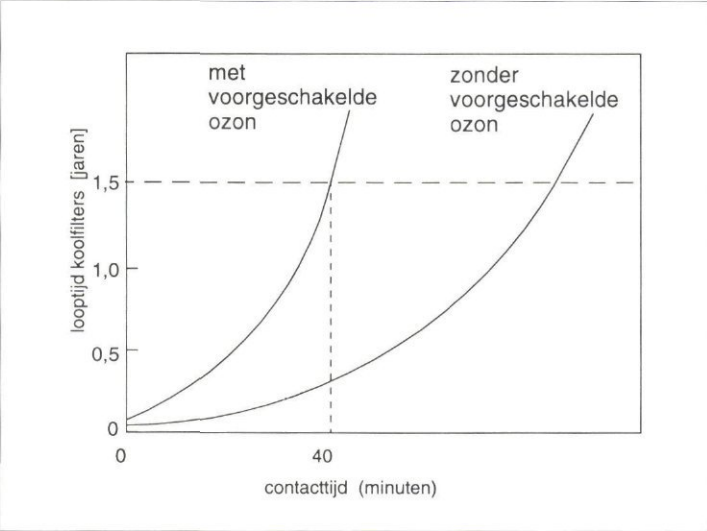
Deze zijn bij Gemeentewaterleidingen op dit moment als volgt:

- DOC = 2,5 mg/l
- AOX = 5 µg/l (detectiegrens)
- pesticiden = 0,1 µg/l (per afzonderlijke stof).

Het eerste bereiken van één van deze waarden bepaalt de looptijd van de koolvulling, met andere woorden de reactivatiefrequentie. Tot nu toe blijkt dit in Weesperkarspel de DOC=2,5 mg/l te zijn. Het is niet uitgesloten, dat bij de analyse van meer pesticiden, de looptijd bepaald gaat worden door een pesticide = 0,1 µg/l. Daartoe worden in deze periode cocktails van pesticiden en andere toxische stoffen gedoseerd en in de effluenten geanalyseerd. In de tweede plaats is van belang te weten hoe lang de looptijd van een koolvulling is als functie van de schijnbare contacttijd van het water in het koolfilter om juist aan de meeste kritische kwaliteitsparameters te voldoen.

Voor elke watersoort dient deze samenhang te worden bepaald, zoals in afbeelding 5 is aangegeven.

Met behulp van deze gegevens kunnen de investerings- en reactivatiekosten per kubieke meter worden berekend en in een grafiek worden aangegeven, zoals in afbeelding 6.



Afb. 5.

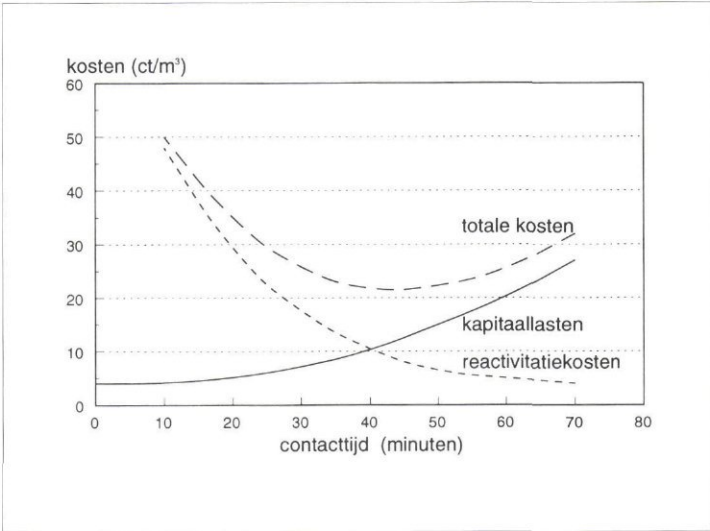
Evenals bij andere projecten ligt ook bij Gemeentewaterleidingen het minimum aan totale kosten bij een gemiddelde schijnbare contacttijd van 40 minuten. De looptijd hierbij is ongeveer 1,5 jaar en de totale kosten bedragen ca 20 ct/m³. Deze schijnbare contacttijd $\tau = 40$ min, is een belangrijk ontwerpcriterium.

Plaats van de BACF in het totale zuiveringssysteem

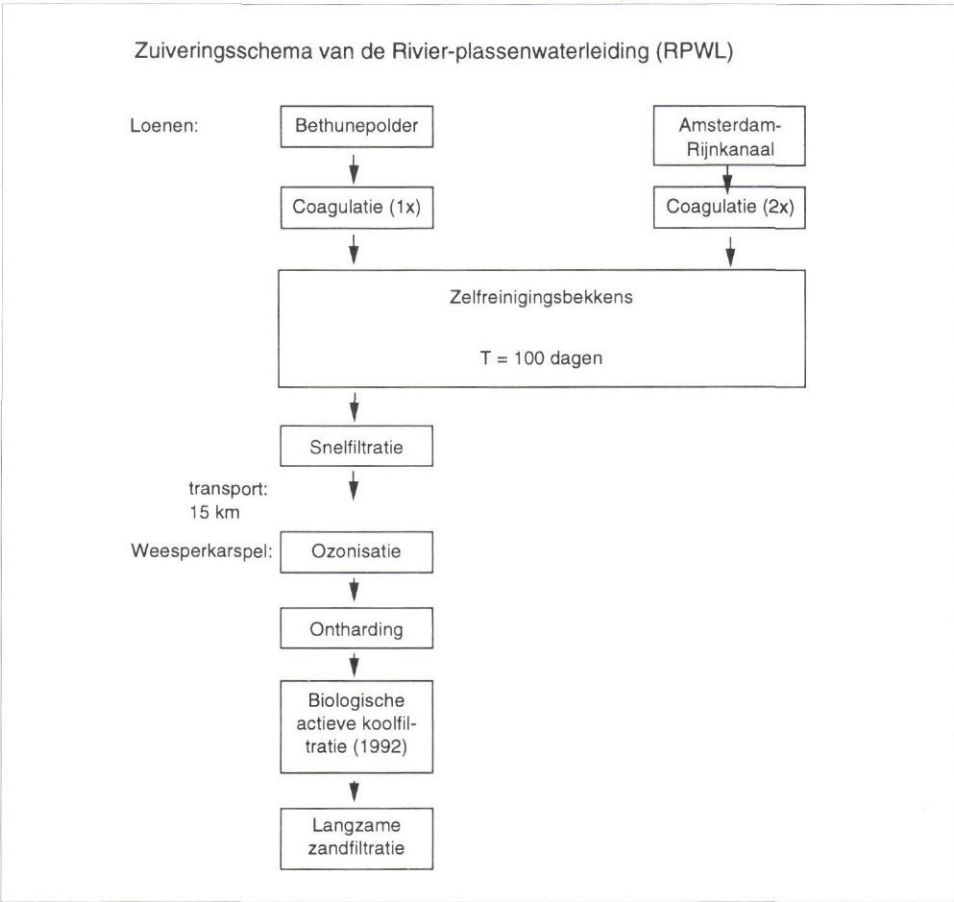
In de Rivierplassenwaterleiding wordt na de onttrekking uit de Waterleidingplas eerst een snelfiltratie uitgevoerd om zwevende stoffen, algen of plantedelen te verwijderen en om ammoniak te nitrificeren (afb. 7). De hardheid wordt verlaagd door middel van pH-verhoging door natronloog en vindt de eindzuivering plaats in de langzame zandfiltratie. Om de effectiviteit van ozon ten behoeve van de oxydatie en desinfectie optimaal te laten zijn, dient ozonisatie te worden uitgevoerd bij een zo laag mogelijke pH; dat wil zeggen vóór de ontharding. De enige vraag die overblijft, is: moet koolfiltratie vóór of na de aanwezige ontharding worden geplaatst?

Gemeentewaterleidingen heeft ervoor gekozen om de koolfiltratie na de ontharding te plaatsen, en wel om de volgende redenen:

- Mocht bij de ontharding enige troebeling vrijkomen, dan kan deze door de terugspoelbare koolfilters snel worden verwijderd. Het schoonmaken van langzame zandfilters door middel van krabben is een veel trager proces.
- Als gevolg van de biogradatie in de biologisch actieve koolfilters vindt een aanzienlijke pH-daling plaats tijdens de normale procesgang, zodat na koolfiltratie



Afb. 6.



Afb. 7.

een geringe loogdosering nodig is tot een SI=0,6. In het andere geval zou eerst meer loog en later weer enig zoutzuur nodig zijn. Minimaal gebruik van chemicaliën is hier nagestreefd.

Op deze wijze worden terugspoel-frequenties voor de koolfilters bereikt van 1 maal per 1 tot 4 weken.

Het spoelwater wordt na opslag in een bufferreservoir, bezinking in een reservoir en behandeling in een dynasandfilter geheel teruggevoerd in de hoofdstroom vóór de ozonisatie.

Bedrijfsvoering koolfilters

Vanwege de biologische activiteit in de koolfilters kunnen hogere organismen en als gevolg van slijmvorming mudballs



Afb. 8.

ontstaan, die bij terugspoelen met uitsluitend water zich naar beneden, naar de bodem, begeven en daar geadsorbeerde organische stoffen desorberen.

Om dit fenomeen te voorkomen is het noodzakelijk de terugspoeling van de koolfilters uit te voeren met een combinatie van water en lucht. Hierdoor kan de vorming van mudballs worden voorkomen of ongedaan gemaakt.

Bij de ingebruikname van nieuwe of gereactiveerde kool wordt in de kool aanwezige calcium-oxyde geblust en wordt $\text{Ca}(\text{OH})_2$ gevormd, waardoor de pH van het doorstroomde water wel tot $\text{pH}=9,5$ kan oplopen. Hierdoor kan in de kool calcium-carbonaat (CaCO_3) worden afgezet, en de adsorptie van organische stoffen op de kool worden verhinderd. Om dit fenomeen te voorkomen wordt tijdelijk zoutzuur aan het influent tot een $\text{pH}=6,0$ gedoseerd.

Bij de transporten en reactivatie van kool kan een verlies van 5-10% optreden, dat normaliter wordt aangevuld met nieuwe kool.

Een koolvulling die bijvoorbeeld 5 maal is gereactiveerd kan een aanzienlijk deel bevatten dat een kleiner aantal malen is gereactiveerd. Het is dan niet mogelijk om na te gaan welk deel van de kool het werkzame aandeel levert.

Daarom heeft Gemeentewaterleidingen contractueel met de leveranciers geregeld dat een gereactiveerde koolvulling wordt aangevuld met kool, dat een gelijk aantal malen is gereactiveerd. Op deze wijze is

een verantwoorde vergelijking mogelijk van koolvullingen met een toenemend aantal reactivaties.

Vanwege het hoge zuurstofgebruik gedurende de biologische actieve koolfiltratie kan het zuurstofgehalte in het kooleffluent laag zijn. Daarom wordt zuivere zuurstof in de effluentleiding gedoseerd.

In het verleden werd een korrelkool uitsluitend beoordeeld en getest op zijn adsorptie-capaciteit van bijvoorbeeld jodium, melasse, phenol etc. Vanwege de betekenis van de biodegradatie zullen ook testmethoden moeten worden ontwikkeld om de biodegradatie-capaciteit van verschillende koolsoorten te kunnen vergelijken en op basis daarvan keuzes te kunnen maken.

Vanwege kosten en organisatorische redenen overweegt Gemeentewaterleidingen niet kool in eigen beheer te reactiveren, hetgeen in continu proces dient te worden uitgevoerd.

Samenvatting

Bij Gemeentewaterleidingen is in 1983 eerst de einddesinfectie met chloor of chloorbleekloog beëindigd om de productie van vluchtige trihalomethanen en niet-vluchtige gehalogeneerde koolwaterstoffen te voorkomen. Wel is altijd een chloorbleekdoseerinstallatie stand-by voor onvoorziene omstandigheden. Om organische stoffen enerzijds als nutriënten en anderzijds als toxische stoffen te verwijderen zijn in Weesper-

karspel in 1992 de coagulatie en de snel-filtratie vervangen door koolfiltratie. Vanwege de reeds aanwezige ozonisatie is hier sprake van een biologisch actieve koolfiltratie. In Leiduin zullen in 1994 en 1995 de ozonisatie en koolfiltratie worden ingevoerd.

De gemiddelde schijnbare contacttijd bij beide bedrijven bedraagt 40 minuten en de looptijd zal ca 1,5 jaar bedragen, weliswaar afhankelijk van het DOC-gehalte dat uiteindelijk wordt gekozen en de eventuele pesticiden die zich nog aandienen. Omdat enig organisch stofgehalte zowel corrosie als scaling kan remmen wordt niet gestreefd naar een totale verwijdering van de organische stoffen.

De ozonisatie heeft ook desinfectie van bacteriën, virussen en cysten als aanzienlijk nevenvoordeel, zonder dat geoxideerde halogenen worden gevormd.

• • •

Symposium Milieurendement

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer en het Zuiveringschap Limburg organiseren op 2 juli 1993 een symposium over Milieurendement in de Oranjerie in Roermond.

Duurzame ontwikkeling vraagt om een groot aantal verschillende milieumaatregelen. Niet alle milieuvraagstukken kunnen gelijktijdig worden opgelost. De financiële en technische mogelijkheden zijn beperkt. Regelmatig komt dan ook de noodzaak om prioriteiten te stellen aan de orde. In feite gaat het om de vraag hoe voor elke gulden het hoogste milieurendement wordt verkregen. Maatregelen zullen onderling vergeleken moeten worden aan de hand van algemeen aanvaardbare criteria om prioriteiten te kunnen formuleren.

In dit symposium komt de methodiek om het milieurendement te bepalen aan de orde. De stand van zaken van het STOWA onderzoek naar het milieurendement in het waterbeheer en een praktijkvoorbeeld van de dienst Riolerings en Waterhuishouding Amsterdam illustreren dit aspect.

Tevens worden de resultaten van het omvangrijke STOWA onderzoek naar stikstof en fosfaatverwijdering uit afvalwater gepresenteerd en in het kader van het milieurendementsvraagstuk gezet. De visie van de beleidsmakers wordt gepresenteerd door de heer Verwolf van Rijkswaterstaat.

Nadere inlichtingen:

Congressecretariaat MOORGA,
Buerweg 51, 1861 CH Bergen (N-H),
telefoon 02208 - 9 90 62.